



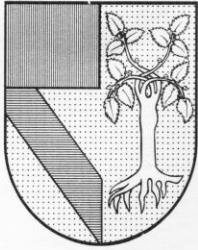
# UNIVERSIDAD PANAMERICANA CAMPUS GUADALAJARA

## **“MÉTODOS DE CONTROL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SERIE”**

Grecia Karina Uriarte Loaiza

Tesis presentada para optar por el grado de  
Maestro en Administración de la Construcción  
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios  
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99

Zapopan, Jal., 24 de abril 2018



UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Marzo 2018

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE  
EXÁMENES DE GRADO  
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que la Srita. Grecia Karina Uriarte Araujo, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

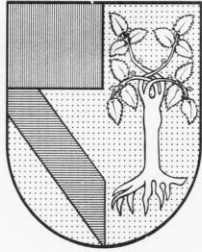
“MÉTODOS DE CONTROL PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SERIE”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

MTRO. FRANCISCO MORENO ABRIL  
ASESOR DE TESIS



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

## DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C. Srita. Grecia Karina Uriarte Araujo  
P r e s e n t e.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

“MÉTODOS DE CONTROL PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SERIE”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN  
DE EXAMENES DE GRADO

## **DEDICATORIA**

Es para ti Dios, que me has dado el regalo de vivir, que me has permitido llegar hasta este momento y me has arropado con dos padres maravillosos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por brindarme esta oportunidad y por las incontables bendiciones que me ha dado.

A mis padres, Emilio y Tuly, por brindarme apoyo incondicional siempre y ser un ejemplo, no sólo durante este proyecto, sino a lo largo de toda mi vida.

A mis hermanas, Karla y Ámbar, por ser las mejores compañeras en la vida.

A Francisco Moreno, por el gran apoyo y enseñanza brindados siempre con la mejor de las disposiciones.

Al Dr. Manuel Montenegro, por marcar el ritmo de este proyecto.

A Joel, por hacer los días más alegres.

A todos los profesores y amigos que hicieron posible tanto aprendizaje.

## RESUMEN

Considero que la construcción es una industria que involucra el control de muchos factores interrelacionados y de naturalezas distintas como son la mano de obra, la maquinaria, los subcontratos, los costos, los tiempos, entre otros; lo que tiene como resultado que la planeación y el control de un proyecto resulte un tanto complejo e impredecible.

La construcción se caracteriza por ser una industria que genera productos con características únicas y las condiciones de trabajo presentan variaciones constantes; a pesar de estas dos condiciones, la mayoría de los procesos constructivos en México son de carácter tradicional, artesanales y repetitivos; y todo esto aunado a que los conocimientos son transmitidos de manera empírica; es decir, generalmente se transfieren oralmente de los obreros con mayor experiencia hacia los nuevos.

Además, los profesionales de la construcción, generalmente no disponen de los recursos ni del tiempo necesarios para analizar el desempeño y funcionamiento a detalle de todos los procesos ejecutados en obra y por ello, terminan asumiendo como correctos los métodos tradicionales, sin considerar que éstos podrían ser inapropiados, equivocados o que podrían mejorarse significativamente.

Esta tesis tiene como objetivo general:

- Comprobar la necesidad de la utilización de métodos de control constantes para lograr tener una planificación confiable.

Los siguientes objetivos específicos:

1. Utilizar la planeación de obra para controlar los avances.
2. Generar certidumbre en la entrega de proyecto, mediante la utilización de un buen método de control y seguimiento de avance de obra.
3. Generar un modelo de planificación y control semanal que permita la ejecución de la misma en los tiempos planeados.

Esta investigación se presentará en dos vertientes. En la primera, se busca el conocimiento de la planeación y control en obra por parte de la comunidad de construcción; para lo cual, se realizará un estudio basado en encuestas. En una

segunda parte, se presentará un modelo propuesto para el control de obra; el cual, se basará en un caso de estudio de construcción de vivienda en serie con el fin de conocer su desempeño.

En los resultados de la encuesta, se observa que la mayoría de los constructores no se percatan del origen de los errores en las obras, ya que emplean soluciones aplicadas a la ejecución, en lugar de aplicarlas a la planeación, ya que es el área que origina la mayoría de los atrasos. Además, se presentó que, la mayoría de las veces, los encuestados deciden aplicar las acciones en la mano de obra, cuando los proveedores resultan ser la principal causa de los retrasos.

El diagrama de Gantt, el cual se caracteriza por ser muy general y no proveer de suficiente información de las tareas a realizar a los constructores, es útil como método de análisis para la programación de hitos y el seguimiento a nivel gerencial, pero no operacional; por esto, la implementación de un modelo de último planificador modificado (modelo propuesto), en el que las tareas se desglosan minuciosamente semana a semana, permite la planificación anticipada de los recursos.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 11 |
| 1.1. El Porqué de la Tesis.....  | 11 |
| 1.2. Antecedentes .....  | 11 |
| 1.3. Hipótesis y Objetivos .....   | 12 |
| 1.3.1. La Hipótesis.....   | 12 |
| 1.3.2. Objetivos de la investigación .....                               | 12 |
| 1.4. Alcances y limitaciones.....  | 13 |
| 1.5. Metodología.....  | 15 |
| 1.6. Descripción de la Tesis.....  | 15 |
| 2. MARCO TEÓRICO .....   | 17 |
| 2.1. Introducción.....   | 17 |
| 2.2. Fuentes de Información .....  | 17 |
| 2.3. Planeación en la Construcción .....                                 | 17 |
| 2.3.1. ¿Por qué la planeación es indispensable?.....                     | 18 |
| 2.3.2. Herramientas de planeación .....                                  | 18 |
| 2.4. Control en la Construcción.....                                     | 21 |
| 2.4.1. Control.....  | 21 |
| 2.4.2. Importancia del plan de implementación.....                       | 22 |
| 2.4.3. Control de cambios.....   | 22 |
| 2.4.4. Control del calendario.....                                       | 24 |
| 2.4.5. Frecuencia de la actualización.....                               | 25 |
| 2.4.6. Método de Window Delay .....                                      | 25 |
| 2.4.7. Uso de curvas S para control.....                                 | 25 |
| 2.4.8. Last Planner® System o Sistema de Último Planificador (LPS) ..... | 26 |
| 2.4.9. Planeación Vertical o Líneas de Balance (LOB). .....              | 28 |
| 3. MEDICIÓN.....   | 32 |
| 3.1. Introducción.....   | 32 |
| 3.2. Métodos de Medición.....  | 32 |
| 3.2.1. Tamaños de la muestra. ....                                       | 32 |
| 3.2.2. Método por encuestas .....  | 33 |
| 3.2.3. Método por modelo propuesto .....                                 | 33 |
| 3.3. Diseño de la herramienta de medición.....                           | 35 |
| 3.3.1. Método de encuesta .....  | 35 |
| 3.3.2. Método del modelo propuesto .....                                 | 37 |
| 3.4. Resultados: .....   | 38 |
| 3.4.1. Resultados de la Encuesta .....                                   | 38 |
| 3.4.2. Resultados de modelo propuesto .....                              | 40 |
| 3.5. Comentarios de la encuesta .....                                    | 40 |
| 4. ANÁLISIS .....  | 41 |
| 4.1. Introducción.....   | 41 |
| 4.2. Análisis de los Resultados.....                                     | 41 |
| 4.2.1. Análisis del Método de encuesta .....                             | 41 |
| 4.2.2. Análisis del Método de Propuesto .....                            | 53 |
| 4.3. Observaciones y Comentarios.....                                    | 59 |
| 5. CONCLUSIONES.....   | 60 |
| 5.1. Introducción.....   | 60 |
| 5.2. Conclusiones.....   | 60 |



|  |    |
|--|----|
| 5.3. Recomendaciones.....                | 61 |
| 5.4. Futuras Investigaciones Afines..... | 61 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA.....                     | 63 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1-1 Plano de Ubicación, Google Maps 2016.....   | 14 |
| Figura 1-2 Plano de conjunto de viviendas Coto Los Cerezos.....  | 14 |
| Figura 2-1. Procedimiento del control de cambios (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994)<br>.....   | 23 |
| Figura 2-2. Curva S, línea base contra avance (Wideman, 2016).....   | 26 |
| Figura 2-3. Diagrama de flujo del Sistema de Último Planificador (LPS) (Institute for<br>Technology and Management in Construction, 2016)..... | 28 |
| Figura 2-4. Línea de Balance. (CPM Tutor, 2016).....   | 29 |
| Figura 2-5. Cálculo de ritmo de producción. (Mohammed, 2013).....  | 30 |
| Figura 3-1 Programa de Obra una vivienda, MSPProject.....  | 34 |
| Figura 3-2 Programa de obra 8 viviendas, Coto Los Cerezos, MSPProject.....   | 35 |
| Figura 4-1. Frecuencia de la planificación.....  | 41 |
| Figura 4-2 . Frecuencia de la planeación de recursos y flujos.....   | 42 |
| Figura 4-3 . Detalle de la Planeación. ....  | 42 |
| Figura 4-4 Frecuencia de la medición de retrasos. ....   | 43 |
| Figura 4-5 Frecuencia de la presencia de retrasos. ....  | 43 |
| Figura 4-6 Exactitud de la planeación. ....  | 44 |
| Figura 4-7 Frecuencia de la planeación como causa de retrasos .....  | 44 |
| Figura 4-8 Métodos de planeación utilizados.....   | 45 |
| Figura 4-9 Frecuencia de la utilización de los métodos de control. ....  | 46 |
| Figura 4-10 Frecuencia de la elaboración de control de avances semanales. ....   | 46 |
| Figura 4-11 Frecuencia de la retroalimentación planeación – control.....   | 47 |
| Figura 4-12 Causas de los retrasos. ....   | 48 |
| Figura 4-13 Clasificación de las causas de los retrasos.....   | 48 |
| Figura 4-14 Conocimiento del método del último planificador .....  | 49 |
| Figura 4-15 Conocimiento de método de planeación vertical.....   | 49 |
| Figura 4-16 Reconocimiento del atraso de tareas.....   | 50 |
| Figura 4-17 Métodos utilizados para poner al día las obras.....  | 50 |
| Figura 4-18 Clasificación de las acciones tomadas para poner al día la obra. ....  | 51 |
| Figura 4-19 Clasificación de las acciones correctivas aplicadas. ....  | 51 |
| Figura 4-20 Utilización de métodos de control que garanticen la entrega a tiempo. 52   |    |
| Figura 4-21 Causa de los retrasos contra las acciones tomadas. ....  | 52 |
| Figura 4-22 . Gráfica de % de cumplimiento semanal.....  | 53 |
| Figura 4-23 . Actividades programadas, ejecutadas y retrasadas de cada semana.<br>.....  | 54 |
| Figura 4-24. Gráfica de curva S de porcentaje de actividades programadas y<br>ejecutadas.....  | 55 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 3.1 Tabla de registro de resultados del modelo propuesto.....                       | 37 |
| Tabla 3.2 Resultados de las preguntas de opción múltiple del método de encuesta.<br>..... | 38 |
| Tabla 3.3 Resultados del reactivo 8.....  | 38 |
| Tabla 3.4 Resultados del reactivo 12.....   | 39 |
| Tabla 3.5 Resultados del reactivo 16.....   | 39 |
| Tabla 3.6 Resultados del levantamiento del método propuesto.....                          | 40 |
| Tabla 4.1 Actividades retrasadas de la sección oriente.....                               | 56 |
| Tabla 4.2 Actividades retrasadas de la sección poniente.....                              | 57 |
| Tabla 4.3 LPS modificado en semana 1, semana 2, semanas 3y4.....                          | 58 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 2-1 Duración media PERT.....                         | 21 |
| Ecuación 2-2 Desviación Estándar, PERT.....                   | 21 |
| Ecuación 2-3 Duración actualizada con Buffer.....             | 24 |
| Ecuación 2-4 Ritmo de producción, (Mohammed, 2013).....       | 30 |
| Ecuación 2-5 Ritmo de producción, CCPM, (Mohammed, 2013)..... | 31 |
| Ecuación 3-1 Cálculo de número de población.....              | 33 |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. El Porqué de la Tesis

Considero que la construcción es una industria que involucra el control de muchos factores interrelacionados y de naturalezas distintas como son la mano de obra, la maquinaria, los subcontratos, los costos, los tiempos, entre otros; lo que tiene como resultado que la planeación y el control de un proyecto resulte un tanto complejo e impredecible.

Durante mi experiencia en la construcción he notado que es muy complicado seguir una planeación inicial, por más minuciosa que ésta resulte; muy pocas veces, los tiempos de ejecución coinciden con el de los calendarios y, además, los presupuestos resultan estar siempre muy alejados de la realidad.

Se utilizan comúnmente los métodos tradicionales de control, y los retrasos de la obra se hacen notorios hasta que es casi imposible resarcirlos y generalmente cuando la fecha programada para la finalización de ésta se ha tenido que posponer inevitablemente a pesar de las holguras contempladas desde un inicio. Por lo anterior me veo en la necesidad de estudiar y aportar al conocimiento un método que pueda ayudar a disminuir estos retrasos en las entregas.

## 1.2. Antecedentes

La construcción se caracteriza por ser una industria que genera productos con características únicas, las condiciones de trabajo presentan variaciones constantes; a pesar de estas dos condiciones, la mayoría de los procesos constructivos en México son de carácter tradicional, artesanales y repetitivos; y todo esto aunado a que los conocimientos son transmitidos de manera empírica; es decir, generalmente se transfieren oralmente de los obreros con mayor experiencia hacia los nuevos.

Además, los profesionales de la construcción, generalmente no disponen de los recursos ni del tiempo necesarios para analizar el desempeño y funcionamiento a detalle de todos los procesos ejecutados en obra y, en contraste, terminan asumiendo como correctos los métodos tradicionales, sin considerar que éstos podrían ser inapropiados, equivocados o que podrían mejorarse significativamente.

Las dificultades presentadas al llevar a cabo un análisis detallado de la mayoría de los procesos implicados en un proyecto de construcción, se pueden superar con la selección y el uso de indicadores precisos que posibiliten la identificación de los procesos con ineficiencias y errores.

Ejecutar la gerencia de un proyecto involucra la planeación, organización, ejecución y el monitoreo del proyecto. “La planeación comúnmente se ve asociada únicamente a la programación; sin embargo, ésta se refiere a un concepto más amplio, a una gerencia proactiva” (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994).

La construcción es un proceso que por lo general involucra las prisas, la incertidumbre y la complejidad (dinamismo). Pensar en la construcción como en los procesos estandarizados de la manufactura a veces resulta insuficiente, sobre todo cuando tiene la característica de una producción en el sitio, de un producto único y por medio de una organización temporal. (Ballard & Howell , 1998).

Los proyectos están constituidos por varios elementos interrelacionados que requieren una planeación minuciosa del tiempo, costo, material y la organización de los mismos; por ello, la construcción es un proceso dinámico; sin embargo, los métodos tradicionales de planeación no los son (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994).

### 1.3. Hipótesis y Objetivos

#### 1.3.1. La Hipótesis

Esta tesis se basa en la siguiente hipótesis:

*“UN CONTROL SEMANAL, GENERA LA POSIBILIDAD DE ENTREGAR A TIEMPO LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”.*

#### 1.3.2. Objetivos de la investigación

Para poder comprobar la premisa anterior, es preciso lograr medir y esclarecer cuál es y cómo se comporta el avance de una obra con relación a la planeación de la misma. Con el propósito de determinar esa relación, es necesario encontrar la variación de la productividad en el tiempo.

Esta tesis tiene como objetivo general:

- Comprobar la necesidad de la utilización de métodos de control constantes para lograr tener una planificación confiable.

Los siguientes objetivos específicos:

1. Utilizar la planeación de obra para controlar los avances.
2. Generar certidumbre en la entrega de proyecto, mediante la utilización de un buen método de control y seguimiento de avance de obra.
3. Generar un modelo de planificación y control semanal que permita la ejecución de la misma en los tiempos planeados.

#### 1.4. Alcances y limitaciones

La investigación tendrá dos vertientes, una basada en las empresas constructoras de vivienda en la Zona Metropolitana de Guadalajara del padrón de contratistas de la CMIC, y otra, un modelo propuesto basado en estudio de la obra de vivienda en serie, compuesta por ocho casas habitación con el nombre de “*Condominio Los Cerezos*” ubicada en el Municipio de Zapopan, Jalisco.

Cada una de las viviendas del condominio (ver Figura 1-1 y Figura 1-2) objeto de estudio cuenta con 150 m<sup>2</sup> de construcción. El condominio cuenta con dos secciones compuestas cada una por 4 casas; la sección oriente y la sección poniente. Al centro, se encuentra una vialidad de 7 metros de ancho y fuera del condominio se contempla la construcción de 8 cajones de estacionamientos y un ingreso peatonal.

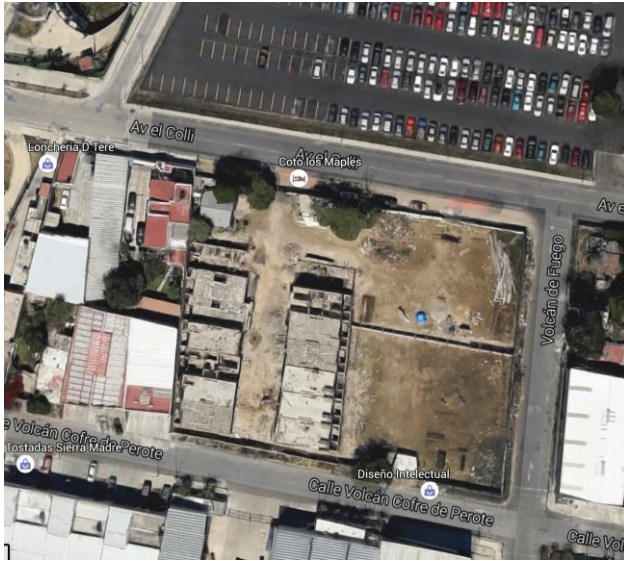


Figura 1-1 Plano de Ubicación, Google Maps 2016.



Figura 1-2 Plano de conjunto de viviendas Coto Los Cerezos

Esta investigación estará enfocada al avance de obra conforme a la planificación inicial; no se analizarán los avances y las implicaciones desde el punto de vista de los costos y los presupuestos.

### 1.5. Metodología.

Esta investigación se presentará en dos vertientes. En la primera, se busca el conocimiento de la planeación y control en obra por parte de la comunidad de construcción; para lo cual, se realizará un estudio basado en encuestas. En una segunda parte, se presentará un modelo propuesto para el control de obra, el cual se basará en un caso de estudio de construcción de vivienda en serie con el fin de conocer su desempeño.

Se realizará un estudio del arte de la planeación y el control de obras. Posteriormente, se realizará una investigación de las metodologías existentes y sus avances en el campo de la construcción. En seguida, se presentará una propuesta de implementación. Con los resultados de levantamiento de encuestas y el caso de estudio, se presentarán las conclusiones y recomendaciones para aplicarlo en futuras líneas de investigación u obras.

### 1.6. Descripción de la Tesis.

La presente tesis se encuentra organizada en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo 1 – Introducción: Describe la motivación para la elaboración de la tesis, se describen la características y problemas comunes que presenta el control de obra; se plantean los objetivos que se pretenden conseguir con la elaboración de esta investigación y la hipótesis como punto de partida; finalmente, se establece la metodología a base de encuestas y recopilación de datos en la obra estudiada, y el modelo de control propuesto.

Capítulo 2 – Marco Teórico: Se describen varias herramientas de planeación de obra existentes como el CPM, el PERT, el LOB, y el Gantt, además herramientas de Control como el sistema del último planificador y de medición de retrasos como el *Window Delay*, entre otras; todas ellas, servirán de apoyo para el desarrollo metodológico de la investigación.

Capítulo 3 – Medición: Se describen las variables que se medirán tanto en la obra como a nivel poblacional, de manera cualitativa o cuantitativa. Los avances en obra y la comparación de la aplicación de las técnicas de control.

Capítulo 4 – Análisis: Se describen el significado y la interpretación de los resultados obtenidos en el capítulo de medición. A la postre, se muestran los comentarios y observaciones que surjan durante el proceso de análisis de la obra con el fin del demostrar el método utilizado.

Capítulo 5 - Conclusiones: Contiene la descripción de los resultados y conclusiones de la investigación, además se da respuesta a la hipótesis inicial no sin dar las recomendaciones pertinentes que permitan seguir con la línea de investigación; así como para poder aplicar los conocimientos obtenidos en casos distintos o futuras líneas de investigación.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Introducción

En este capítulo se presenta la revisión bibliográfica de las fuentes de información, donde fundamenta los propósitos metodológicos para la utilización de los conceptos como planeación, CPM, PERT, líneas de balance, diagrama de Gantt, sistema de último planificador (LPS®), el concepto de control, entre otras, con la finalidad de entender su significado y su posterior aplicación para lograr una mejor eficiencia en los procesos constructivos.

### 2.2. Fuentes de Información

Las fuentes de información para la elaboración de la presente tesis han sido principalmente las siguientes:

- Artículos Científicos.
  - Buscados en Ebsco, Science Direct, y Scopus; tomando investigaciones especialmente de *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, el *Lean Construction Institute* y el *Project Management Institute*.
- Libros.
  - Tomados de la biblioteca de la Universidad Panamericana campus Guadalajara, principalmente sobre el tema de gestión de proyectos. En especial se recabó información del libro titulado *Project Management, Techniques in planning and controlling construction projects* de Hira N. Ahuja, S.P. Dozzi y S.M. Abourizk.
- Archivos Electrónicos.
  - Obtenidos de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), el Colegio de Arquitectos, PMBok, entre otros.
- Conferencias.
  - Procedimientos de conferencias de International Group for Lean Construction y de Winter Simulation Conference.

### 2.3. Planeación en la Construcción

La planeación en la construcción, es un proceso fundamental para la gestión y manejo de los proyectos de tipo constructivo, el cual se basa en la elección de la tecnología, la definición de alcance de las tareas, la gestión de los recursos, la duración de las actividades involucradas, y la identificación de las interacciones entre las diferentes

tareas de trabajo (Hendrickson, 2016). La planeación implica seleccionar objetivos y luego establecer programas y procedimientos que permitan alcanzarlos.

El principal propósito de la planeación es reducir la incertidumbre que existe en todos los proyectos. Además, evita el manejo de las crisis y mejora la eficiencia en la ejecución debido a que clarifica los objetivos.

La planeación es un proceso que implica la toma de decisiones para lograr una meta deseada a futuro, conociendo el escenario actual y los factores que pueden surgir tanto interna como externamente que puedan modificar el resultado deseado.

### 2.3.1. ¿Por qué la planeación es indispensable?

Todo trabajo de construcción proviene de un proyecto, lo que significa que los elementos a ser construidos, o los objetivos a alcanzar, determinan el esfuerzo necesario para lograrlos dentro de ciertos parámetros de tiempo y de costos establecidos (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994).

Otra característica de los proyectos es el continuo incremento de su alcance y su complejidad; lo que genera el requerimiento de especialización, teniendo como consecuencia que cada especialista sólo conozca su área, provocando así una deficiencia en la comunicación. Por lo anterior, es necesario utilizar un método que facilite la comunicación permitiendo así alcanzar los objetivos comunes del proyecto en todas las áreas: tiempo, costo, calidad y alcance.

### 2.3.2. Herramientas de planeación

#### 2.3.2.1. Gráfica de barras o diagrama de Gantt

Las gráficas de barras Gantt son las usadas con mayor frecuencia en los calendarios de construcción debido a que son simples y fáciles de comprender. Su simplicidad hace que sean muy útiles para la programación de hitos que son utilizados por el control global en la gerencia de proyectos y a nivel ejecutivo. A nivel operacional, se utilizan periodos de tiempo de una a dos semanas (Gantt, 1919).

En los diagramas Gantt, se representa a cada una de las tareas involucradas en el proyecto como una fila. Cada columna, representa una unidad de periodo de tiempo establecida según la duración del proyecto (un día, un mes, un trimestre, etcétera). De la correcta selección de la unidad de tiempo dependerá la claridad del diagrama. La duración estimada para cada tarea se representa por medio de una barra, donde el extremo izquierdo determina el inicio y el derecho, el término previstos. Las tareas pueden ejecutarse de manera secuencial o simultánea dependiendo de la dependencia de unas y otras.

#### 2.3.2.2. Programación de hitos (Milestone Schedules)

El propósito de la programación de los hitos es resaltar las fechas de eventos importantes, por ejemplo, el inicio y el fin de un proyecto, la necesidad de realizar una compra o la entrega de un equipo necesario. Los hitos deben de representar eventos críticos que tienen implicaciones serias en el calendario de la obra.

#### 2.3.2.3. El método de la Ruta Crítica o CPM (Critical Path Method)

El CPM o método de la Ruta Crítica se desarrolló como una extensión del diagrama de barras de Gantt para determinar matemáticamente la secuencia de actividades que habría que seguir para que el proyecto pueda terminar en el menor tiempo posible. Fue desarrollado por DuPont y Remington Rand alrededor de 1957. El principal objetivo de este método es el desarrollo de la representación gráfica de un proyecto completo mostrando las relaciones e interdependencias de todas las actividades asociadas con el proyecto desde su inicio hasta el final. (Mercier & Nunnally, 1965)

Las redes de CPM no sólo incluyen las restricciones de las actividades; sino también proporcionan un número de identificación único y el estimado de la duración de la actividad. Además de determinar cuál es la secuencia de actividades denominada como “crítica” para la terminación de un proyecto, lo cual hace posible calcular la holgura “flotante” que puede ser utilizada en actividades denominadas como “no críticas” sin tener impacto sobre el desempeño del programa. Existen dos tipos de redes: las actividades en flechas (AOA) y las actividades en nodos (AON).

El mayor beneficio del CPM es la aproximación a un método disciplinado para la planeación en la construcción, mostrando la lógica en la metodología de la planeación y las interdependencias entre las actividades críticas y no críticas y haciendo notar el impacto que varios recursos podrían tener en el proyecto.

Sin embargo, existen opiniones que aseguran que el CPM es un método poco eficiente para el control de la construcción. Se describen como los principales inconvenientes del uso del método, que se asume la existencia de recursos ilimitados, se asigna una duración fija a las actividades ignorando el esfuerzo de un trabajo continuo que fluye a través de un sistema de producción que no está integrado, de igual manera, se asegura que el enfoque CPM no tiene en cuenta el uso eficiente de los recursos de la construcción y que la técnica de red no proporciona un verdadero modelo del proceso. Otras críticas aseguran que la naturaleza estática del CPM se contrapone con el dinamismo de la construcción. (Henrich, Tilley, & Koskela, Context of production control in construction, 2005)

#### 2.3.2.4. Técnica de evaluación y revisión del programa PERT (Program Evaluation and Review Technique)

PERT consiste, en incorporar la incertidumbre propia de los proyectos de construcción en la duración estimada en el análisis a través de redes. Si la duración considerada para cada actividad no se convierte en determinística (como en el modelo CPM) sino probabilística, se puede estimar la incertidumbre asociada a un programa dado.

El método PERT fue utilizado por primera vez en la planeación del desarrollo del *Polaris Weapon System* (USA Navy, 1958), donde los calendarios de ejecución eran constantemente muy diferentes a los estimados inicialmente. El concepto fue basado en subdividir el proyecto en componentes (actividades) individuales, estimando el tiempo requerido para completar el trabajo de manera probabilística y definiendo las interrelaciones entre ellas; desarrollando una red de análisis simple y estimando la duración del proyecto con la distribución de probabilidad asociada.

El Método PERT, es una simplificación del procedimiento de análisis de riesgo. En resumen, la duración de cada actividad será estimada utilizando tres posibles duraciones de la actividad: la pesimista, la optimista y la más probable, con el fin de integrar la variabilidad asociada a la terminación del proyecto.

Con el fin de representar el carácter estocástico de la duración de las actividades, PERT asigna un modelo de distribución estadística para calcular el tiempo de realización de una actividad  $i - j$  dada. Para facilitar los procedimientos de cálculo, algunos supuestos fueron adoptados reduciendo la representación de distribución de una actividad a su media  $\mu_{ij}$  y su varianza  $\sigma_{ij}^2$ . Esto se muestra en las siguientes ecuaciones (ecuación 2-1 y 2-2) (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994):

$$\mu_{ij} = (D_{opt} + 4D_{ml} + D_{pes})/6$$

*Ecuación 2-1 Duración media PERT*

$$\sigma_{ij}^2 = [(D_{pes} - D_{opt})/6]^2$$

*Ecuación 2-2 Desviación Estándar, PERT*

$\mu_{ij}$  = Duración media de la actividad

$\sigma_{ij}^2$  = Varianza de la actividad

$D_{pes}$ : Duración pesimista

$D_{ml}$ : Duración más probable (most likely)

$D_{opt}$  = Duración optimista

## 2.4. Control en la Construcción

### 2.4.1. Control

El término control representa en esencia el monitoreo constante de las actividades ejecutadas, los costos reales, el rendimiento laboral (productividad), entre otros, comparándolos contra lo planificado inicialmente, con el fin de conocer las variaciones tanto positivas como negativas durante la ejecución del proyecto constructivo.

La implementación del control inicia definiendo los roles y responsabilidades, el desarrollo de protocolos de comunicación, y la identificación de elementos de diseño y construcción que permita dar lugar a identificar el alcance de la construcción.

#### 2.4.2. Importancia del plan de implementación.

Un plan de construcción debe describir los objetivos a alcanzar en cuanto a tiempos y costos, el proceso de construcción, organización del equipo de trabajo, planes de capacitación y procedimientos. Es muy común que, debido a la característica incierta del contexto de la construcción, la ejecución del proyecto dure más de lo estimado.

Existen algunos controles que deben manejarse en la gerencia de un proyecto con el fin de compensar e implementar medidas preventivas y correctivas para optimizar el desempeño de la obra, ciertamente no todos los riesgos pueden controlarse; sin embargo, el correcto control de algunos de ellos permitiría al equipo de trabajo, realizar labores en conjunto para diseñar medidas compensatorias eficientes (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994):

1. Cambios en los tiempos objetivos para la terminación.
2. Cambios en el costo objetivo del proyecto.
3. Cambios en las políticas de operación.
4. Cambios en las especificaciones técnicas del proyecto.
5. Cambios en los métodos de construcción.
6. Cambios en las necesidades.
7. Revisión de las duraciones estimadas de las actividades.
8. Planeación inadecuada de las relaciones entre las actividades.
9. Fallas de los subcontratistas o proveedores en las entregas a tiempo.
10. Revaloración de la necesidad de recursos para las actividades individuales.
11. Inhabilidad de utilizar los recursos como fueron planeados originalmente.
12. Dificultades técnicas inesperadas.
13. Condiciones climáticas y ambientales inesperadas.
14. Fluctuación inesperada del mercado.

#### 2.4.3. Control de cambios

Durante la ejecución de un proyecto, los procedimientos para el control del mismo y el mantenimiento de registros, se convierten en herramientas indispensables para los gerentes y otros participantes en el proceso de construcción. Estas herramientas

cumplen el doble propósito de registrar las transacciones financieras que se producen, así como dar a los administradores una indicación del progreso y los problemas asociados con un proyecto (Hendrickson, 2016). (Ver figura 2-1)

La actividad de administración de los proyectos está íntimamente ligada con el control, sin embargo, las técnicas que se utilizan, en muchos casos, no facilitan la consideración global o integrada de las actividades del proyecto. Como resultado, los gerentes de proyecto deben sintetizar una visión global de los diferentes informes sobre el proyecto, además de sus propias observaciones de campo. La comunicación o la integración de los diversos tipos de información pueden servir para varios propósitos útiles, aunque sí requiere una atención especial en el establecimiento de procedimientos de control de proyectos.

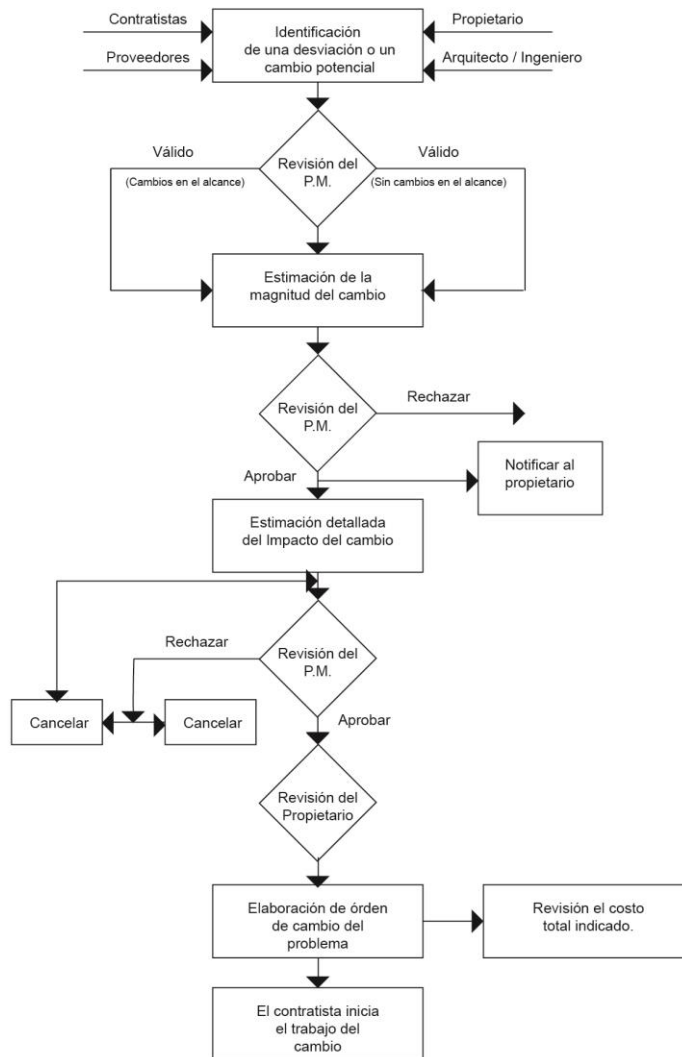


Figura 2-1. Procedimiento del control de cambios (Ahuja, Dozzi, & Abourizk, 1994)

#### 2.4.4. Control del calendario

Los administradores de los proyectos deben dar una atención considerable a la vigilancia de los calendarios. La construcción implica normalmente un plazo para la terminación de las obras, por lo que los acuerdos contractuales forzarán el cumplimiento del calendario. Al no tener un control de los tiempos se generan retrasos en las entregas, causando que los trabajadores y empleados sigan en el área de trabajo incrementando los costos indirectos para la entrega de la obra. Del mismo modo que los costos reales se comparan con los costos presupuestados, las duraciones reales de las actividades pueden compararse con las duraciones esperadas.

Mediante el ajuste de los tiempos con la entrega se le debe adicionar un *buffer* (holgura libre) por actividad para poder absorber los retrasos que se presenten en las actividades como se muestra en la siguiente formula (ecuación 2-3):

$$D_f = W \cdot h_t$$

*Ecuación 2-3 Duración actualizada con Buffer, (Mohammed, 2013)r*

Donde  $D_f$  es la duración actualizada,  $W$  es la cantidad de trabajo, y  $h_t$  es la productividad real observada en el tiempo (rendimiento). Esta actualización de tiempo nos permite evaluar los costos en los cuales se debe incurrir, y que debemos considerar en nuestra planeación para su control (Mohammed, 2013).

Para poder tener un correcto control de calendarios debemos buscar seguir los siguientes cinco pasos (Mohammed, 2013):

1. Realizar información de control del progreso del proyecto.
2. Estimar el status del progreso.
3. Realizar hojas del status por actividad.
4. Agilizar.
5. Actualizar.



#### 2.4.5. Frecuencia de la actualización

Con avances semanales, se presentarán reportes a la organización; en los cuales, se ilustran los avances, costos ejercidos, suma de elementos, retrasos, tecnologías a utilizar, fechas críticas y órdenes de cambio vistos desde una perspectiva de gestión. Como resultado, el control de proyecto se convierte en una evaluación precisa y detallada del mismo.

#### 2.4.6. Método de *Window Delay*

El análisis de *Window Delay*, es una técnica para la estimación del tiempo que muestra la causa y efecto que tienen los cambios en CPM sobre periodos de tiempo (conocidos comúnmente como ventanas). El propósito más común de este análisis es medir el impacto real de los retrasos o interrupciones dados en un proyecto. (Brammah , 2013)

Las ventanas son usadas para dividir el proyecto en secciones o periodos manejables generalmente divididos por los principales hitos o *milestones*. El enfoque de las ventanas del programa planeado (as-planned) comparado contra el ejecutado (as built) permite establecer la incidencia, el alcance y las causas del retraso hasta su finalización. Opera bajo el principio de que el retraso real, por definición, se encuentra dentro de la ruta crítica del proyecto; por ello, este método, intenta identificar la ruta crítica inicial del proyecto y sólo entonces las causas de las demoras.

Antes de tratar de establecer la ruta crítica real, el analista necesita tener una excelente y detallada comprensión del alcance del proyecto, el plan, los datos de progreso reales conforme a la obra y los registros completos del proyecto. (Barry, 2009)

#### 2.4.7. Uso de curvas S para control

Las curvas “S” son una importante herramienta de gestión de proyectos. Permiten realizar un seguimiento visual a través del tiempo según el progreso del proyecto, y forman un registro histórico de lo que ha sucedido con los datos medidos. El análisis de las curvas S permite a los administradores de proyectos identificar rápidamente el avance del proyecto, el retraso, y los problemas potenciales que podrían afectar de

manera adversa a éste si no se toman medidas correctivas (Wideman, 2016), como se muestra en la Figura 2-2.

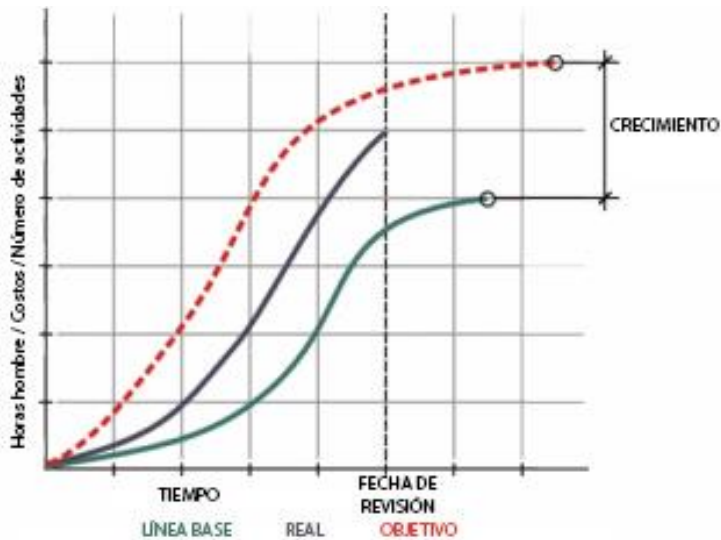


Figura 2-2. Curva S, línea base contra avance (Wideman, 2016)

#### 2.4.8. Last Planner® System o Sistema de Último Planificador (LPS)

El Último planificador es un sistema de planeación de producción diseñado para producir flujo de trabajo rápido y predecible, aprendiendo a programar y diseñar proyectos de construcción (Ballard H. G., 2000). El último planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell. (Lean Construction, 2016).

Este método busca generar un flujo continuo de materiales e información que genera valor al producto y por consiguiente al cliente. Además, permite optimizar la productividad y, debido al flujo continuo, da como resultado la reducción de desperdicios (Ballard H. G., 2000). Este sistema de planificación fue incorporado como herramienta de *Lean Construction*.

El fin de este método es involucrar a todas las personas que colaboran en el proyecto, creando un plan de fase para cada segmento de trabajo. El LPS® concede la gestión del sistema al encargado de obra, quien deberá asignar tareas directamente a los trabajadores garantizando el flujo continuo de trabajo. El plan de trabajo se deberá realizar en una habitación grande denominada *Obeya Room* donde se realizarán acuerdos para garantizar el flujo de las actividades, analizando y trazando las

secuencias, tiempos de ejecución, disponibilidad de los recursos y tiempos necesarios para completar los trabajos; todo lo anterior con el objetivo de garantizar que los requerimientos para la ejecución del trabajo sean previstos con anticipación.

El método del Último Planificador considera 5 fases o niveles de cronograma o planificación (Ballard H. G., 2000) & (Institute for Technology and Management in Construction, 2016):

- Programa general (establecer hitos y estrategia; identificación de actividades de larga duración);
- Fase de planeación tipo "*Pull*" (identificación de conflictos operacionales);
- Planeación anticipada (asegurar que las tareas están listas para ser realizadas; volver a planear es necesario);
- Planeación de trabajo semanal (compromisos para ejecutar el trabajo de una manera certera y en una secuencia certera) y;
- Aprendizaje (midiendo el porcentaje del trabajo completado (PPC), conociendo profundamente las razones de los atrasos, desarrollando e implementando las lecciones aprendidas).

Este método maneja cuatro características para cualquier tarea del proyecto a ejecutar (figura 2-3) (Ballard H. G., 2000) & (Institute for Technology and Management in Construction, 2016):

- Debería (*Should*): Lo que se debería realizar.
- Puedo (*Can*): Lo que se puede hacer.
- Haré (*Will*): Lo que se hará.
- Hice (*Did*): Lo que se hizo.

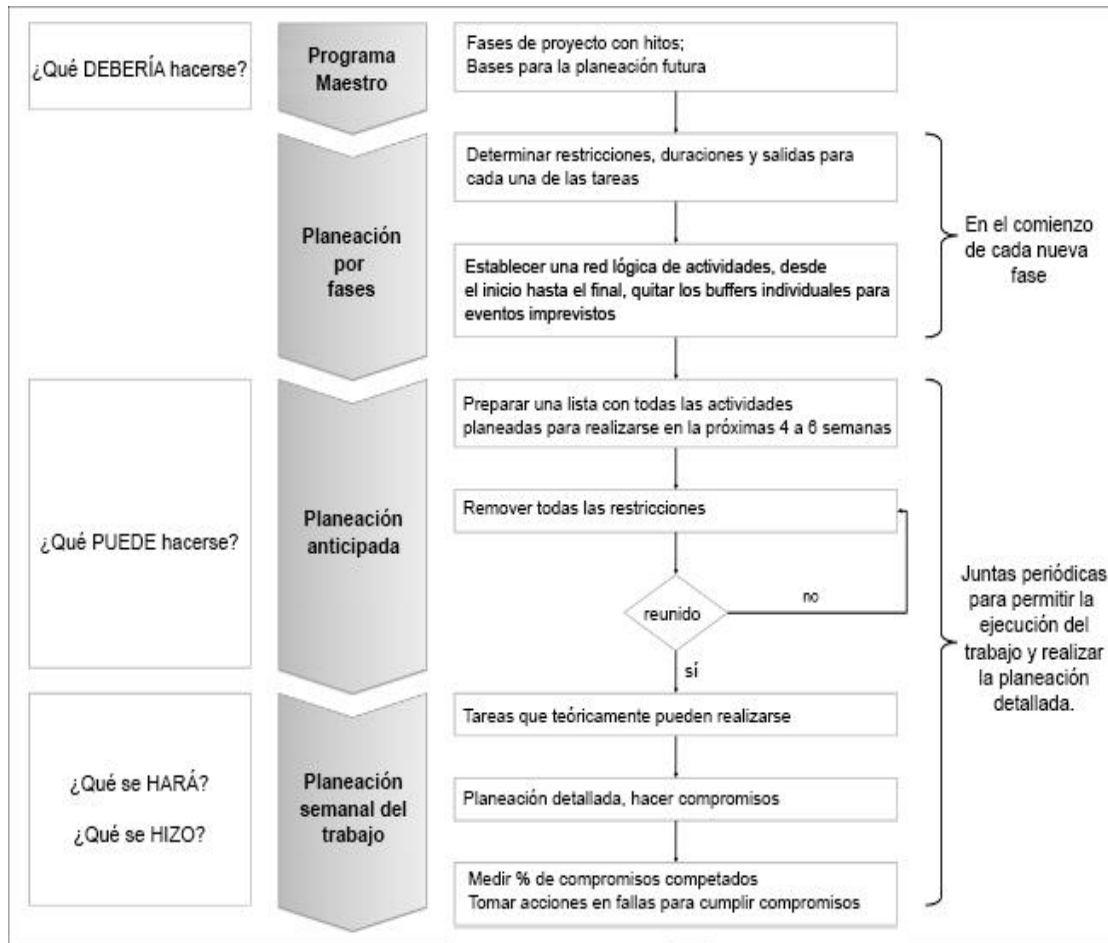


Figura 2-3. Diagrama de flujo del Sistema de Último Planificador (LPS) (Institute for Technology and Management in Construction, 2016).

#### 2.4.9. Planeación Vertical o Líneas de Balance (LOB).

Las líneas de Balance, también conocidas como el Método de Planeación Vertical, se derivaron originalmente de la industria manufacturera, y fue desarrollada en 1942 por la *U.S. Navy Department* para la programación y el control de proyectos repetitivos o únicos. Posteriormente fue desarrollado por la *Nation Building Agency* en el Reino Unido, para la programación de proyectos repetitivos de vivienda, donde una planeación orientada a los recursos era considerada como más apropiada y realista que la orientada a las actividades. Este método fue adaptado posteriormente en la planeación y control de proyectos, donde la productividad de los recursos es considerada particularmente importante. (Henrich, Tilley, & Koskela, Context of production control in construction, 2005)

Las líneas de balance proponen que las actividades deben ser planeadas conforme a sus ritmos de producción; es decir, el número de unidades que una cuadrilla puede producir en determinada unidad de tiempo. Este ritmo se muestra en una gráfica donde el tiempo se encuentra en el eje "X" y el eje "Y" representa la cantidad de unidades producidas.

El LOB ayuda al constructor en cualquier momento, a observar el progreso de cada actividad. En muchas fases de su aplicación, muchas decisiones pueden ser tomadas como: la holgura entre las actividades planeadas, el tamaño de las cuadrillas, la producción esperada y alcanzada, y el ritmo de producción.

Una desventaja de las líneas de balance según Kavanagh (1985), es que esta técnica fue diseñada para modelos simples y repetitivos de producción; entonces no expresa con realidad lo complejo e impredecible que es el ambiente de la construcción; es decir, este método sólo puede mostrar una cantidad limitada de información y de complejidad.

La siguiente Figura 2-4, muestra un ejemplo de un gráfico de líneas de balance en la que se debe retrasar el inicio de la actividad B por un periodo de cuatro semanas. De esta manera, la cuadrilla se mantendría productiva en la totalidad de su instancia en el proyecto.

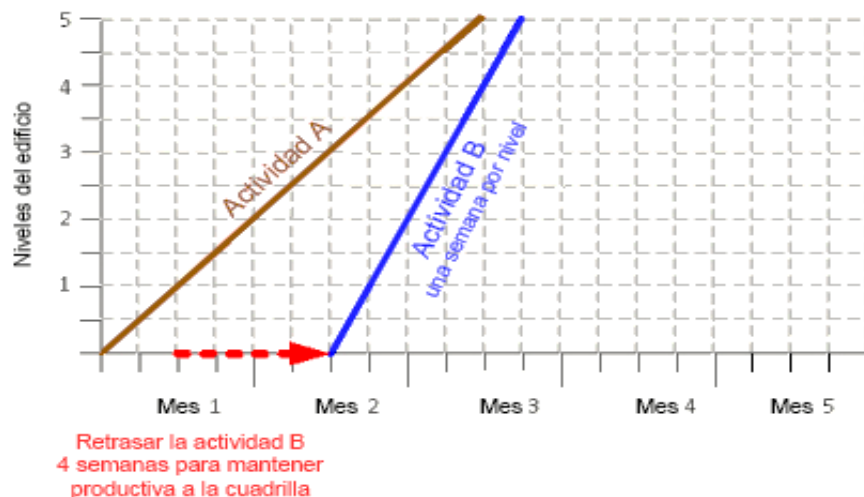


Figura 2-4. Línea de Balance. (CPM Tutor, 2016)

El uso de métodos gráficos, como el uso de las líneas de balance tienen como resultado el entendimiento de cómo una cuadrilla sigue a la otra durante el trabajo en proceso de las áreas. Es un entendimiento intuitivo inmediato del proyecto, que muchas veces no es posible usando otro tipo de herramientas, ayudando así mismo al control de las obras.

#### 2.4.9.1. Cálculo del ritmo de producción en actividades críticas

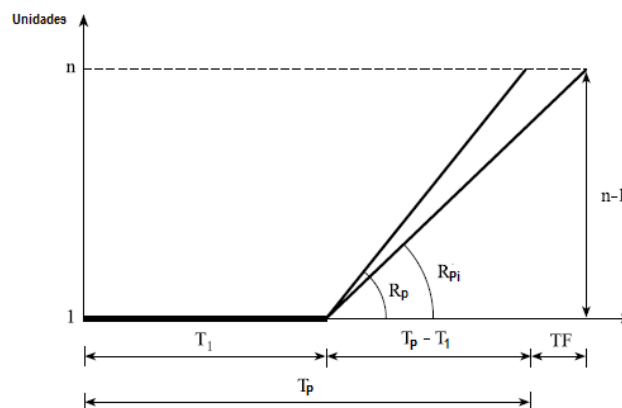
Para el cálculo del ritmo de producción encontramos la siguiente fórmula (ecuación 2-4):

$$R_p = \frac{T_p - T_n}{n - 1}$$

*Ecuación 2-4 Ritmo de producción, (Mohammed, 2013)*

Donde:

- $R_p$  = Ritmo de producción.
- $n$  = Número total de unidades.
- $T_p$  = Tiempo total del proyecto.
- $T_n$  = Tiempo total de la unidad.



*Figura 2-5. Cálculo de ritmo de producción. (Mohammed, 2013)*

Se modificará la ecuación anterior para incluir las actividades que no son críticas con la finalidad de obtener un ritmo de producción más lento (figura 2-5).

#### 2.4.9.2. Cálculo del ritmo de producción en actividades no críticas

La siguiente fórmula (ecuación 2-5) sirve para calcular el ritmo de producción en las actividades no críticas.

$$R_{pi} = \frac{(T_p - T_n) + TF}{n - 1}$$

*Ecuación 2-5 Ritmo de producción, CCPM, (Mohammed, 2013)*

Donde:

$R_p$  = Ritmo de producción.

$n$  = Número total de unidades.

$T_p$  = Tiempo total del proyecto.

$T_n$  = Tiempo total de la unidad.

$TF$  = Tiempo flotante total.

## 3. MEDICIÓN

### 3.1. Introducción

Dentro de este capítulo se presentan dos vertientes de medición. En la primera se observa el conocimiento de la planeación y el control de obra en la industria de la construcción. En la segunda se presenta el modelo de medición para analizar la planeación y el control de la obra estudiada.

Se tomó la población de 348 empresas, a partir del dato que nos arroja el padrón de contratistas de la CMIC, determinando un error estadístico del 5%, calculando un 90% de confianza; lo cual da como resultado una muestra de 32 empresas; sin embargo, se toman 40 con el fin de garantizar la representatividad de los datos obtenidos.

Con lo anterior se observa que la investigación tendrá un carácter de tipo descriptiva, y su finalidad será dar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes de estos temas, tanto en la población encuestada como en la obra analizada.

### 3.2. Métodos de Medición

#### 3.2.1. Tamaños de la muestra.

Para determinar el tamaño de muestra se utilizan ecuaciones estadísticas (ecuación 3-1), considerando que tenemos una población con un comportamiento de una distribución Gaussiana. Para el cálculo de la muestra se estableció un nivel de confianza del 90%; el cual, arroja un valor  $Z= 1.65$  (Herrera, 2011)..

$Z = 1.96$  (tabla de distribución normal para el 90% de confiabilidad y 5% error).

$Z = 1.65$  para el 90% de confiabilidad y 10% error.

$N= 348$

$p= 90\%$

$q= 10\%$

$e=10\%$



$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{N \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

*Ecuación 3-1 Cálculo de número de población, fuente (Herrera, 2011).*

$$n = \frac{1.96^2 \cdot .9 \cdot .1 \cdot 348}{348 \cdot .1^2 + 1.96^2 \cdot .9 \cdot .1} = 31.57$$

$$n \approx 32$$

Aplicando la fórmula anterior se determina que el número de la muestra asciende a 32 encuestas; sin embargo, se busca tener 40 para evitar los efectos que se podrían ocasionar debido al sesgo en el levantamiento.

### 3.2.2. Método por encuestas

El método de medición basado en encuesta se realizará a contratistas dedicados a la construcción de vivienda; esto con el objetivo de que las personas directamente involucradas con dicho proceso sean los que proporcionen la información. La encuesta consta de diecisiete reactivos; de los cuales, quince son de opción múltiple y dos son de carácter abierto, con el objetivo de que los entrevistados puedan presentar libremente sus opiniones y observaciones.

Los conceptos principales que se miden son la frecuencia de la planeación, así como la profundidad y exactitud de la misma; además, se obtienen los métodos de planeación utilizados por la muestra; aunado a la frecuencia de la utilización de los métodos de control y la efectividad de los mismos en el control de los retrasos. También se ilustra los motivos por los que las obras tienen retrasos y las acciones que se toman para combatirlos.

### 3.2.3. Método por modelo propuesto

En este método se analizará un proyecto de vivienda de la localidad, para lo cual, en las primeras semanas de levantamiento, únicamente se realiza medición de control de avance, sin afectar o re-alimentar el cronograma; esto con el fin de no generar un

sesgo. En las últimas semanas se presentarán adecuaciones y propuestas de trabajo. Inicialmente se miden las actividades planeadas originalmente para ser ejecutadas en cada una de las semanas comprendidas en el análisis realizado. Posteriormente, la cantidad de actividades realmente ejecutadas, y con ello se determinará la cantidad de actividades retrasadas. Con lo anterior, se establecerá el índice de productividad alcanzado en cada una de las semanas, y finalmente se establecerá el ritmo requerido, con el fin de garantizar la conclusión del proyecto en los tiempos inicialmente programados o minimizar lo más posible el retraso generado.

A continuación, se presenta el programa general de la obra y el programa individual por vivienda (Figura 3-1 y Figura 3-2).



Figura 3-1 Programa de Obra una vivienda, MS Project

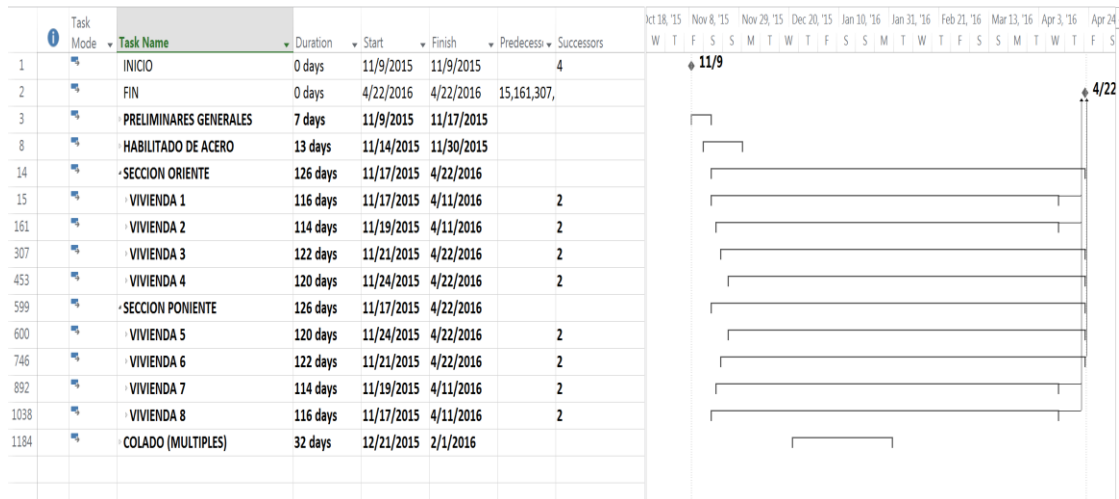


Figura 3-2 Programa de obra 8 viviendas, Coto Los Cerezos, MS Project

### 3.3. Diseño de la herramienta de medición

#### 3.3.1. Método de encuesta

#### ENCUESTA SOBRE PLANEACIÓN Y CONTROL DE OBRA

Esta encuesta es realizada con fines de investigación para la elaboración de la tesis de la Maestría de Administración de la Construcción de la Universidad Panamericana. Su participación ayuda a realizar un diagnóstico sobre los temas de la encuesta y con ello poder proponer un modelo de control de obra que funcione para la industria de la construcción.

1. ¿Realiza planificación para cada uno proyectos de construcción?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
2. ¿Utiliza la planeación de obra para programar recursos y flujos?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
3. ¿Qué tan detallada se realiza la planeación inicial de obra para poder llevar control de avances?
  - a) Exhaustiva b) Muy detallada c) Detallada d) Suficiente e) Pobre f) Nula.

4. ¿Utiliza la planeación de obra como herramienta de medición de retrasos?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
5. ¿Qué tan seguido presenta atrasos en los tiempos de ejecución de obra planificados?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
6. ¿Qué tan acertada resulta la planeación inicial realizada?
  - a) Exacta b) Muy acertada c) Acertada d) Poco acertada e) Equivocada f) Totalmente Errónea.
7. ¿Considera que la planeación de obra realizada es causa de los retrasos en la ejecución?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
8. ¿Qué Método utiliza para la planeación de las obras?
  - a) GANTT (gráfica de barras) b) CPM (ruta crítica) c) PERT (ruta crítica con duraciones de actividades estadísticas) d) Ultimo Planificador (planificación semanal) e) Experiencia f) Otras g) Ninguna.
9. ¿Utiliza algún método de control en las obras que realiza?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
10. ¿Con qué frecuencia realiza control de avances semanales?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
11. ¿Realiza retroalimentación en la planeación realizada a partir del control de la obra?
  - a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca f) Nunca.
12. Mencione cuáles son las causas principales de los retrasos de las obras (abierta).
13. ¿Conoce el método de último planificador?
  - a) Lo domino a la perfección b) Lo conozco muy bien c) Lo conozco Bien d) Sé poco de él e) He escuchado algo sobre él f) No, nunca he escuchado de él.

14. ¿Conoce método de planeación vertical?
- a) Lo domino a la perfección b) Lo conozco muy bien c) Lo conozco Bien  
d) Sé poco de él e) He escuchado algo sobre él f) No, nunca he escuchado de él.
15. ¿Sabe si una tarea está retrasada, desde antes que llegue su inicio programado?
- a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca  
f) Nunca.
16. ¿Sabe qué debe hacer para poner al día una obra con retrasos con respecto a la planeación? Explique (Abierta).
17. ¿Utilizaría herramientas de control, que puedan garantizar una entrega a tiempo de los proyectos?
- a) Siempre b) Casi siempre c) Regularmente d) Ocasionalmente e) Casi nunca  
f) Nunca.

### 3.3.2. Método del modelo propuesto

La siguiente tabla (tabla 3.1) permitirá el registro de las actividades programadas para cada una de las semanas analizadas, y también de las ejecutadas, con el fin de establecer el porcentaje de cumplimiento y las actividades retrasadas.

Tabla 3.1 Tabla de registro de resultados del modelo propuesto.

| SEMANA DE PROYECTO | FECHA INICIO | FECHA TÉRMINO | ACTIVIDADES PROGRAMADAS | ACTIVIDADES EJECUTADAS (100.0%) | ACTIVIDADES RETRASADAS | ACT RETRASADAS ACUMULADAS | PORCENTAJE DE COMPLETADO DE ACTIVIDAD (PCA) | % ACUMULADO PLANEADA | % ACUMULADO EJECUTADO |
|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------|---|----------------------|-----------------------|
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |
|                    |              |               |                         |                                 |                        |                           |   |                      |                       |

### 3.4. Resultados:

#### 3.4.1. Resultados de la Encuesta

Los resultados de la encuesta de las preguntas de opción múltiple se encuentran en la tabla 3.2, la escala va de un 100% a un 0% del rango de la respuesta.

El número total de encuestas realizadas es de 41.

Tabla 3.2 Resultados de las preguntas de opción múltiple del método de encuesta.

| REACTIVO | CONCEPTO  | 100%  |    | 80%   |    | 60%   |    | 40%   |    | 20%   |   | 0%    |    | Número de encuestas |
|----------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|---|-------|----|---------------------|
|          |   | %     | #  | %     | #  | %     | #  | %     | #  | %     | # | %     | #  |                     |
| 1        | Frecuencia planificación                          | 53.7% | 22 | 24.4% | 10 | 17.1% | 7  | 2.4%  | 1  | 0.0%  | - | 2.4%  | 1  | 41                  |
| 2        | Planeación de recursos y flujos                   | 41.5% | 17 | 26.8% | 11 | 24.4% | 10 | 2.4%  | 1  | 0.0%  | - | 4.9%  | 2  | 41                  |
| 3        | Detalle de planificación                          | 4.9%  | 2  | 14.6% | 6  | 43.9% | 18 | 34.1% | 14 | 0.0%  | - | 2.4%  | 1  | 41                  |
| 4        | Medición de retrasos                              | 26.8% | 11 | 14.6% | 6  | 31.7% | 13 | 14.6% | 6  | 9.8%  | 4 | 2.4%  | 1  | 41                  |
| 5        | Constancia de retrasos                            | 4.9%  | 2  | 14.6% | 6  | 36.6% | 15 | 26.8% | 11 | 17.1% | 7 | 0.0%  | -  | 41                  |
| 6        | Exactitud de planeación                           | 2.4%  | 1  | 14.6% | 6  | 61.0% | 25 | 22.0% | 9  | 0.0%  | - | 0.0%  | -  | 41                  |
| 7        | Planeación como causa de retrasos                 | 4.9%  | 2  | 17.1% | 7  | 26.8% | 11 | 26.8% | 11 | 17.1% | 7 | 7.3%  | 3  | 41                  |
| 9        | Utilización Método de control                     | 24.4% | 10 | 36.6% | 15 | 29.3% | 12 | 7.3%  | 3  | 0.0%  | - | 2.4%  | 1  | 41                  |
| 10       | Avances semanales                                 | 29.3% | 12 | 31.7% | 13 | 24.4% | 10 | 9.8%  | 4  | 2.4%  | 1 | 2.4%  | 1  | 41                  |
| 11       | Retroalimentación planeación-control              | 14.6% | 6  | 19.5% | 8  | 26.8% | 11 | 22.0% | 9  | 12.2% | 5 | 4.9%  | 2  | 41                  |
| 13       | Conocimiento del último planificador              | 4.9%  | 2  | 9.8%  | 4  | 9.8%  | 4  | 29.3% | 12 | 9.8%  | 4 | 36.6% | 15 | 41                  |
| 14       | Conocimiento del método de planificación vertical | 2.4%  | 1  | 0.0%  | -  | 17.1% | 7  | 19.5% | 8  | 17.1% | 7 | 43.9% | 18 | 41                  |
| 15       | Reconocimiento del atraso de tareas               | 14.6% | 6  | 29.3% | 12 | 29.3% | 12 | 14.6% | 6  | 2.4%  | 1 | 9.8%  | 4  | 41                  |
| 17       | Utilizaría métodos de control                     | 43.9% | 18 | 24.4% | 10 | 7.3%  | 3  | 12.2% | 5  | 7.3%  | 3 | 4.9%  | 2  | 41                  |

La tabla 3.3 muestra los resultados del reactivo número ocho de la encuesta:

Tabla 3.3 Resultados del reactivo 8.

| MÉTODO DE PLANEACIÓN | # DE MENCIONES |
|----------------------|----------------|
| GANTT                | 20             |
| CPM                  | 3              |
| PERT                 | 9              |
| ÚLTIMO PLANIFICADOR  | 7              |
| EXPERIENCIA          | 13             |
| OTRAS                | 1              |

La tabla 3.4 muestra los resultados del reactivo número doce:

*Tabla 3.4 Resultados del reactivo 12*

| CAUSA DE RETRASOS  | # DE MENCIONES |
|--------------------|----------------|
| PROVEEDORES        | 10             |
| CLIMA              | 3              |
| SUBCONTRATISTAS    | 6              |
| ORGANIZACIÓN       | 3              |
| FLUJO ECONÓMICO    | 8              |
| MANO DE OBRA       | 4              |
| CAMBIOS            | 9              |
| FACTURACIÓN        | 1              |
| MERCADO            | 1              |
| TOMA DE DECISIONES | 3              |
| PLANEACIÓN         | 7              |
| CONTROL            | 1              |
| ALCANCE            | 1              |

La tabla 3.5 muestra los resultados del reactivo número dieciséis:

*Tabla 3.5 Resultados del reactivo 16*

| ACCIONES CORRECTIVAS   | # DE MENCIONES |
|------------------------|----------------|
| INCREMENTAR PERSONAL   | 15             |
| APRESURAR / PRESIONAR  | 5              |
| INCREMENTAR RECURSOS   | 7              |
| TIEMPO EXTRA           | 9              |
| CONTROLAR / EFICIENTAR | 4              |
| PRIORIZAR TAREAS       | 7              |
| AJUSTAR EL CALENDARIO  | 3              |

### 3.4.2. Resultados de modelo propuesto

La tabla 3.6 muestra los resultados de las semanas analizadas en la obra las cuales van de la semana 16 a la 21 del proyecto.

Tabla 3.6 Resultados del levantamiento del método propuesto

| SEMANA DE PROYECTO | FECHA INICIO | FECHA TÉRMINO | ACTIVIDADES PROGRAMADAS | ACTIVIDADES EJECUTADAS (100.0%) | ACTIVIDADES RETRASADAS | ACT RETRASADAS ACUMULADAS | PORCENTAJE DE COMPLETADO DE ACTIVIDAD (PCA) | % ACUMULADO PLANEADA | % ACUMULADO EJECUTADO |
|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------|---|----------------------|-----------------------|
| <b>1 a 15</b>      | 11/9/2015    | 2/21/2016     | 681                     | 393                             | 288.0                  | 288.0                     | 57.71%                                      | 48.33%               | 27.89%                |
| <b>16</b>          | 2/22/2016    | 2/28/2016     | 48                      | 36                              | 12.0                   | 300.0                     | 75.00%                                      | 51.74%               | 30.45%                |
| <b>17</b>          | 2/29/2016    | 3/6/2016      | 68                      | 43                              | 25.0                   | 325.0                     | 63.24%                                      | 56.56%               | 33.50%                |
| <b>18</b>          | 3/7/2016     | 3/13/2016     | 28                      | 31                              | -3.0                   | 322.0                     | 110.71%                                     | 58.55%               | 35.70%                |
| <b>19</b>          | 3/14/2016    | 3/20/2016     | 20                      | 29                              | -9.0                   | 313.0                     | 145.00%                                     | 59.97%               | 37.76%                |
| <b>20</b>          | 3/21/2016    | 3/27/2016     | 20                      | 28                              | -8.0                   | 305.0                     | 140.00%                                     | 61.39%               | 39.74%                |
| <b>21</b>          | 3/28/2016    | 4/3/2016      | 28                      | 38                              | -10.0                  | 295.0                     | 135.71%                                     | 63.38%               | 42.44%                |

### 3.5. Comentarios de la encuesta

Esta encuesta fue realizada en línea, con el fin de abarcar diferentes sectores de la población de empresas con el giro de construcción de vivienda. La mayoría de los encuestados tienen el puesto de gerente de proyectos o directores; es decir, desempeñan funciones directamente relacionadas con la planeación de las obras.

La practicidad del uso de esta herramienta permitió obtener los resultados de la encuesta de campo de una forma ágil después de la primera semana; ya que se realizaron todos los formatos en ella. En la siguiente semana, se actualizaron en automático.



## 4. ANÁLISIS

### 4.1. Introducción

Este capítulo tiene como finalidad el análisis de los resultados obtenidos de medición, con lo que se pretende dar respuesta a los objetivos e hipótesis planteados al inicio de la Tesis, cuya finalidad es el conocer la utilización de los métodos de control en las obras y el enfoque que debe tomar el modelo de control de obra propuesto, resultado de la incidencia y motivos de los retrasos en la ejecución de las obras reportados en el método de encuesta.

Se tendrán dos vertientes, el análisis de los resultados obtenidos: mediante la medición y estudio de los agremiados de la CMIC delegación Jalisco, y el modelo propuesto con la utilización de herramientas para el manejo y control de los proyectos constructivos. Estos, llevándonos a tratar de demostrar la hipótesis y comprobar los objetivos inicialmente planteados.

### 4.2. Análisis de los Resultados

A continuación, se presenta el análisis de resultados de las encuestas y el caso de estudio.

#### 4.2.1. Análisis del Método de encuesta

##### 1. ¿Realiza planificación para cada uno proyectos de construcción?

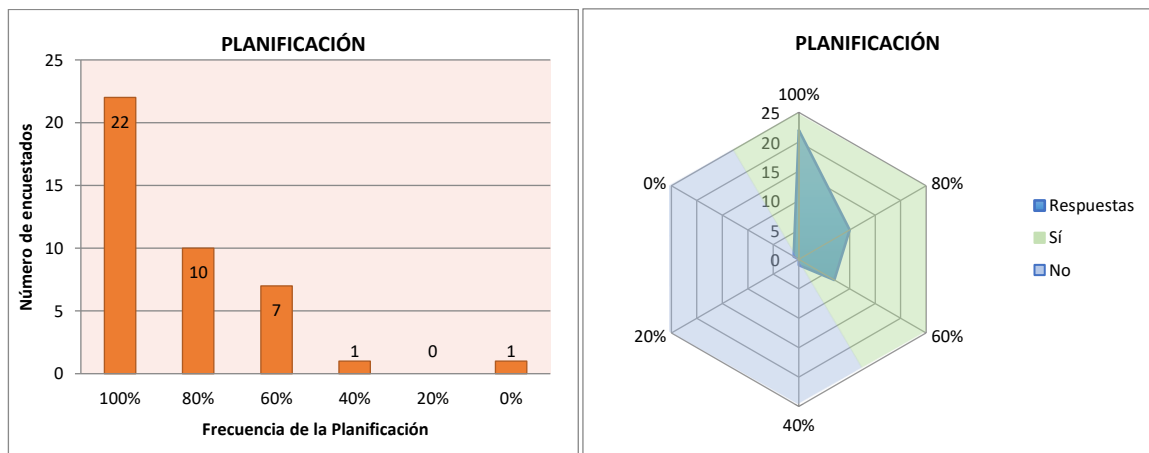


Figura 4-1. Frecuencia de la planificación.

Como resultado de la encuesta realizada, podemos observar (ver figura 4-1) que en un 95% de los casos se realiza planificación en al menos 60% de las obras; lo cual, significa que la planeación está presente en la industria de la construcción.

2. ¿Utiliza la planeación de obra para programar recursos y flujos?

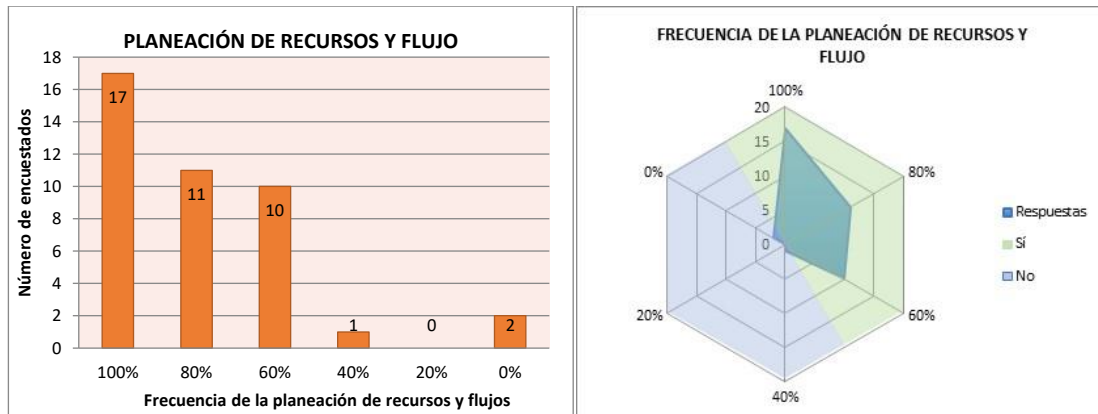


Figura 4-2 . Frecuencia de la planeación de recursos y flujos.

En un 93% de los casos (ver figura 4-2) la planeación de obra se utiliza para programar tanto los recursos (materiales, mano de obra, herramienta, entre otros) como el flujo de efectivo, necesarios para la ejecución de las obras.

3. ¿Qué tan detallada se realiza la planeación inicial de obra para poder llevar control de avances?

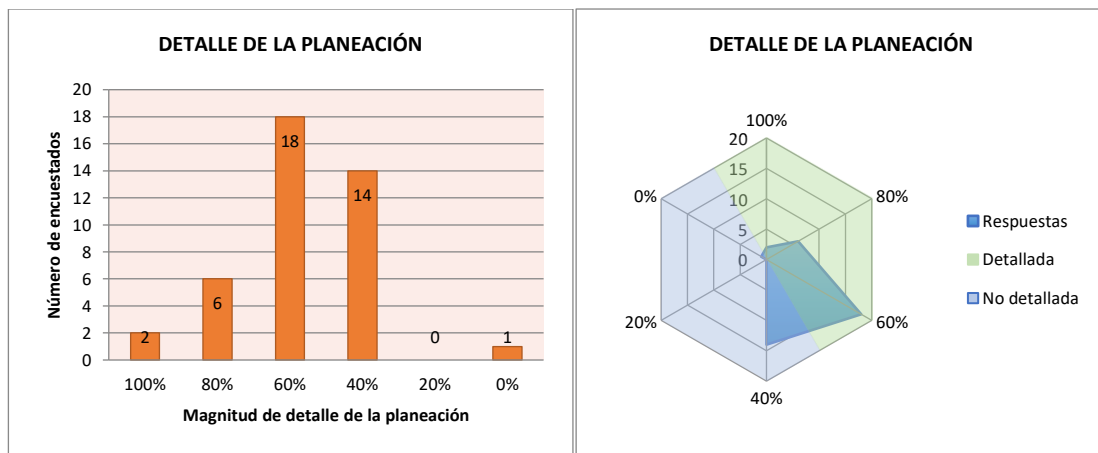


Figura 4-3 . Detalle de la Planeación.

La gráfica anterior (ver figura 4-3) se percibe que un 78% de los encuestados realiza planeación con un grado de detalle entre el 60% y el 40%, lo que significa que la planeación no tiende a ser detallada.

4. ¿Utiliza la planeación de obra como herramienta de medición de retrasos?

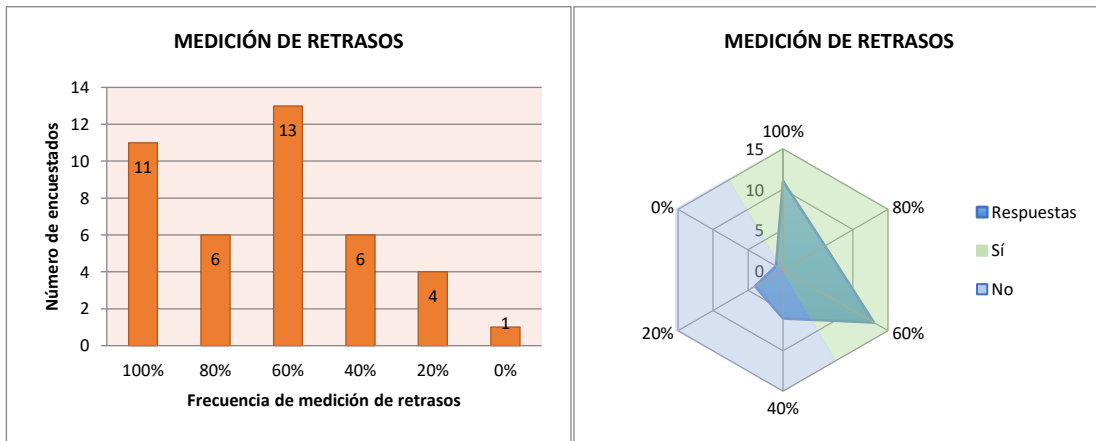


Figura 4-4 Frecuencia de la medición de retrasos.

La gráfica anterior (figura 4-4) muestra que sólo el 41% de los encuestados utilizan la planeación para medir retrasos al menos en el 80% de sus obras.

5. ¿Qué tan seguido presenta atrasos en los tiempos de ejecución de obra planificados?

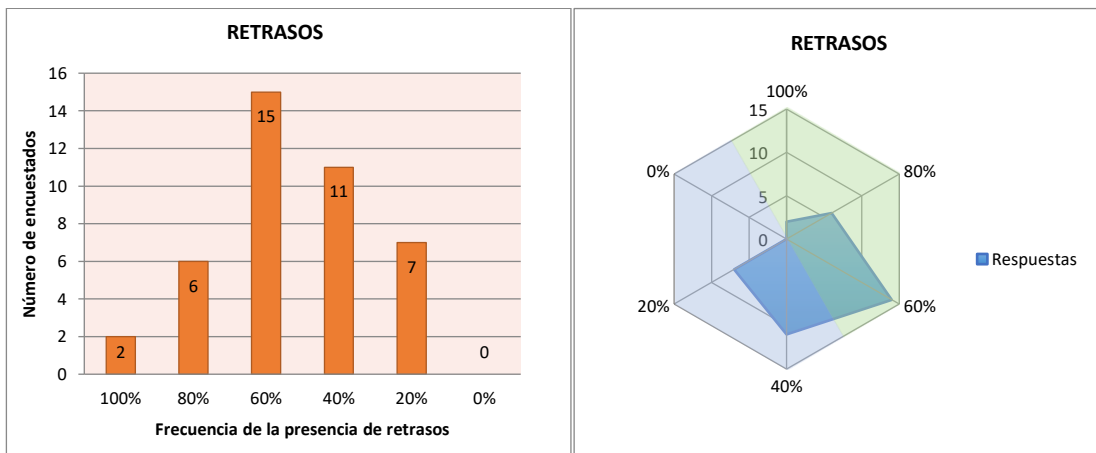


Figura 4-5 Frecuencia de la presencia de retrasos.

Esta gráfica (figura 4-5) muestra que el 56% de los constructores encuestados presentan retrasos al menos en el 60% de las obras ejecutadas, y el 82% muestran retrasos al menos en el 40% de la obras; por otro lado, sólo el 17% dice tener retrasos en un 20% de las veces.

6. ¿Qué tan acertada resulta la planeación inicial realizada?

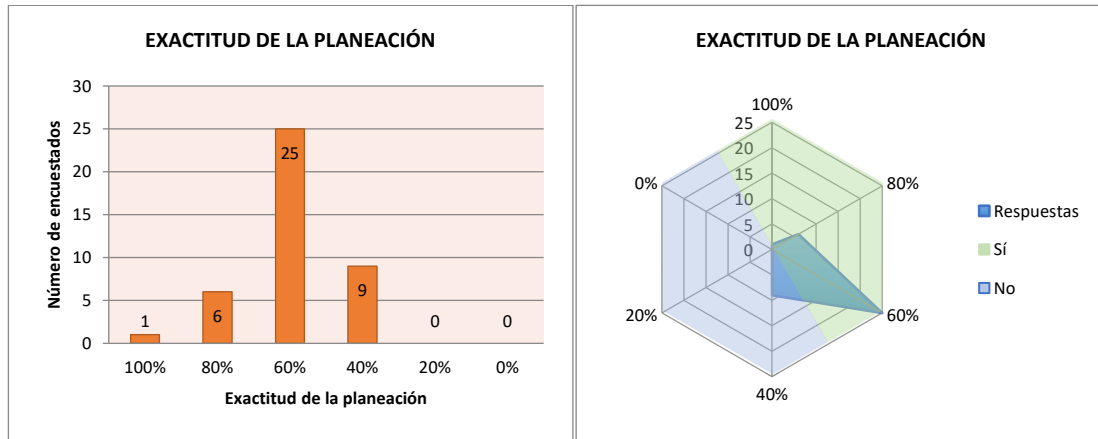


Figura 4-6 Exactitud de la planeación.

La gráfica anterior (figura 4-6) muestra que la planeación inicial presenta deficiencias en un 82%; es decir, este porcentaje de encuestados dice lograr una exactitud en la planeación de entre el 60 y 40%.

7. ¿Considera que la planeación de obra realizada es causa de los retrasos en la ejecución?

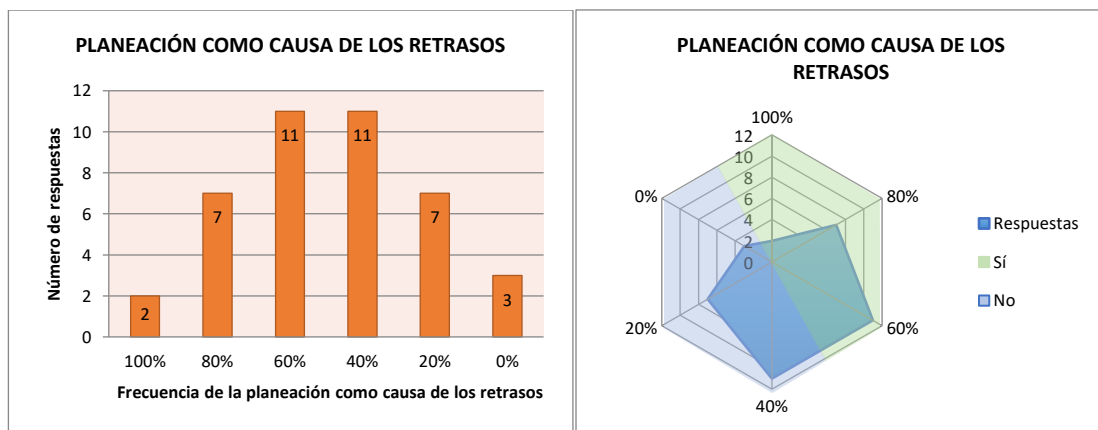


Figura 4-7 Frecuencia de la planeación como causa de retrasos

La gráfica anterior (figura 4-7) muestra que la opinión de los encuestados a cerca de la posible responsabilidad que tendría la planeación sobre los retrasos es muy dispersa; sin embargo, sólo el 49% identifica la planeación como causa de los retrasos.

#### 8. ¿Qué Método utiliza para la planeación de las obras?

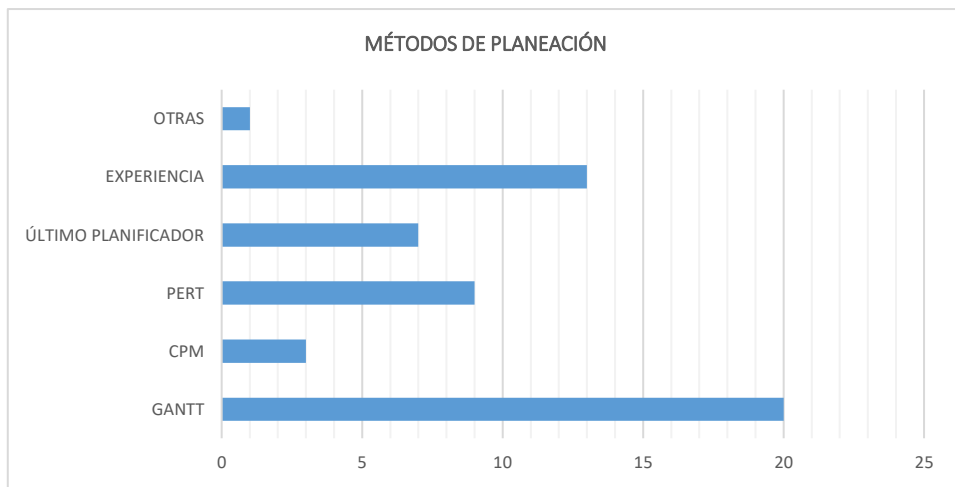


Figura 4-8 Métodos de planeación utilizados

La gráfica anterior (figura 4-8) muestra que se tienden a utilizar métodos de planeación básicos que no cuenta con mucho detalle como lo es el diagrama de Gantt. La experiencia domina sobre los métodos de planeación más conocidos.

9. ¿Utiliza algún método de control en las obras que realiza?

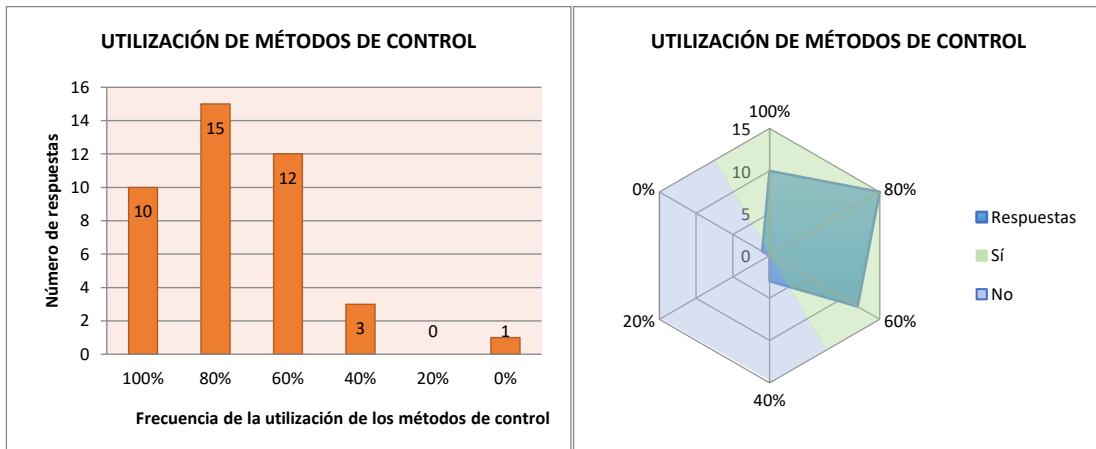


Figura 4-9 Frecuencia de la utilización de los métodos de control.

Sólo el 60% de los constructores encuestados dicen utilizar los métodos de control al menos en el 80% de las obras. El 29% dice utilizarlos en el 60% de ellas. (Figura 4-9)

10. ¿Con qué frecuencia realiza control de avances semanales?

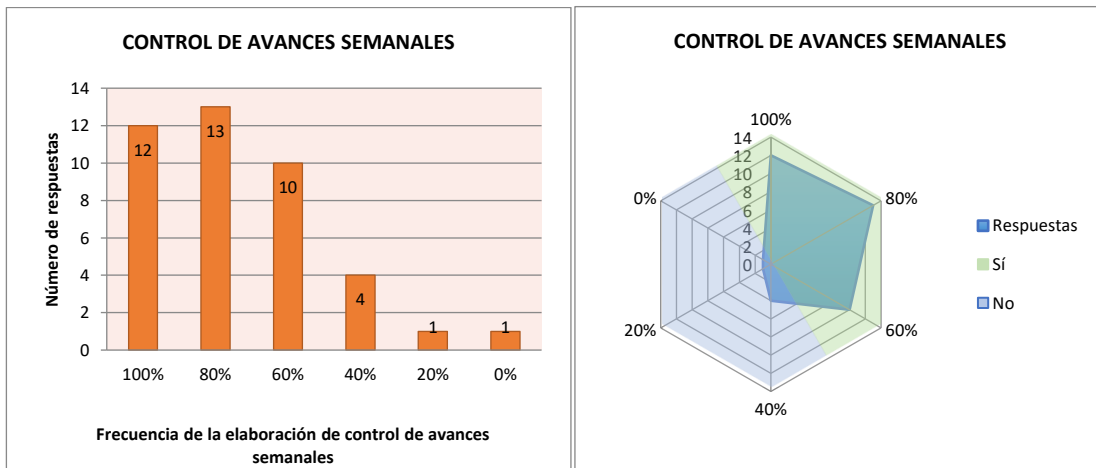


Figura 4-10 Frecuencia de la elaboración de control de avances semanales.

Las gráficas anteriores (figura 4-10) muestran que el 60% de los encuestados aseguran realizar controles semanales de los avances en al menos el 80% de sus construcciones. Se podría considerar que no las realizan el 15% de los encuestados.

11. ¿Realiza retroalimentación en la planeación realizada a partir del control de la obra?

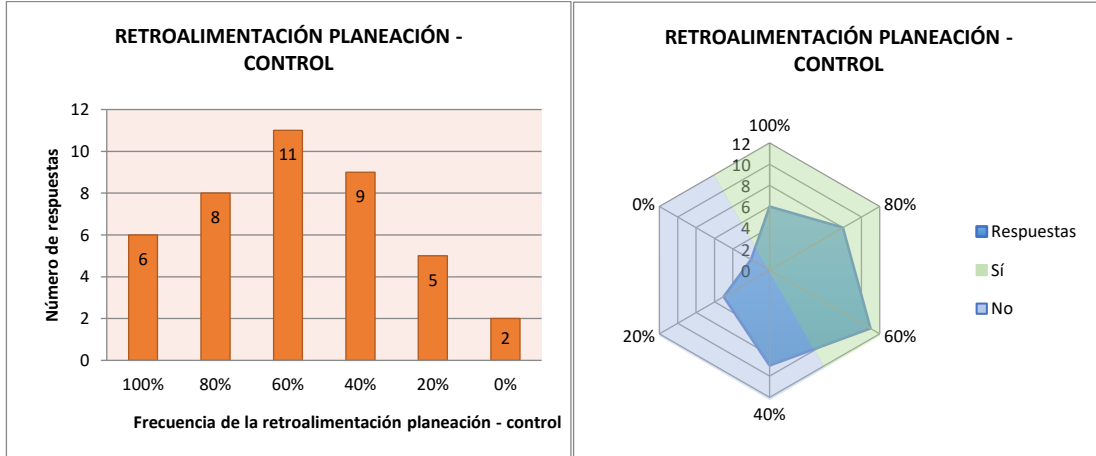


Figura 4-11 Frecuencia de la retroalimentación planeación – control.

Las gráficas anteriores (figura 4-11) muestran que la retroalimentación planeación-control en los proyectos de construcción de los encuestados es muy diversa. Sin embargo, sólo el 29% de ellos, aseguran realizar esta retroalimentación el al menos el 80% de sus obras.

12. Mencione cuales son las causas principales de los retrasos de las obras (abierta).

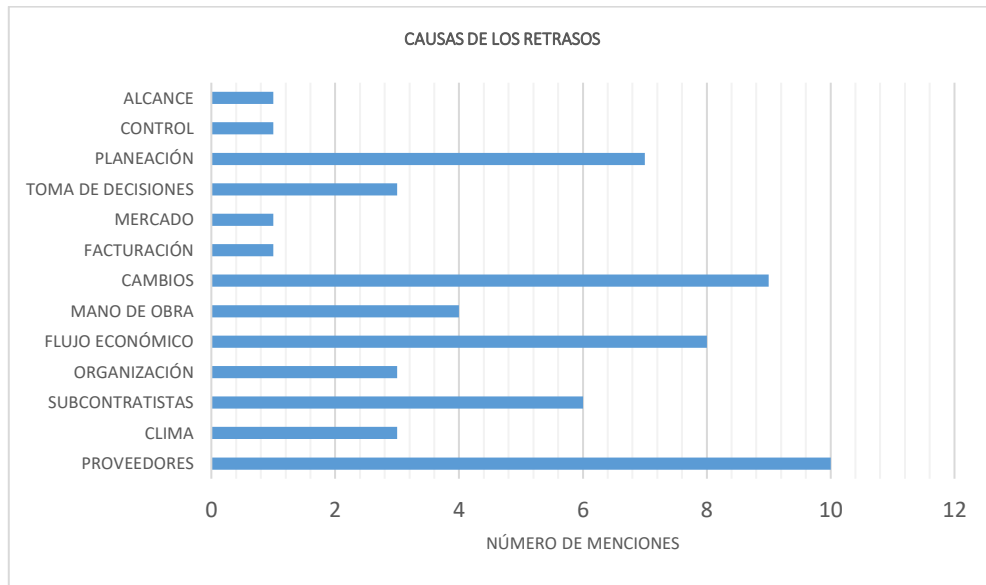


Figura 4-12 Causas de los retrasos.

La gráfica anterior (figura 4-12) muestra las causas de los retrasos en obra consideradas por los constructores encuestados. Las fallas de los proveedores durante el transcurso de la obra son consideradas la principal causa de los retrasos, posteriormente se consideran los cambios en los proyectos seguidos por el flujo económico.

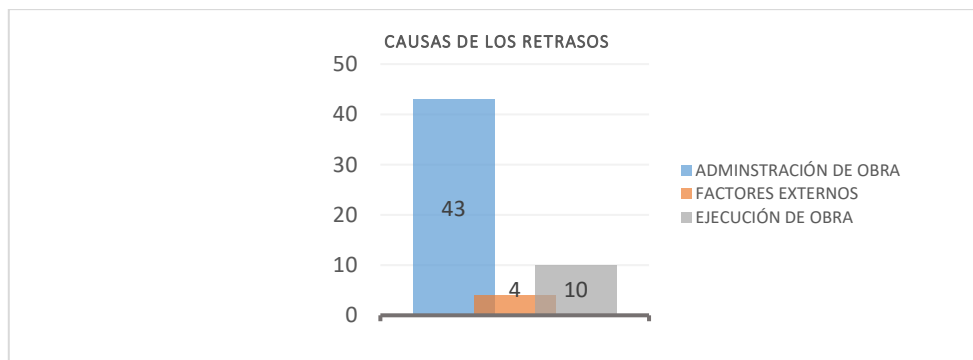


Figura 4-13 Clasificación de las causas de los retrasos.

La gráfica anterior (figura 4-13) muestra que, según las opiniones de la muestra, los retrasos son en un 58% propiciados por fallas en la administración de la obra, como son las fallas en la toma de decisiones, en la planeación, en el control, en la definición



del alcance, en la programación y obtención del flujo de efectivo, entre otros; en un 7%, por cuestiones externas como el clima o el mercado; y en un 35%, por problemas en la ejecución de la obra, como son: fallas en las mano de obra, subcontratistas y proveedores (manos de obra, materiales y equipo).

13. ¿Conoce el método de último planificador?

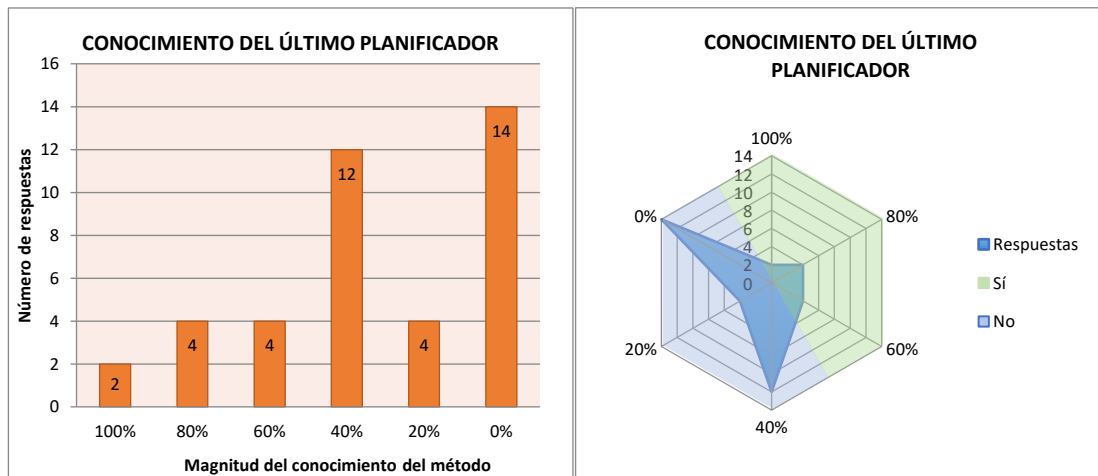


Figura 4-14 Conocimiento del método del último planificador

Las gráficas anteriores (figura 4-14) muestran que al menos el 73% no conoce el método del último planificador.

14. ¿Conoce método de planeación vertical?

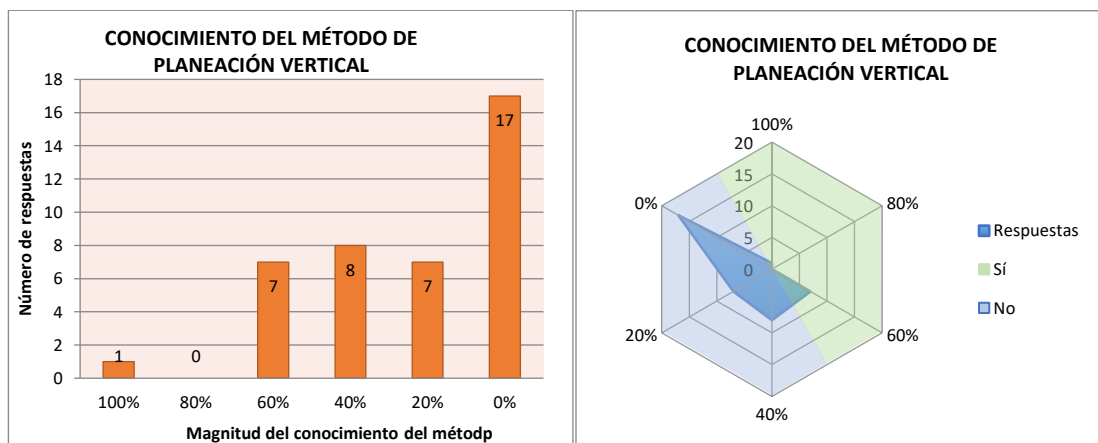


Figura 4-15 Conocimiento de método de planeación vertical.

Las gráficas anteriores (figura 4-15) muestran que al menos el 78% de los encuestados no conoce el método de planeación vertical.

15. ¿Sabe si una tarea está retrasada, desde antes que llegue su inicio programado?

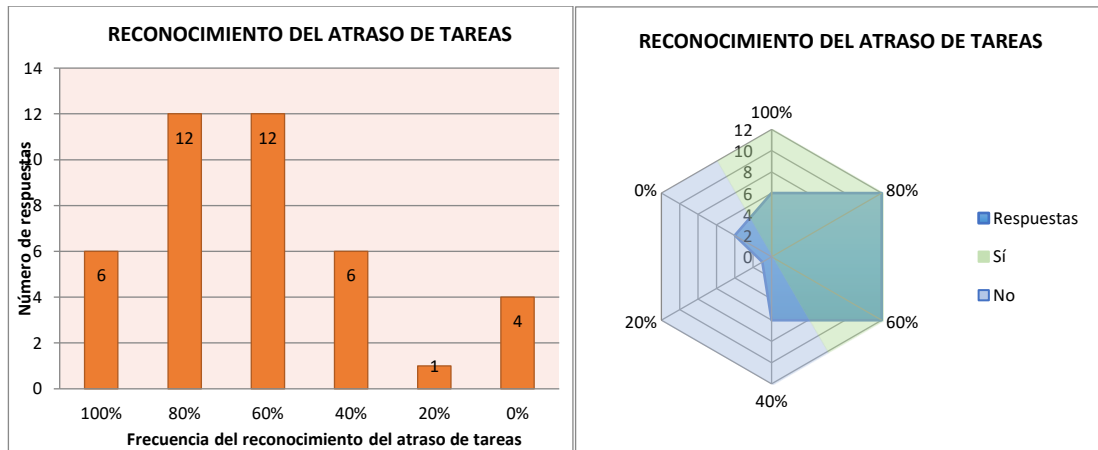


Figura 4-16 Reconocimiento del atraso de tareas.

La gráfica (figura 4-16) anterior muestra que, al menos, el 73% de la muestra sabe, el 60% de las veces, con anticipación cuando una tarea está retrasada; sin embargo, sólo el 43% dice saberlo en al menos 80% de las ocasiones.

16. ¿Sabe qué debe hacer para poner al día una obra con retrasos con respecto a la planeación? Explique (Abierta).

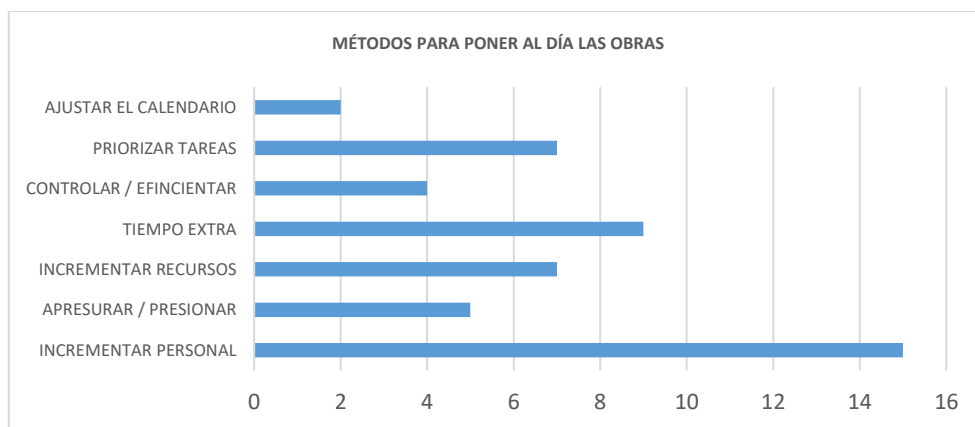


Figura 4-17 Métodos utilizados para poner al día las obras.

La gráfica anterior (figura 4-17) muestra las acciones que los encuestados toman para poder poner su obra al día. La principal medida tomada por ellos es, el incremento del

personal de obra, posteriormente se considera la implementación de jornadas extras seguido por el incremento de recursos y la priorización de tareas a ejecutar.

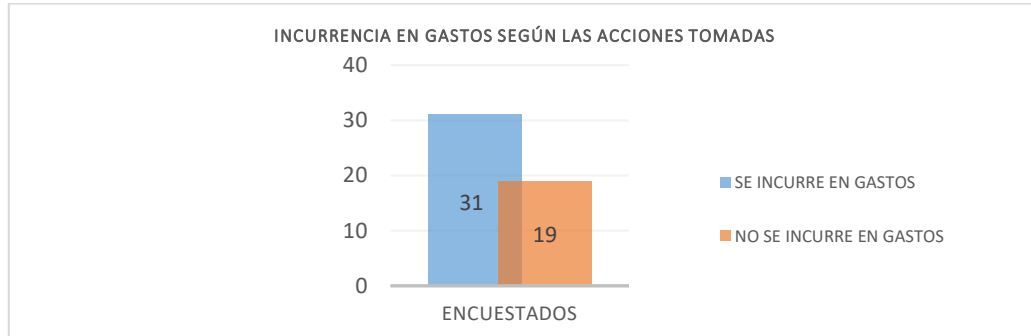


Figura 4-18 Clasificación de las acciones tomadas para poner al día la obra.

La gráfica anterior (figura 4-18) muestra que el 63% de las acciones mencionadas por los encuestados para poner las obras al día implican un costo adicional de lo presupuestado originalmente, mientras que sólo el 37% involucran acciones que no incurren en costos adicionales.

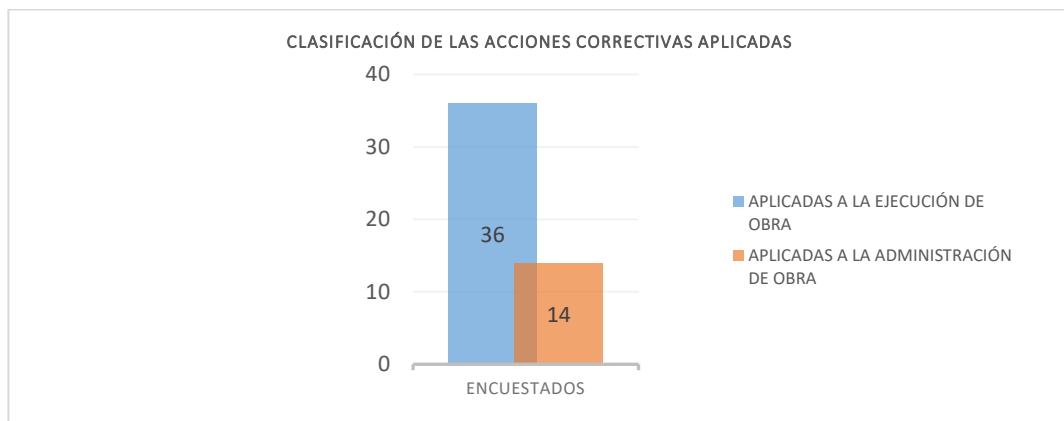


Figura 4-19 Clasificación de las acciones correctivas aplicadas.

La gráfica anterior (Figura 4-19) muestra que las acciones correctivas con el fin de poner al día la obra mencionadas por la muestra encuestada, son implementadas en la ejecución de la obra en un 73% de los casos; mientras que en un 27%, en la administración de la misma.

17. ¿Utilizaría herramientas de control, que puedan garantizar una entrega a tiempo de los proyectos?

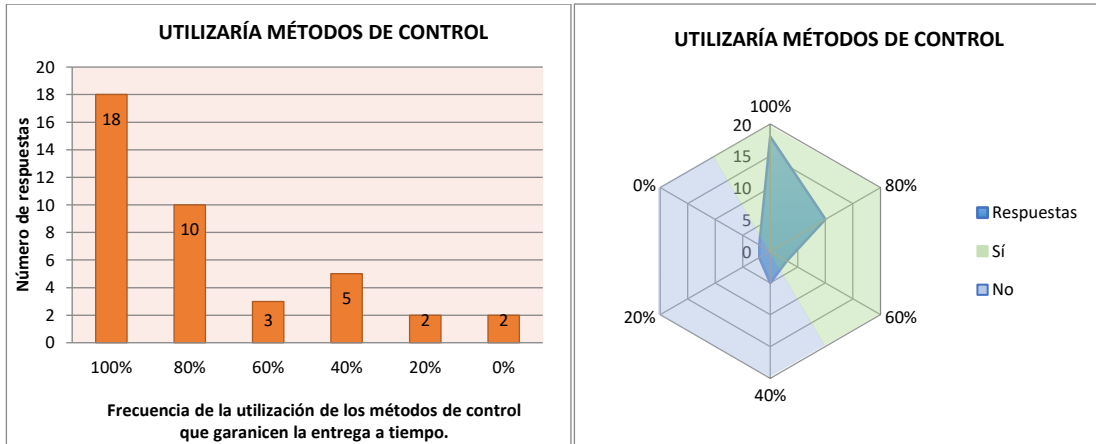


Figura 4-20 Utilización de métodos de control que garanticen la entrega a tiempo.

En las gráficas anteriores (figura 4-20) se puede observar que mínimo el 68% de los constructores encuestados utilizarían métodos de control que pudieran garantizar los tiempos de entre de sus proyectos de construcción adicionales a los utilizados actualmente.

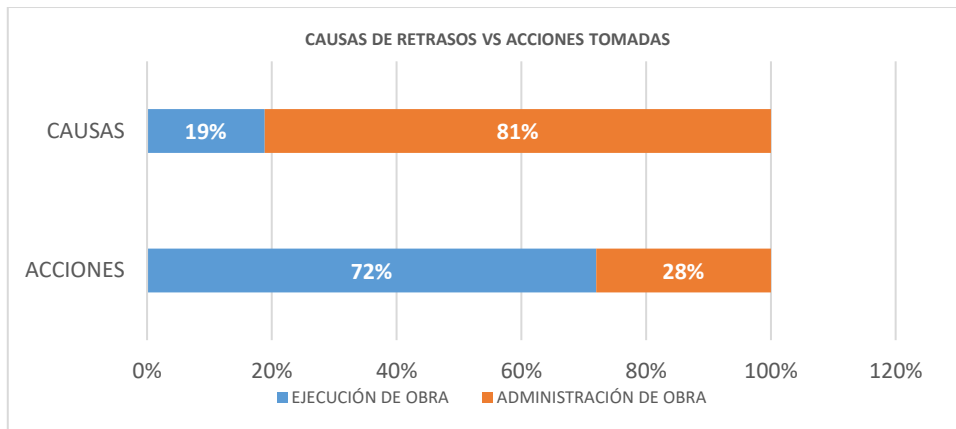


Figura 4-21 Causa de los retrasos contra las acciones tomadas.

Esta comparación (figura 4-21) muestra que, aunque las causas, según los encuestados -la gran mayoría (81%)- son problemas de administración de obra, no

se toman las debidas acciones correctivas para no volverlas a causar, se dedican en un gran parte (72%) a solucionar los problemas de las obras, sin ver causas que lo ocasionan y los problemas futuros que se presentarán por estos problemas o causas generadas en la administración de los proyectos.

Se conoce que se tienen retrasos y se muestra que la principal solución a ellos es incrementar el personal; sin embargo, la causa principal mencionada son los suministros; entonces surge el cuestionamiento de por qué no planificar las compras y administrar el recursos generando una holgura en las entregas, esto causaría que el material esté a tiempo, de esta manera se estaría mitigando la principal causa de los retrasos en la ejecución de la obra, y se eliminan los sobre-costos ocasionados por los tiempos muertos y los tiempos extras.

#### 4.2.2. Análisis del Método de Propuesto

En este apartado se observan los resultados obtenidos en la obra; con los cuales, se planea dar solución a los retrasos a partir del análisis de las gráficas presentadas; para ellos se utiliza el método de Último planificador modificado y ajustado para vivienda.

#### Gráfica de porcentaje de actividades completadas contra programadas

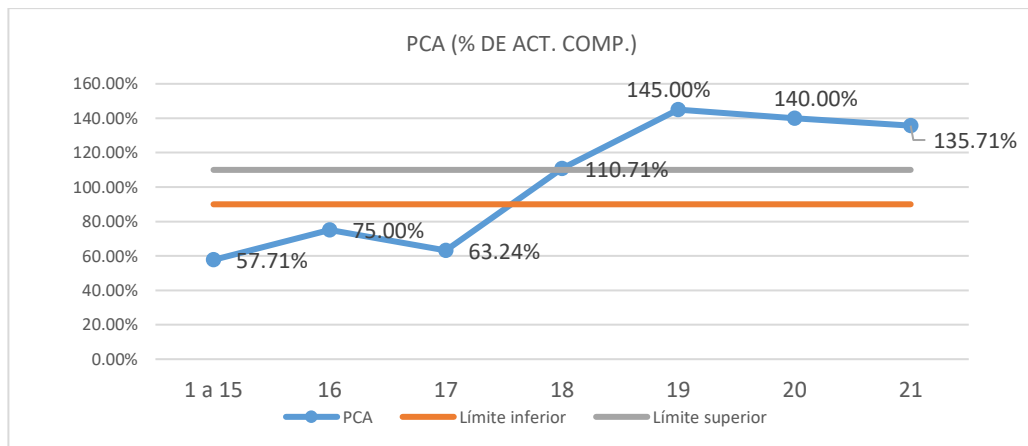


Figura 4-22 . Gráfica de % de cumplimiento semanal.

En la gráfica anterior, (figura 4-22) se ilustra el comportamiento del avance de la obra; es decir, muestra que porcentaje de actividades programadas inicialmente se ejecutaron en cada semana.

El método propuesto (último planificador modificado), tiene como finalidad ubicar el cumplimiento de la ejecución semanal de las tareas programadas dentro de un rango que va del 90% al 110% (indicadas con la línea naranja y gris respectivamente).

Se muestra que durante el periodo comprendido de la semana 1 a la 15 se tuvo un desempeño menor al 60% de las actividades inicialmente programadas; en la semana 16, se tuvo un desempeño del 75% y en la 17, uno menor al 64%. En la semana 18, se implementa el modelo propuesto y se logra una recuperación de la productividad alcanzando un desempeño del 110.71%; esto es, se logra realizar más de la cantidad de actividades programadas para dicha semana. Lo mismo pasa en las semanas 19, 20 y 21. Con lo anterior, se puede observar en el transcurso del tiempo se podría lograr la mitigación del retraso en la ejecución de la obra.

### Gráfica de actividades completadas, programadas y retrasadas

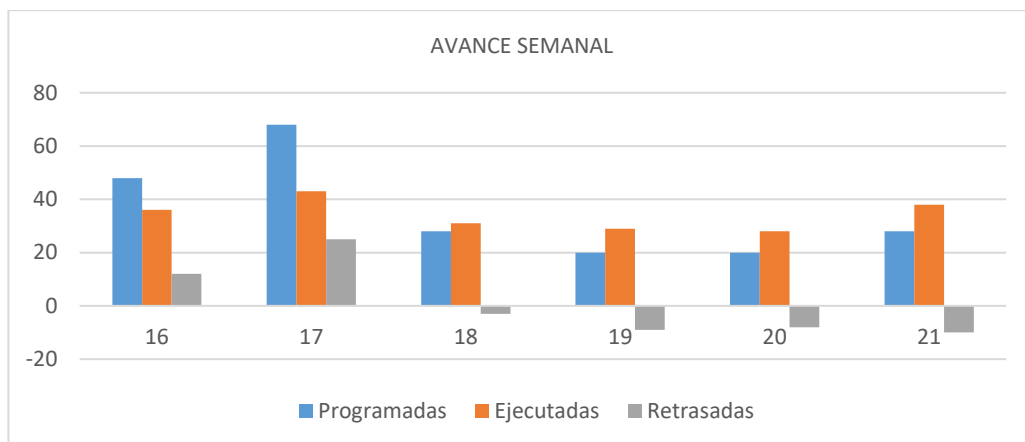


Figura 4-23 . Actividades programadas, ejecutadas y retrasadas de cada semana.

En esta gráfica (figura 4-23) se muestra la cantidad de tareas programadas, ejecutadas y retrasadas en cada una de las semanas. Se puede observar que a partir de la semana 18, las tareas retrasadas comienzan a ser negativas; lo que significa que se han realizado más tareas de las programadas. Se puede concluir que se está trabajando en acelerar el cumplimiento para poder mitigar los retrasos originados en las primeras semanas de ejecución. Sin embargo, también se muestra que la programación de tareas ha disminuido debido a que se acerca el cierre de la obra.

**Gráfica “S” del porcentaje acumulado de actividades programadas y ejecutadas.**

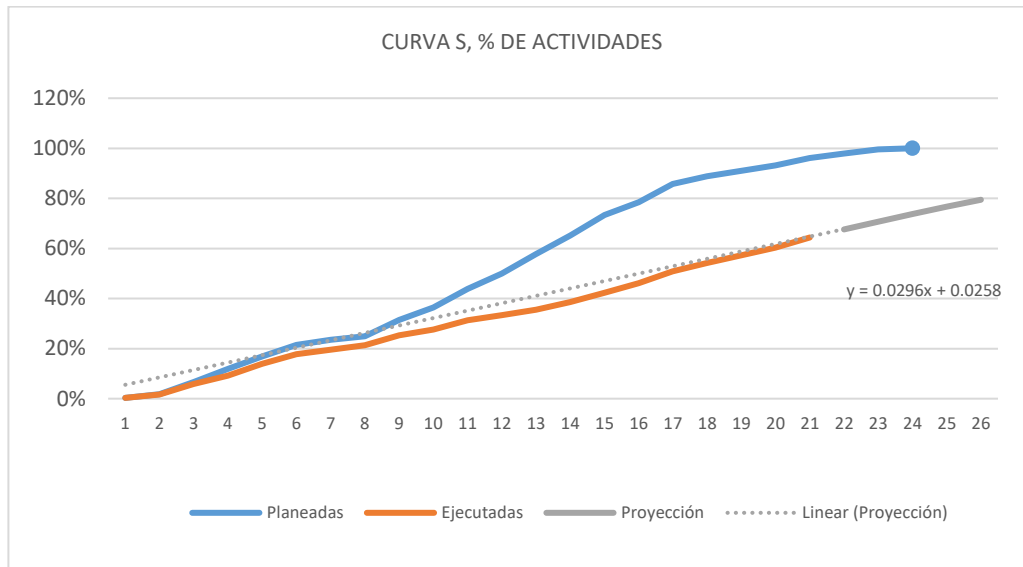


Figura 4-24. Gráfica de curva S de porcentaje de actividades programadas y ejecutadas.

Dentro de esta gráfica (figura 4-24) se ilustra el comportamiento de la obra: se observa que se ha tenido un retraso, de más del 20% de las actividades. La línea de tendencia nos indica que la obra se terminará con un retraso de al menos 12 semanas si se continúa con el ritmo de ejecución actual; por ello es indispensable acelerar la productividad en la obra.

**Actividades Retrasadas a la fecha de corte, por frente o vivienda, antes de aplicar sistema de último planificador modificado.**

Las siguientes tablas (tablas 4.1 y 4.2) muestran la totalidad de las actividades retrasadas en ambas secciones del proyecto, con las que se va a trabajar para hacer la propuesta de recuperación de los retrasos.

*Tabla 4.1 Actividades retrasadas de la sección oriente*

| TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 01 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 02 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 03 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 04 |                              |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        |
| 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     |
| 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    |
| 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     |
| 4                             | COLOCACIÓN DE MUEBLES        | 4                             | COLOCACIÓN DE MUEBLES        | 4                             | APLANADO MUROS COCINA        | 4                             | HORMIGÓN PB                  |
| 5                             | HIDRONEUMÁTICO               | 5                             | HIDRONEUMÁTICO               | 5                             | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR | 5                             | BANQUETÓN COCINA             |
| 6                             | BOMBA                        | 6                             | BOMBA                        | 6                             | BOQUILLAS PB                 | 6                             | APLANADO MUROS COCINA        |
| 7                             | PUERTA DE INGRESO            | 7                             | PUERTA DE INGRESO            | 7                             | APLANADO CIELO COCINA        | 7                             | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR |
| 8                             | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 8                             | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 8                             | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  | 8                             | BOQUILLAS PB                 |
| 9                             | MUEBLES DE BAÑO              | 9                             | MUEBLES DE BAÑO              | 9                             | PUERTA DE INGRESO            | 9                             | APLANADO CIELO COCINA        |
| 10                            | COCINA                       | 10                            | COCINA                       | 10                            | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 10                            | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  |
| 11                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 11                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 11                            | MUEBLES DE BAÑO              | 11                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 1    |
| 12                            | DOMOS                        | 12                            | DOMOS                        | 12                            | COCINA                       | 12                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 2    |
| 13                            | VENTANAS                     | 13                            | VENTANAS                     | 13                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 13                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 3    |
| 14                            | CANCELERÍA                   | 14                            | CANCELERÍA                   | 14                            | DOMOS                        | 14                            | APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  |
| 15                            | BARANDALES                   | 15                            | BARANDALES                   | 15                            | VENTANAS                     | 15                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 1    |
| 16                            | PISO                         | 16                            | PISO                         | 16                            | CANCELERÍA                   | 16                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 2    |
| 17                            | DUELA LAMINADA EN PA         | 17                            | DUELA LAMINADA EN PA         | 17                            | BARANDALES                   | 17                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 3    |
| 18                            | AZULEJOS EN PB               | 18                            | AZULEJOS EN PB               | 18                            | PISO                         | 18                            | APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR |
| 19                            | IMPERMEABILIZANTE            | 19                            | AZULEJOS EN PA               | 19                            | AZULEJOS EN PB               | 19                            | BOQUILLAS RECÁMARA 1         |
| 20                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 20                            | AZULEJO EN FACHADA           | 20                            | AZULEJOS EN PA               | 20                            | BOQUILLAS RECÁMARA 2         |
| 21                            | HUELLAS EN COCHERA           | 21                            | IMPERMEABILIZANTE            | 21                            | AZULEJO EN FACHADA           | 21                            | BOQUILLAS RECÁMARA 3         |
| 22                            | JARDINERÍA                   | 22                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 22                            | IMPERMEABILIZANTE            | 22                            | BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       |
| 23                            | MÁRMOL EN BAÑOS              | 23                            | HUELLAS EN COCHERA           | 23                            | HORMIGÓN EN COCHERA          | 23                            | FABRICACION                  |
| 24                            | GRANITO EN COCINA            | 24                            | JARDINERÍA                   | 24                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 24                            | PUERTA DE INGRESO            |
| 25                            | PRIMERA MANO INTERIOR        | 25                            | MÁRMOL EN BAÑOS              | 25                            | HUELLAS EN COCHERA           | 25                            | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN |
| 26                            | DETALLADO INTERIOR           | 26                            | GRANITO EN COCINA            | 26                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 26                            | MUEBLES DE BAÑO              |
| 27                            | DETALLADO EXTERIOR           | 27                            | PRIMERA MANO INTERIOR        | 27                            | JARDINERÍA                   | 27                            | COCINA                       |
|                               |                              | 28                            | DETALLADO INTERIOR           | 28                            | PRIMERA MANO INTERIOR        | 28                            | CLOSETS Y VESTIDORES         |
|                               |                              | 29                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 29                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 29                            | DOMOS                        |
|                               |                              | 30                            | DETALLADO EXTERIOR           | 30                            | DETALLADO EXTERIOR           | 30                            | VENTANAS                     |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 31                            | CANCELERÍA                   |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 32                            | BARANDALES                   |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 33                            | PISO                         |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 34                            | AZULEJOS EN PB               |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 35                            | AZULEJOS EN PA               |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 36                            | AZULEJO EN FACHADA           |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 37                            | IMPERMEABILIZANTE            |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 38                            | HORMIGÓN EN COCHERA          |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 39                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 40                            | HUELLAS EN COCHERA           |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 41                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 42                            | JARDINERÍA                   |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 43                            | PRIMERA MANO INTERIOR        |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 44                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        |
|                               |                              |                               |                              |                               |                              | 45                            | DETALLADO EXTERIOR           |



Tabla 4.2 Actividades retrasadas de la sección poniente

| TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 05 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 06 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 07 |                              | TAREAS RETRASADAS VIVIENDA 08 |                              |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        | No.                           | TAREA                        |
| 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     | 1                             | CABLEADO                     |
| 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    | 2                             | CONTACTOS                    |
| 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     | 3                             | LÁMPARAS                     |
| 4                             | HORMIGÓN PA                  | 4                             | BANQUETÓN COCINA             | 4                             | COLOCACIÓN DE MUEBLES        | 4                             | COLOCACIÓN DE MUEBLES        |
| 5                             | HORMIGÓN PB                  | 5                             | APLANADO MUROS COCINA        | 5                             | HIDRONEUMÁTICO               | 5                             | HIDRONEUMÁTICO               |
| 6                             | BANQUETÓN COCINA             | 6                             | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR | 6                             | BOMBA                        | 6                             | BOMBA                        |
| 7                             | APLANADO MUROS COCINA        | 7                             | BOQUILLAS PB                 | 7                             | BANQUETÓN COCINA             | 7                             | PUERTA DE INGRESO            |
| 8                             | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR | 8                             | APLANADO CIELO COCINA        | 8                             | FABRICACION                  | 8                             | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN |
| 9                             | APLANADO CIELO COCINA        | 9                             | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  | 9                             | PUERTA DE INGRESO            | 9                             | MUEBLES DE BAÑO              |
| 10                            | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  | 10                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 1    | 10                            | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 10                            | COCINA                       |
| 11                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 1    | 11                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 2    | 11                            | MUEBLES DE BAÑO              | 11                            | CLOSETS Y VESTIDORES         |
| 12                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 2    | 12                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 3    | 12                            | COCINA                       | 12                            | DOMOS                        |
| 13                            | APLANADO CIELO RECÁMARA 3    | 13                            | APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  | 13                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 13                            | VENTANAS                     |
| 14                            | APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  | 14                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 1    | 14                            | DOMOS                        | 14                            | CANCELERÍA                   |
| 15                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 1    | 15                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 2    | 15                            | VENTANAS                     | 15                            | BARANDALES                   |
| 16                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 2    | 16                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 3    | 16                            | CANCELERÍA                   | 16                            | PISO                         |
| 17                            | APLANADO MUROS RECÁMARA 3    | 17                            | APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR | 17                            | BARANDALES                   | 17                            | DUELA LAMINADA EN PA         |
| 18                            | APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR | 18                            | BOQUILLAS RECÁMARA 1         | 18                            | PISO                         | 18                            | AZULEJOS EN PB               |
| 19                            | BOQUILLAS RECÁMARA 1         | 19                            | BOQUILLAS RECÁMARA 2         | 19                            | DUELA LAMINADA EN PA         | 19                            | AZULEJOS EN PA               |
| 20                            | BOQUILLAS RECÁMARA 2         | 20                            | BOQUILLAS RECÁMARA 3         | 20                            | AZULEJOS EN PB               | 20                            | AZULEJO EN FACHADA           |
| 21                            | BOQUILLAS RECÁMARA 3         | 21                            | BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       | 21                            | AZULEJOS EN PA               | 21                            | IMPERMEABILIZANTE            |
| 22                            | BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       | 22                            | PUERTA DE INGRESO            | 22                            | AZULEJO EN FACHADA           | 22                            | HORMIGÓN EN CHOCHERA         |
| 23                            | PUERTA DE INGRESO            | 23                            | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 23                            | IMPERMEABILIZANTE            | 23                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    |
| 24                            | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN | 24                            | MUEBLES DE BAÑO              | 24                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 24                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  |
| 25                            | MUEBLES DE BAÑO              | 25                            | COCINA                       | 25                            | HUELLAS EN COCHERA           | 25                            | JARDINERÍA                   |
| 26                            | COCINA                       | 26                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 26                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 26                            | MÁRMOL EN BAÑOS              |
| 27                            | CLOSETS Y VESTIDORES         | 27                            | DOMOS                        | 27                            | JARDINERÍA                   | 27                            | GRANITO EN COCINA            |
| 28                            | DOMOS                        | 28                            | VENTANAS                     | 28                            | MÁRMOL EN BAÑOS              | 28                            | PRIMERA MANO INTERIOR        |
| 29                            | VENTANAS                     | 29                            | CANCELERÍA                   | 29                            | GRANITO EN COCINA            | 29                            | DETALLADO INTERIOR           |
| 30                            | CANCELERÍA                   | 30                            | BARANDALES                   | 30                            | PRIMERA MANO INTERIOR        | 30                            | DETALLADO EXTERIOR           |
| 31                            | BARANDALES                   | 31                            | PISO                         | 31                            | DETALLADO INTERIOR           |                               |                              |
| 32                            | PISO                         | 32                            | AZULEJOS EN PB               | 32                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        |                               |                              |
| 33                            | AZULEJOS EN PB               | 33                            | AZULEJOS EN PA               | 33                            | DETALLADO EXTERIOR           |                               |                              |
| 34                            | AZULEJOS EN PA               | 34                            | AZULEJO EN FACHADA           |                               |                              |                               |                              |
| 35                            | AZULEJO EN FACHADA           | 35                            | IMPERMEABILIZANTE            |                               |                              |                               |                              |
| 36                            | LECHADA                      | 36                            | HORMIGÓN EN CHOCHERA         |                               |                              |                               |                              |
| 37                            | IMPERMEABILIZANTE            | 37                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    |                               |                              |                               |                              |
| 38                            | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 38                            | HUELLAS EN COCHERA           |                               |                              |                               |                              |
| 39                            | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 39                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  |                               |                              |                               |                              |
| 40                            | HUELLAS EN COCHERA           | 40                            | JARDINERÍA                   |                               |                              |                               |                              |
| 41                            | HORMIGÓN EN PATIO            | 41                            | PRIMERA MANO INTERIOR        |                               |                              |                               |                              |
| 42                            | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 42                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        |                               |                              |                               |                              |
| 43                            | JARDINERÍA                   | 43                            | DETALLADO EXTERIOR           |                               |                              |                               |                              |
| 44                            | PRIMERA MANO INTERIOR        |                               |                              |                               |                              |                               |                              |
| 45                            | PRIMERA MANO EXTERIOR        |                               |                              |                               |                              |                               |                              |
| 46                            | DETALLADO EXTERIOR           |                               |                              |                               |                              |                               |                              |

### Modelo de último planificador modificado, semana 1, semana 2 y semana 3&4

Aplicando la fórmula de ritmo de producción del método de líneas de balance o de planeación vertical, considerando que se desea terminar en un excedente máximo de 8 semanas del programa inicial, obtenemos un ritmo de producción necesario de 39 actividades por semana.

Para poder llevar acabo lo anterior se utiliza un modelo de último planificador modificado; en el cual se considera un sobre-volumen de un 15% con el fin de garantizar la entrega a tiempo y absorber las variaciones de productividad que se han presentado a lo largo de la obra; es decir, el ritmo de producción ascenderá a 45 actividades a realizar por semana en lugar de la 39 arrojadas por la fórmula.

Esto genera la siguiente propuesta de 4 semanas a planificar (tabla 4.3), mostrando inicialmente la semana 1, 2, 3 y 4, estas últimas en conjunto, para poder tener un control a corto plazo y mediano plazo de nuestra planeación.

Tabla 4.3 LPS modificado en semana 1, semana 2, semanas 3y4

| TAREAS PROGRAMADAS SEMANA 01 |          |                              | TAREAS PROGRAMADAS SEMANA 02 |          |                              | TAREAS PROGRAMADAS SEMANA 03 Y 04 |          |                                   |
|------------------------------|----------|------------------------------|------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|
| No.                          | VIVIENDA | TAREA                        | No.                          | VIVIENDA | TAREA                        | No.                               | VIVIENDA | TAREA                             |
| 1                            | 1        | PISO                         | 1                            | 1        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 1                                 | 1        | PUERTA DE INGRESO                 |
| 2                            | 1        | AZULEJOS EN PB               | 2                            | 1        | HUELLAS EN COCHERA           | 2                                 | 1        | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN      |
| 3                            | 1        | IMPERMEABILIZANTE            | 3                            | 2        | AZULEJOS EN PB               | 3                                 | 1        | COCINA                            |
| 4                            | 2        | IMPERMEABILIZANTE            | 4                            | 2        | AZULEJOS EN PA               | 4                                 | 1        | DOMOS                             |
| 5                            | 2        | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 5                            | 2        | AZULEJO EN FACHADA           | 5                                 | 1        | VENTANAS                          |
| 6                            | 3        | IMPERMEABILIZANTE            | 6                            | 2        | HUELLAS EN COCHERA           | 6                                 | 1        | CANCELERÍA                        |
| 7                            | 3        | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 7                            | 3        | APLANADO MUROS COCINA        | 7                                 | 1        | BARANDALES                        |
| 8                            | 3        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 8                            | 3        | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR | 8                                 | 1        | JARDINERÍA                        |
| 9                            | 4        | HORMIGÓN PB                  | 9                            | 3        | BOQUILLAS PB                 | 9                                 | 1        | PRIMERA MANO INTERIOR             |
| 10                           | 4        | BANQUETÓN COCINA             | 10                           | 3        | APLANADO CIELO COCINA        | 10                                | 2        | PUERTA DE INGRESO                 |
| 11                           | 4        | APLANADO CIELO RECÁMARA 1    | 11                           | 3        | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  | 11                                | 2        | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN      |
| 12                           | 4        | APLANADO CIELO RECÁMARA 2    | 12                           | 3        | AZULEJO EN FACHADA           | 12                                | 2        | COCINA                            |
| 13                           | 4        | APLANADO CIELO RECÁMARA 3    | 13                           | 3        | HUELLAS EN COCHERA           | 13                                | 2        | DOMOS                             |
| 14                           | 4        | APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  | 14                           | 3        | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 14                                | 2        | VENTANAS                          |
| 15                           | 4        | APLANADO MUROS RECÁMARA 1    | 15                           | 4        | APLANADO CIELO COCINA        | 15                                | 2        | CANCELERÍA                        |
| 16                           | 4        | APLANADO MUROS RECÁMARA 2    | 16                           | 4        | APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  | 16                                | 2        | BARANDALES                        |
| 17                           | 4        | APLANADO MUROS RECÁMARA 3    | 17                           | 4        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 17                                | 2        | PISO                              |
| 18                           | 4        | APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR | 18                           | 5        | HORMIGÓN PB                  | 18                                | 2        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA         |
| 19                           | 4        | BOQUILLAS RECÁMARA 1         | 19                           | 5        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 19                                | 2        | PRIMERA MANO INTERIOR             |
| 20                           | 4        | BOQUILLAS RECÁMARA 2         | 20                           | 5        | HUELLAS EN COCHERA           | 20                                | 3        | PUERTA DE INGRESO                 |
| 21                           | 4        | BOQUILLAS RECÁMARA 3         | 21                           | 6        | APLANADO CIELO RECÁMARA 1    | 21                                | 3        | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN      |
| 22                           | 4        | BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       | 22                           | 6        | APLANADO CIELO RECÁMARA 2    | 22                                | 3        | COCINA                            |
| 23                           | 4        | IMPERMEABILIZANTE            | 23                           | 6        | APLANADO CIELO RECÁMARA 3    | 23                                | 3        | DOMOS                             |
| 24                           | 4        | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 24                           | 6        | APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  | 24                                | 3        | VENTANAS                          |
| 25                           | 5        | HORMIGÓN PA                  | 25                           | 6        | APLANADO MUROS RECÁMARA 1    | 25                                | 3        | CANCELERÍA                        |
| 26                           | 5        | BANQUETÓN COCINA             | 26                           | 6        | APLANADO MUROS RECÁMARA 2    | 26                                | 3        | PISO                              |
| 27                           | 5        | LECHADA                      | 27                           | 6        | APLANADO MUROS RECÁMARA 3    | 27                                | 3        | AZULEJOS EN PB                    |
| 28                           | 5        | IMPERMEABILIZANTE            | 28                           | 6        | APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR | 28                                | 3        | AZULEJOS EN PA                    |
| 29                           | 5        | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 29                           | 6        | BOQUILLAS RECÁMARA 1         | 29                                | 3        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA         |
| 30                           | 5        | HORMIGÓN EN PATIO            | 30                           | 6        | BOQUILLAS RECÁMARA 2         | 30                                | 4        | APLANADO MUROS COCINA             |
| 31                           | 5        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 31                           | 6        | BOQUILLAS RECÁMARA 3         | 31                                | 4        | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR      |
| 32                           | 6        | BANQUETÓN COCINA             | 32                           | 6        | BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       | 32                                | 4        | BOQUILLAS PB                      |
| 33                           | 6        | AZULEJOS EN PA               | 33                           | 6        | AZULEJOS EN PB               | 33                                | 4        | PUERTA DE INGRESO                 |
| 34                           | 6        | IMPERMEABILIZANTE            | 34                           | 6        | AZULEJO EN FACHADA           | 34                                | 4        | PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN      |
| 35                           | 6        | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 35                           | 6        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 35                                | 4        | DOMOS                             |
| 36                           | 6        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 36                           | 6        | HUELLAS EN COCHERA           | 36                                | 4        | AZULEJOS EN PB                    |
| 37                           | 7        | BANQUETÓN COCINA             | 37                           | 6        | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 37                                | 4        | AZULEJOS EN PA                    |
| 38                           | 7        | IMPERMEABILIZANTE            | 38                           | 7        | AZULEJOS EN PB               | 38                                | 4        | AZULEJO EN FACHADA                |
| 39                           | 7        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 39                           | 7        | AZULEJOS EN PA               | 39                                | 4        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA         |
| 40                           | 8        | AZULEJOS EN PB               | 40                           | 7        | AZULEJO EN FACHADA           | 40                                | 4        | HUELLAS EN COCHERA                |
| 41                           | 8        | AZULEJOS EN PA               | 41                           | 7        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 41                                | 4        | PRIMERA MANO EXTERIOR             |
| 42                           | 8        | AZULEJO EN FACHADA           | 42                           | 7        | HUELLAS EN COCHERA           | 42                                | 5        | APLANADO MUROS COCINA             |
| 43                           | 8        | IMPERMEABILIZANTE            | 43                           | 7        | PRIMERA MANO EXTERIOR        | 43                                | 5        | APLANADOS MUROS SALA COMEDOR      |
| 44                           | 8        | HORMIGÓN EN CHOCHERA         | 44                           | 8        | PISO                         | 44                                | 5        | BOQUILLAS PB                      |
| 45                           | 8        | CONCRETO ESTAMPADO EN PATIO  | 45                           | 8        | TERMINADO GRAVILLA LAVADA    | 45                                | 5        | APLANADO CIELO COCINA             |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 46 5 APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 47 5 APLANADO CIELO RECÁMARA 1    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 48 5 APLANADO CIELO RECÁMARA 2    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 49 5 APLANADO CIELO RECÁMARA 3    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 50 5 APLANADO CIELO DISTRIBUIDOR  |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 51 5 APLANADO MUROS RECÁMARA 1    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 52 5 APLANADO MUROS RECÁMARA 2    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 53 5 APLANADO MUROS RECÁMARA 3    |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 54 5 APLANADOS MUROS DISTRIBUIDOR |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 55 5 BOQUILLAS RECÁMARA 1         |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 56 5 BOQUILLAS RECÁMARA 2         |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 57 5 BOQUILLAS RECÁMARA 3         |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 58 5 BOQUILLAS DISTRIBUIDOR       |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 59 5 PUERTA DE INGRESO            |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 60 5 PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 61 5 DOMOS                        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 62 5 AZULEJOS EN PB               |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 63 5 AZULEJOS EN PA               |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 64 5 AZULEJO EN FACHADA           |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 65 5 PRIMERA MANO EXTERIOR        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 66 6 APLANADO MUROS COCINA        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 67 6 APLANADOS MUROS SALA COMEDOR |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 68 6 BOQUILLAS PB                 |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 69 6 APLANADO CIELO COCINA        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 70 6 APLANADO CIELO SALA-COMEDOR  |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 71 6 PUERTA DE INGRESO            |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 72 6 PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 73 6 COCINA                       |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 74 6 DOMOS                        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 75 6 CANCELERÍA                   |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 76 7 PUERTA DE INGRESO            |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 77 7 COCINA                       |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 78 7 DOMOS                        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 79 7 VENTANAS                     |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 80 7 CANCELERÍA                   |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 81 7 BARANDALES                   |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 82 7 PISO                         |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 83 7 PRIMERA MANO INTERIOR        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 84 8 PUERTA DE INGRESO            |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 85 8 PUERTAS DE INTERCOMUNICACIÓN |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 86 8 COCINA                       |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 87 8 DOMOS                        |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 88 8 CANCELERÍA                   |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 89 8 BARANDALES                   |
|                              |          |                              |                              |          |                              |                                   |          | 90 8 PRIMERA MANO INTERIOR        |

Con lo anterior se lograría priorizar las actividades y con ello garantizar su ejecución en el tiempo excedente permitido de ocho semanas. La planeación deberá realizarse semana a semana garantizando siempre el cumplimiento de las 45 actividades anteriormente estipuladas. La semana 3 y 4 permiten un desempeño más flexible que dependerá de los avances ejecutados en las semanas 1 y 2.

### 4.3. Observaciones y Comentarios

Con el análisis anterior se puede observar que la mayoría de los constructores no se percatan del origen de los errores en las obras; ya que emplean soluciones en la ejecución de obra en lugar de aplicarlas en la gestión de ellas, que es el área que representa más atrasos. Además, se presentó que, la mayoría de las veces, los encuestados deciden aplicar las acciones en la mano de obra, cuando los proveedores resultan ser la principal causa de los retrasos.

Los retrasos y la evaluación de control, con los modelos propuestos, permiten un seguimiento de una forma ágil, sólo requiere la revisión en campo de los avances, y la coordinación con los mandos intermedios de la obra, ayudando a la planeación semana a semana y a educar a la mano de obra para poder cumplir con los objetivos planteados desde el inicio, comprometiendo las actividades y revisando los frentes de trabajo. El estudio de mercado del conocimiento de la industria de la construcción da la oportunidad de que se puedan utilizar herramientas como el método propuesto de control de obra. La industria los requiere y necesita para poder mejorar su eficiencia y poder garantizar las entregas de los proyectos.

## **5. CONCLUSIONES**

### **5.1. Introducción**

Este capítulo habla sobre las conclusiones encontradas a lo largo de la tesis. Pretende dar respuesta a la hipótesis inicial y verificar el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados en un inicio, además se pretende dar recomendaciones para que el modelo propuesto se pueda desempeñar de una mejor manera en los proyectos de construcción, tratando de garantizar siempre el cumplimiento de la hipótesis. Finalmente, se esbozan algunas líneas de investigación afines que puedan enriquecer la investigación elaborada en la presente tesis.

### **5.2. Conclusiones**

La primera conclusión que arroja la elaboración de la tesis tiene que ver con el análisis de la encuesta realizada. Es evidente que los constructores del sector vivienda presentan retrasos, en muchos casos, a lo largo de las obras realizadas; además, ejecutan medidas correctivas sobre todo en el área operativa de la construcción; sin embargo, se hace notar claramente que los principales problemas que se presentan en la obra se dan debido a fallas en el área de gestión o administración del proyecto. Estas observaciones hacen notar que las inversiones, tanto de recursos humanos, monetarios o de cualquier índole, empleadas para la mitigación de los retrasos, no tienden a ser totalmente efectivas ya que no combaten las causa de ellos, sino las consecuencias.

Claramente los proveedores son la causa principal de los retrasos en obra, según los encuestados, lo que significa que el área de compras en estos despachos no suelen ser eficientes o los requerimientos de obra no llegan a tiempo; ambas observaciones nos hablan de una deficiencia en la planificación de los recursos; probablemente debido a que el método de planeación más típico que se utiliza es el diagrama de Gantt, el cual se caracteriza por ser muy general y no proveer de suficiente información de las tareas a realizar a los constructores. Este método de análisis es útil para la programación de hitos y el seguimiento a nivel gerencial pero no operacional; por esto, la implementación de un modelo de último planificador modificado (modelo propuesto), en el que las tareas se desglosan minuciosamente semana a semana, permite la planificación anticipada de los recursos.

El análisis de la obra estudiada nos dice que se mantuvo un ritmo de producción mucho más bajo de lo requerido, esto debido esencialmente al desconocimiento de los porcentajes de actividades completadas comparadas con la planificadas, el criterio empírico del constructor no era suficiente para visualizar el nivel de retraso que la obra llevaba sólo teniendo en mente las partidas más generales. Se observa que en cuanto se emplea el modelo propuesto y los resultados son mostrados al equipo administrativo de la obra, la productividad en general aumenta debido a la visualización del retraso general por medio de la gráfica de la curva "S".

Por lo anterior se puede decir que la hipótesis del capítulo 1 enunciada de la siguiente manera: ***"UN CONTROL SEMANAL, GENERA LA POSIBILIDAD DE ENTREGAR A TIEMPO LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN"***, resulta VERDADERA. Además, el objetivo general planteado como: Comprobar la necesidad de la utilización de métodos de control constantes para lograr tener una planificación confiable, se logró satisfactoriamente; de igual manera los objetivos específicos propuestos inicialmente se cumplen

### 5.3. Recomendaciones

La principal recomendación sobre el modelo propuesto es su aplicación al inicio de la obra, con el fin de tener el tiempo suficiente para corregir los retrasos. Además, desmenuzar el proyecto en tareas simples, posibles de ejecutar a lo largo de una semana; si existen partidas muy extensas, debieran dividirse por secciones o áreas de acción.

El control deberá realizarse estrictamente en periodos de tiempo semanales con el fin de controlar la obra de una manera óptima.

El conocimiento del porcentaje de cumplimiento de las tareas por parte de los contratistas puede resultar útil para que ellos decidan incrementarlo mejorando la productividad general de la obra.

### 5.4. Futuras Investigaciones Afines

Las futuras líneas de investigación que se proponen son las siguientes:

- Implementar el modelo propuesto en un proyecto complejo.
- Implementarlo en una vivienda y compararlo con el desempeño de una obra controlada con métodos tradicionales.
- Desarrollo de métodos de control para administración de recursos (materiales), con el objetivo de garantizar su entrega a tiempo y no afectar la programación inicial de la obra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja, H. N., Dozzi, S. P., & Abourizk, S. M. (1994). *Project Management. Techniques in Planning and Controlling Construction Projects*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). What kind of production is construction? *Proceedings IGLC*.
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System Of Production Control*. Birmingham: The University of Birmingham.
- Barry, D. (2009). *Beware the dark Arts! Delay analysis and the problems with reliance on technology*. Londres: Society of Construction Law.
- Braimah, N. (2013). Construction Delay Analysis Techniques. *buildings*, 506-531.
- CPM Tutor. (16 de 3 de 2016). *A Practical Guide Construction Schedule*. Obtenido de A Practical Guide Construction Schedule: <http://www.cpmtutor.com/c02/lineofbalance.html>
- Gantt, H. L. (1919). *Work, Wages, and Profits*. New York: Engineering Magazine.
- Hendrickson, C. (03 de marzo de 2016). *Project Management for Construction*. Obtenido de Project Management for Construction: [http://pmbook.ce.cmu.edu/09\\_Construction\\_Planning.html](http://pmbook.ce.cmu.edu/09_Construction_Planning.html)
- Henrich, G., Tilley, P., & Koskela, L. (2005). Context of production control in construction. *IGLC-13* (págs. 189-197). Sydney: 13 International Group for Lean Construction Conference Proceedings.
- Henrich, G., Tilley, P., & Koskela, L. (2005). Context of production control in construction. *Production Planning and Control*, 189-198.
- Herrera, M. (01 de 2011). *Formula para Cálculo de la Muestra Poblaciones Finitas*. Recuperado el 27 de 10 de 2017, de Hospital Roosevelt: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- Institute for Technology and Management in Construction. (05 de 05 de 2016). *Implementation of Lean Management to the Decommissioning of Nuclear*

*Facilities*. Obtenido de Karlsruhe Institute of Technology:  
[https://www.tmb.kit.edu/english/Forschung\\_1623.php](https://www.tmb.kit.edu/english/Forschung_1623.php)

Lean Construction. (16 de 3 de 2016). *Last Planner*. Obtenido de Lean Construction Institute: <http://www.leanconstruction.org/training/the-last-planner/>

Mercier, A. G., & Nunnally, R. S. (1965). *The critical path method: its fundamentals*. Montorey: United States Naval Postgraduate School.

Mohammed, A. A. (2013). LOB and CPM Integrated Method for Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 44-51.

Wideman, M. (02 de 03 de 2016). *Project Management Wisdom*. Obtenido de Project Management Wisdom: <http://www.maxwideman.com/guests/s-curve/using.htm>