

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE GESTIÓN DE OBRAS BASADO EN EL ESTUDIO
DE PRODUCTIVIDADES DE DOS PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA CIVIL

Presentada por:

Yimabel Jacqueline Cevallos Sacón

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

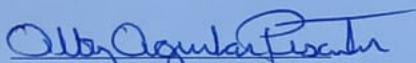
AGRADECIMIENTO

A quienes de una u otra forma me apoyaron
en esta ardua labor.

DEDICATORIA

A esa persona a quien siempre consideré un maestro de vida, con quien siempre pude contar en cada momento difícil.

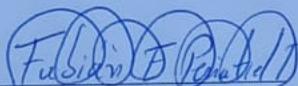
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Alby Aguilar
PRESIDENTA



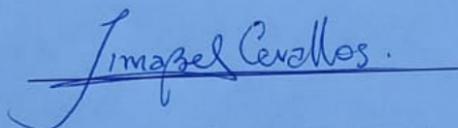
Ph.D. Carlos Rodríguez
DIRECTOR DE TESIS



M.Sc. Fabián Peñafiel
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

A handwritten signature in dark ink, reading "Yimabel Cevallos", is written over a horizontal line. The signature is fluid and cursive.

Yimabel Jacqueline Cevallos Sacón

RESUMEN

Gran parte de los proyectos de construcción que se desarrollan en el país dependen de un flujo de caja inestable, principal motivo para reducción de las productividades que se manejan en cada obra, es por ello que el presente proyecto plantea la implementación de un modelo de gestión que considere no solo el efecto de la variabilidad económica sino también la optimización de recursos a través de la implementación de un software que permita controlar las productividades de cada actividad, para luego someterlas a un análisis estadístico y de este modo determinar si Existen o No diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos, si existen retrasos en la planificación, a qué se deben dichos retrasos, y poder tomar medidas oportunas para reducir los efectos negativos sobre las productividades.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| RESUMEN..... | VI |
| ÍNDICE GENERAL..... | VII |
| ABREVIATURAS | X |
| SIMBOLOGÍA | XI |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | XII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XVI |
| INTRODUCCIÓN..... | XVII |
| | |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| | |
| 1.1. Justificación..... | 2 |
| 1.2. Objetivos | 3 |
| 1.2.1. Objetivo General | 3 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 3 |
| | |
| 2. BASES PARA LA GESTIÓN DE OBRAS (EPCM). | 5 |
| | |
| 2.1. Ingeniería Del Proyecto (Engineering) | 6 |
| 2.1.1. Enfoque del Proyecto..... | 7 |
| 2.1.2. Estudio de Licitación y Pliegos..... | 7 |
| 2.1.3. Estudio de Detalles y Especificaciones Técnicas | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.2. Adquisiciones (Procurement) | 9 |
| 2.2.1. Gestión de Compras | 9 |
| 2.2.2. Análisis del Mercado | 10 |
| 2.2.3. Gestión de Subcontratos..... | 12 |
| 2.3. Construcción | 12 |
| 2.3.1. Especificaciones Técnicas | 13 |
| 2.3.2. Presupuestos Referenciales | 13 |
| 2.3.3. Proveedores..... | 14 |
| 2.3.4. Fiscalización | 14 |
| 2.3.5. Imprevistos..... | 15 |
| 2.3.6. Multas | 15 |
| 2.4. Gestión de Proyectos (Management)..... | 16 |
| 2.4.1. Análisis de Costos | 16 |
| 2.4.2. Programación de Obra..... | 24 |
| 2.5. Análisis del Valor Ganado | 51 |
| | |
| 3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD | 53 |
| | |
| 3.1. Percepción de la Industria | 53 |
| 3.2. Factores que afectan la productividad..... | 76 |
| | |
| 4. PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN | 82 |
| | |
| 4.1. Metodología..... | 82 |
| 4.2. Desarrollo del Marco de Gestión..... | 84 |

| | |
|---|-----|
| 5. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO..... | 108 |
| 5.1.Descripción del proyecto | 108 |
| 5.2.Definición de Constructo (modelo estadístico) | 110 |
| 5.3.Análisis de resultados | 115 |
| 6. Conclusiones y Recomendaciones..... | 127 |
| 6.1.Conclusiones..... | 127 |
| 6.2.Recomendaciones..... | 129 |

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ABREVIATURAS

| | |
|--------|--|
| BIESS | Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social |
| CRISP | Construction and City Related Sustainability Indicator |
| IAE | Indicadores de actividad económica |
| IESS | Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social |
| IGM | Instituto geográfico Militar |
| INEC | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| IPC | Índice de Precios al Consumidor |
| IPCO | Índices de Precios de Construcción |
| MIMG | Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil |
| RO | Registro Oficial |
| SERCOP | Servicio Nacional de Compras Públicas |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-------------------|----------------------------|
| °C | Grados centígrados |
| g/cm ³ | Gramos/centímetros cúbicos |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1.- Costos Directos de Obra Civil | 17 |
| Ilustración 2.- Costos Indirectos de Obra Civil | 19 |
| Ilustración 3.- Esquema de una EDT | 26 |
| Ilustración 4.- Diagrama de Gantt de un proyecto..... | 32 |
| Ilustración 5.- Diagrama de Curva “S” de un proyecto | 33 |
| Ilustración 6.- Curva de Comparación de Avance de Proyecto..... | 34 |
| Ilustración 7.- Curva S para Secuencia de Actividades | 35 |
| Ilustración 8.- Interacción entre Curvas de Actividades | 36 |
| Ilustración 9.- Esquema de Cajetín de actividades para Diagrama de Precedencias | 37 |
| Ilustración 10.- Proceso para elaboración de Diagrama de Precedencias | 37 |
| Ilustración 11.- Proceso para elaboración de Diagrama de Precedencias | 38 |
| Ilustración 12.- Diagrama de Precedencias | 40 |
| Ilustración 13.- Ejemplo de Método de la Ruta Crítica en Diagrama de Precedencias | 45 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 14.- Contexto de la Gerencia de proyectos | 49 |
| Ilustración 15.- Cargo de entrevistados en distintas empresas..... | 54 |
| Ilustración 16.- Numero de Proyectos en que han participado | 55 |
| Ilustración 17.- Número de Proyectos en que han participado | 55 |
| Ilustración 18.- Tipo de Proyectos en que han participado | 56 |
| Ilustración 19.- Monto de Proyectos en que han participado | 56 |
| Ilustración 20.- Sede de Proyectos en que han participado..... | 57 |
| Ilustración 21.- Afectación a la productividad debido a un control según un cronograma de actividades | 58 |
| Ilustración 22.- Afectación a la productividad debido a un Avance en función de un Cronograma Valorado | 58 |
| Ilustración 23.- Afectación a la productividad según una programación oportuna de actividades | 59 |
| Ilustración 24.- Afectación a la productividad según un control en la adquisición/almacenamiento de materiales | 60 |
| Ilustración 25.- Afectación a la productividad según un control de la valoración de las productividades | 60 |
| Ilustración 26.- Afectación a la productividad según un control del presupuesto interno | 61 |
| Ilustración 27.- Afectación a la productividad según un control en la asignación de horas/hombre de trabajo..... | 62 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 28.- Afectación a la productividad según un control en la asignación de horas/máquina de trabajo | 63 |
| Ilustración 29.- Afectación a la productividad según un control en la actualización de la ruta crítica | 63 |
| Ilustración 30.- Afectación a la productividad debido al uso de personal técnico calificado..... | 64 |
| Ilustración 31.- Afectación a la productividad debido al uso de mano de obra calificada..... | 65 |
| Ilustración 32.- Afectación a la productividad debido a la inversión en capacitaciones y cursos | 65 |
| Ilustración 33.- Afectación a la productividad debido a la comunicación con comunidades aledañas al sitio de obra | 66 |
| Ilustración 34.- Afectación a la productividad debido a la comunicación con comunidades aledañas al sitio de obra | 67 |
| Ilustración 35.- Afectación a la productividad debido al robo/contrabando, venta ilegal de productos | 67 |
| Ilustración 36.- Afectación a la productividad debido a la rotación de los horarios del personal..... | 68 |
| Ilustración 37.- Afectación a la productividad debido a la paga puntual a obreros y proveedores. | 69 |
| Ilustración 38.- Afectación a la productividad debido factores sociales . | 69 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 39.- a), b), c) Opinión personal sobre la afectación de las productividades..... | 71 |
| Ilustración 40.- Frecuencia de Resultados: Factores que Afectan a la Productividad (%)..... | 80 |
| Ilustración 41.- Frecuencia de Resultados: Factores que Afectan a la Productividad (Cantidad de Respuestas)..... | 81 |
| Ilustración 42.- Secuencia de Fases Típicas del Ciclo de Vida de un Proyecto..... | 82 |
| Ilustración 43.- Fase Inicial - Ciclo de Vida de un Proyecto..... | 83 |
| Ilustración 44.- Problemas en las Construcciones: Causas y Efectos ... | 88 |
| Ilustración 45.- Objetivos para una Correcta Ejecución | 88 |
| Ilustración 46.- Agrupación de Rubros..... | 93 |
| Ilustración 47.- Software de Control para Productividades | 104 |
| Ilustración 48.- Control de costos..... | 107 |
| Ilustración 49.- Gráfica Rendimiento Planificado vs. Real (caso hipotético) | 111 |
| Ilustración 50.- Red causal entre actividades | 113 |
| Ilustración 51.- Gráfica de Relaciones entre Actividades (MATLAB) ... | 121 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla I.- Datos para comparación de Avance de Proyecto | 34 |
| Tabla II.- Curva Normal Estándar | 43 |
| Tabla III.- Involucrados en el Proyecto..... | 87 |
| Tabla IV.- Matriz de Marco Lógico | 90 |
| Tabla V.- Cuadro de Cantidades: Actual - Presupuesto | 94 |
| Tabla VI.- Cuadro de Horas de Trabajo: Actual - Presupuesto | 95 |
| Tabla VII.- Cuadro de Productividad por actividad: Actual – Presupuesto | 96 |
| Tabla VIII.- Desvíos y Porcentajes de Avance Real vs. Actual | 97 |
| Tabla IX.- Control de Horas Laboradas vs. Unidades Producidas | 99 |

INTRODUCCIÓN

Todo proyecto, los de construcción en este caso de estudio, requieren llevar un correcto control en su avance, dicho control no sería posible si no se hubiera realizado antes una adecuada planificación del proyecto, esto se logra cuando el equipo de programadores o proyectistas de obra, pueden dar solución a unas cuantas interrogantes que se plantean al inicio, que implican el cuestionamiento del costo, tiempo, alcance y calidad del proyecto, ¿quiénes y cómo lo llevarán a cabo? entre otras.

Según (Arboleda Vélez, 2013), como respuesta a estas y algunas otras interrogantes que puedan surgir en el camino, planificar un proyecto de manera eficiente, implica el desarrollo de las siguientes actividades:

1. Enunciado del trabajo
2. Recopilar los requisitos
3. Definir el alcance
4. Crear la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

5. Definir la duración de cada actividad
6. Diagrama de precedencias
7. Programación con Diagrama de Pert y Gantt
8. Organización para la ejecución del proyecto
 - a. Organigrama de actividades
 - b. Descripción de cargos y asignación de responsabilidades
 - c. Asignación de personal y recursos
9. Matriz de Riesgos
10. Análisis de Costos

Lo antes descrito, da como resultado lo que se conoce como un “Sistema de Información de Gerencia de Proyectos” (SIGP) que se podrá controlar de mejor manera, con la ayuda de instrumentos computacionales como los de Microsoft Project, Planner o el que se propone en el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO 1

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según experiencia de contratistas (Haggag, 2006), los principales problemas en las obras de construcción son generados por un control inadecuado en el avance de los proyectos, uno de los factores que más afectan, es que dicho avance se mide en función de un cronograma valorado, lo cual no representa la realidad en algunos casos, pues se debería considerar el avance físico, y el avance en horas / hombre de trabajo que requiere cada actividad.

Factores como la mala programación de actividades, falta de control en la adquisición de materiales o variación en las productividades, sumados a un pobre control del cronograma de actividades y del presupuesto, mala imputación de horas de trabajo, o el simple hecho de no actualizar la ruta crítica, se ven reflejados en un incremento de días, es decir un retraso de actividades, al final del cronograma.

Existen otros factores que pudieren generar bajas productividades, mano de obra poco o nada calificada, mano de obra calificada pero con bajo rendimiento personal, poca inversión en capacitaciones y cursos para el personal, no solucionar oportunamente problemas con las comunidades aledañas al sitio de obra, no ubicar canteras cercanas al sitio de obra, el robo / contrabando, venta ilegal de productos, el corte de vías, el tipo de transporte, las rotaciones del personal, o la paga impuntual tanto a obreros como a proveedores, además de factores sociales relacionados al alcohol o las drogas son comunes en nuestro medio.

1.1 Justificación

El presente trabajo de investigación tiene como premisa analizar los factores que afectan a las productividades en distintos proyectos de construcción han desarrollado en el país, a través de un proceso investigativo que incluye la realización de entrevistas y encuestas a varias de las principales empresas constructoras que laboran en las distintas regiones del mismo, así como el análisis bibliográfico de literatura relacionada al tema de las productividades, con ello se busca determinar los principales factores que afectan a los rendimientos de cada actividad, para brindar una propuesta de solución a dichos factores, o con la implementación de un sistema de gestión que regule

o mitigue a menos las deficiencias que puedan presentarse; todo esto considerando la falta de un buen sistema de manejo de proyectos en el país, y que muchas de las principales empresas están intentando cambiar pues empiezan a notar que las millonarias pérdidas de la industria, pueden ser aplacadas con cambios simples en su metodología de construcción o planificación.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Implementar un Sistema de Gestión de Obras basado en el análisis de productividades, capaz de reducir los retrasos durante el avance de las mismas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar dos proyectos de construcción de similares características y determinar las posibles causas en la diferencia de productividades.
- Estudiar la forma de implementar una adecuada programación de obra que considere el control diario, semanal, mensual y anual de un

proyecto de construcción además de factores que incidan en el retraso de la misma.

- Identificar los factores que pudieren afectar la productividad de una obra.
- Proponer posibles soluciones a los problemas que generan retrasos en los proyectos de construcción.

CAPÍTULO 2

2 BASES PARA LA GESTIÓN DE OBRAS (EPCM).

Por mucho tiempo, para proyectos de construcción que necesitaran grandes inversiones o financiamiento de entidades bancarias, se consideró que requerían contratos a precio fijo, o EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción, por sus siglas en inglés). Contratos que brindaban un nivel de certidumbre en cuanto a tiempo y costos que requerían. (Donoso, 2011)

En un contrato EPC, la contratista construye y desarrolla la ingeniería de detalles y ejecuta las adquisiciones.

Pese a ser un mecanismo considerado eficiente, en la actualidad se ha modificado la opción de un contrato EPC por otro tipo de contrato a costos reembolsables (precio inicial más un componente de premio/castigo). Pese a

que esta forma de contratación no es poco común en distintos sectores comerciales del país, la implementación de los contratos EPCM (Ingeniería, Adquisiciones, Construcción y Gestión) se ha vuelto más frecuente en proyectos de construcción.

El concepto de EPCM tiene un significado nuevo para la industria de la construcción, diferente en cierto modo del de EPC. Ocurre una confusión al interpretar el significado de las siglas, pues si bien es cierto, la "C" en "EPCM" representa "construcción", se orienta al contexto de "CM", (Construction Management), Gestión de la Construcción.

En un contrato EPCM, la contratista no es la encargada de la construcción, sino que se convierte en el Agente o Representante del Propietario, creando relaciones contractuales directas con los proveedores o subcontratistas.

2.1 Ingeniería Del Proyecto (Engineering)

Contar con un equipo de diseñadores con experiencia, analizar los requerimientos del proyecto, y prever posibles inconvenientes que pudieren ocurrir durante el proceso de construcción o adquisición de materiales, es de vital importancia para el correcto desempeño de las actividades a realizarse.

Esto se logra con un estudio minucioso que va desde los detalles de los pliegos de la licitación, análisis de las especificaciones técnicas y valoración de planos, y no simplemente con una comparación cualitativa, que es lo que se practica comúnmente, por la que es frecuente encontrar el mismo tipo de errores en obras de cierto parecido.

La forma correcta sería evaluando los siguientes parámetros:

2.1.1 Enfoque del Proyecto

Definir el tipo de proyecto en que se trabajara, es decir, el área al cual está dirigido, el alcance del mismo, y las ramas de ingeniería que estarán involucradas en el proceso de construcción, de este modo se lograra tener una idea más clara de lo que se necesitara priorizar durante la evaluación de la licitación.

2.1.2 Estudio de Licitación y Pliegos

Luego de revisar que la documentación necesaria para poder participar en un proceso de licitación este en regla, y registrados los respectivos códigos en el RUP (Registro Único de Proveedores), una vez recibida la invitación a concurso, o revisado la licitación de interés en el portal de la SERCOP (Servicio Nacional de Compras Públicas), se procede a armar los pliegos,

procurando revisar la experiencia de la constructora/consultora, que cada elemento del cuerpo de ingenieros este calificado para el cargo que se lo considere, cubrir las demandas de equipo mínimo, en caso de no poseerlos, analizar la posibilidad de adquirirlo o gestionar cartas de compromiso de alquiler o compromiso profesional, verificar el patrimonio mínimo, entre otros parámetros que se establecerán en el respectivo concurso.

Este “check list” servirá para evitar inconvenientes durante la licitación, y decidir si será conveniente o no participar en la misma, adquirir o no un riesgo de inversión para la compañía.

2.1.3 Estudio de Detalles y Especificaciones Técnicas

Para la realización de los APU's (Análisis de Precios Unitarios) que conformaran el presupuesto, el cronograma de actividades, la cuantificación de las cuadrillas de trabajo y el cálculo de las horas/hombre/máquina, será necesario analizar a fondo los detalles presentados en los planos, y las especificaciones técnicas, pero también será importante correlacionar los planos de los distintos detalles, para verificar que no existan inconsistencias entre los mismos, o cualquier inconveniente que conlleve a un retraso durante el proceso constructivo.

2.2 Adquisiciones (Procurement)

Llevar un control adecuado y oportuno de las compras o adquisiciones para un proyecto de construcción es de vital importancia en el desarrollo del mismo, puesto que con el correcto manejo de los materiales, implementos, e inclusive equipos o maquinarias que se requerirán con el transcurso del tiempo, se podrán ahorrar recursos tanto humanos como económicos.

2.2.1 Gestión de Compras

No todos los proyectos serán del mismo tipo, muchos requerirán la adquisición de elementos electromecánicos de características y costos específicos, que varían con el tiempo, y que probablemente se discontinúen con el mismo, es por ello que se requerirá realizar los pedidos desde el inicio de la obra, no solo para evitar retrasos en la entrega de los mismos, sino también para garantizar la funcionalidad en el diseño, o de ser necesario, y de no existir en el mercado el equipo con el cual se ha planificado el proyecto, realizar la respectiva modificación a la ingeniería del proyecto.

2.2.2 Análisis del Mercado

El desarrollo de un proyecto depende mucho de la magnitud del mismo, las mega-construcciones tienen efectos secundarios en el entorno, precisamente por su magnitud y el área de influencia que tienen.

La demanda de materiales, escasez y provisión cuando la obra se desarrolla en sitios con áreas protegidas, áreas pobladas, o simplemente ecosistemas vírgenes. Las especies animales y vegetales deben ser consideradas al igual que las poblaciones que se encuentren dentro del área de proyecto

Deberá realizarse por consiguiente un estudio de mercado y factibilidad donde se analizarán los factores que lo involucran:

- Extensión de terreno
- Afectación a las comunidades
- Afectación al medio ambiente (obtención de materiales y generación de desechos sólidos)
- Situación Financiera
- Afectación al Patrimonio Nacional

Los factores antes mencionados son de gran importancia para determinar la factibilidad del proyecto, la extensión del terreno permite conocer los límites y las áreas afectadas, determinar de qué maneras se encuentran afectadas, quienes son los involucrados (personas, animales, o vegetación). Parámetros ambientales nos indicaran en que magnitud se creara una afectación del ecosistema en las cercanías del proyecto. Si dentro del área de afectación del proyecto llegase a encontrarse una población humana se deberá analizar la influencia social que va a generar el mismo.

Un proyecto crea fuentes de trabajo en distintas áreas, es necesario oficiales, maestros, mecánicos, guardias entre otros; además crea posibilidades de trabajos nuevos nichos de comercio que pueden ser alimenticios hospedajes, entre otros que generan un efecto económico en la población cercana. Es posible preventivamente determinar si existe un patrimonio nacional en el área de trabajo, en caso de existir se deberá replantear la ubicación de la misma, rediseñar el trazado, o realizar un plan de mitigación de efectos.

Entre los proyectos de gran magnitud tenemos: puentes, vías, obras hidroeléctricas, túneles, oleo-hidráulicas, montajes de estructuras, obras hidrosanitarias entre otras.

2.2.3 Gestión de Subcontratos

Para el mejor desarrollo de una obra civil, siempre será conveniente agrupar las actividades según el tipo, y contratar personal calificado para el desarrollo de cada actividad, es en parte por ello que nace la figura del “sub-contrato”. El correcto gerenciamiento de subcontratos juega un rol importante en obras de gran envergadura tanto como en las de ínfima cuantía.

Hay que prever cualquier imprevisto y dejar obligaciones claramente establecidas para estos subcontratos, y coordinar actividades entre subcontratistas, en rubros que dependan unos de otros para que el avance temporal no se vea afectado.

2.3 Construcción

Sin restarle importancia a las demás, quizá el área de Construcción es la que mayor participación tiene en el mercado entre de los proyectos EPCM. Debido a que se basa en la realización de las actividades con montos más significativos, es la que se controlara con mayor detenimiento.

2.3.1 Especificaciones Técnicas

Será necesario la revisión detenida de las especificaciones técnicas de cada obra, antes de participar en el concurso para la licitación de la misma, debido a que pueden o no existir componentes de dichas especificaciones, que no se encuentren en el mercado, y que valdrá la pena investigar si será o no factible su compra, y cuáles serán los tramites y tiempos de importación en que incurran.

2.3.2 Presupuestos Referenciales

Existe un presupuesto que la entidad contratante presentara previa la licitación, este es el que se conoce como Presupuesto Referencial, en base al cual el contratista realizara su oferta financiera.

Deberá tomarse en consideración el tipo de jornada con que se ejecutara a obra para el cálculo de los análisis de precios unitarios que conformaran el presupuesto final, y para la elaboración de los respectivos cronogramas de actividades.

2.3.3 Proveedores

La recomendación usual es elaborar un listado con los proveedores de cabecera con que cuente la compañía, y dependiendo del tipo y ubicación de la obra a ejecutar, agregar a esta lista los proveedores con mejores precios, disponibilidad de material y de transporte al sitio de obra, en caso de ser de difícil acceso, programar con suficiente tiempo los pedidos.

2.3.4 Fiscalización

Existe un equipo conformado por personas con alta experiencia en control de calidad en las actividades de construcción a las cuales se las conoce como la figura de “Fiscalización”, su labor consiste básicamente en controlar que todos los rubros se desarrollen en concordancia con los planos y especificaciones técnicas, si existiere alguna duda entre estos, será el fiscalizador de obra quien decida que alternativa usara para mitigar la duda.

Por lo antes mencionado, es que se recomienda exista una buena relación Fiscalización – Constructor, mucho dialogo y en lo posible, trabajo en equipo.

2.3.5 Imprevistos

Las construcciones civiles están sujetas a eventos que no han sido estimados dentro de los cronogramas de trabajo ni de los presupuestos, eventos tales como: Desastres Naturales, Lluvias excesivas, escasez de materiales en el mercado, Parada de Equipos a causa de Daño mecánico o problemas con las comunidades, entre otros. Se deberá tener en cuenta la probabilidad de ocurrencia de alguno de estos eventos al momento de elaborar tanto los presupuestos como los cronogramas, para generar holguras entre las actividades y de este modo no generar retrasos que posteriormente incurrirían en multas para la constructora.

2.3.6 Multas

En todo contrato de construcción se definen cláusulas de obligaciones y derechos de ambas partes, contratante y contratista, entre las cuales es usual notar que si se infringe alguna de ellas, se incurrirá en una multa económica que dependerá de lo establecido en el contrato. Esto es algo que la mayoría de los contratistas prevén y generan estrategias para evitar principalmente las multas por retraso en el cronograma, lo que usualmente los hace recaer en otro tipo de multas, las que son por incumplimiento de calidad.

2.4 Gestión de Proyectos (Management)

2.4.1 Análisis de Costos

Cuando se participa en la licitación de un proyecto, ya sea del sector público o privado, será necesario efectuar el cómputo del presupuesto y gastos que se generaran durante la construcción, además de los gastos administrativos de dicho proyecto, para obras de gran envergadura no existe problema, puesto que un equipo del departamento de contabilidad y costos será el encargado de generar estos reportes; sin embargo, esto es algo que no se realiza para obras pequeñas, sino que simplemente se asume un valor estimativo de dichos gastos, lo cual suele recaer en pérdidas significativas para la empresa constructora.

2.4.1.1 Costos Directos

Conformados por los costos que generan la adquisición de materiales, alquiler o costo de equipos y contratación de la mano de obra que demandará la realización de cada actividad específica / rubro a desarrollarse durante el proceso constructivo.

En Ecuador, se acostumbra la utilización de los costos base, de mano de obra, equipos y materiales dados por la Cámara de la Construcción, debido a que

regularizan los costos del mercado de la construcción, sin embargo, lo óptimo sería que cada oferente, en base a su experiencia, genere una base de datos propia, con precios reales y una estimación de rendimientos estadística, de modo que al evaluar cada análisis de precios unitarios, se obtenga un estimativo lo más cercano a la realidad posible.



Ilustración 1.- Costos Directos de Obra Civil
(Salazar, 2002)

2.4.1.1.1 Costo Directo Preliminar

Son todos aquellos costos producto de la suma de gastos de material, equipo y mano de obra necesarios para la realización de un sub producto.

2.4.1.1.2 Costo Directo Final

Son todos aquellos costos producto de la suma de gastos de material, equipo, mano de obra y subproductos necesarios para la realización de un producto.

2.4.1.2 Costos Indirectos

Derivan de los gastos técnicos y administrativos que se ejecutan durante el tiempo de construcción, pero considerando, cubrir también los gastos durante el tiempo que no se tengan obras, constan entre los costos indirectos, los honorarios del personal técnico, administrativo, y personal de obra que no vaya a ser considerado en los APU's (la vigilancia, auxiliares sociales, limpieza, mensajería, jefe de personal, servicios generales en campamento; insumos de papelería, copias, alimentos para reuniones, azúcar, café, etc).

Las acometidas provisionales de obra (agua, electricidad, telefonía); las pólizas suscritas, todo riesgo, seriedad, cumplimiento, responsabilidad civil extracontractual, estabilidad de obra, pago de prestaciones sociales y otras exigidas según los contratos que se firmen.

El costo indirecto se divide en costo indirecto de obra, y costo indirecto de operación:

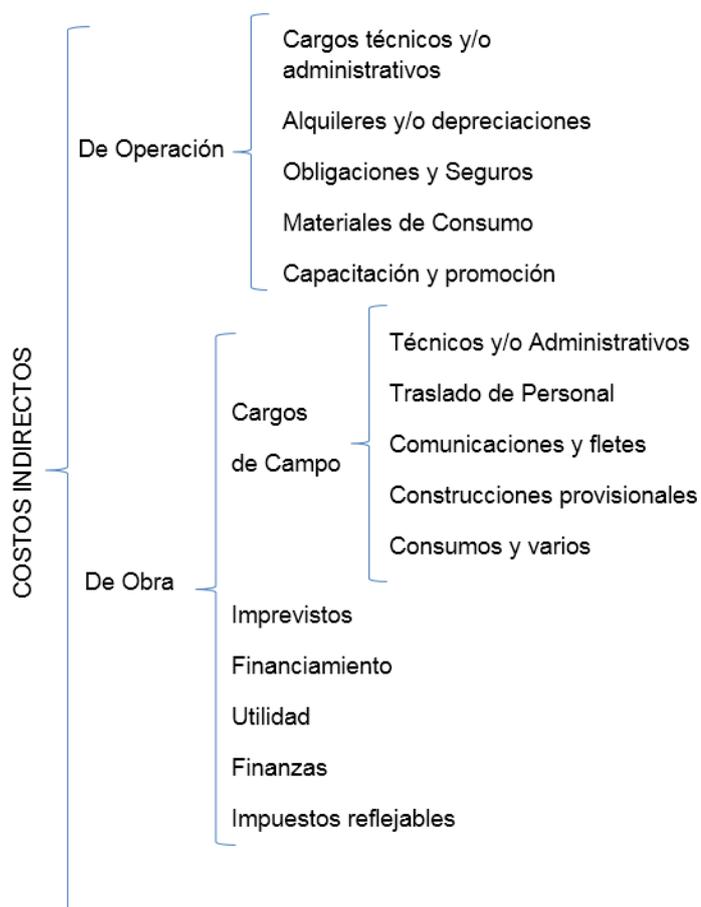


Ilustración 2.- Costos Indirectos de Obra Civil
(Salazar, 2002)

2.4.1.2.1 De Operación

a. Gastos Técnicos y Administrativos

Son los gastos que incluyen los generados por la estructura ejecutiva de un proyecto, el personal técnico y administrativo de una empresa, es decir, los pagos por concepto de sueldos de jefes, gerentes, consultores, contadores, guardias, choferes, mecánicos, personal de limpieza, ayudantes, dibujantes,

personal técnico, secretarias, etc.; todo personal que se requiera para mantener activa y funcional a la oficina de la constructora.

b. Alquileres y/o Depreciaciones

Gastos atribuidos a bienes, muebles, inmuebles, y servicios necesarios para tener un ambiente de trabajo que permita el desarrollo de las actividades de oficina; incluye costos de arrendamiento de bodegas y oficinas, pago de servicios básicos, mantenimiento de instalaciones, mantenimiento de vehículos asignados a la oficina central, así como la depreciación de todos estos bienes.

c. Obligaciones y Seguros

Ninguna empresa está exenta de verse afectada por calamidades ya sean en sus instalaciones o a sus empleados, es por ello que conviene, para la dilución de riesgos, adquirir seguros que impidan una súbita descapitalización.

Actualmente, para la contratación, ya sea pública o privada, se requiere contar con los respectivos certificados de afiliaciones al Seguro Social, de todo el cuerpo de empleados con que se cuente.

d. Materiales de Consumo

Gastos por concepto de artículos de consumo, mantenimiento y limpieza necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones de la empresa.

Incluye gastos de papelería, artículos de oficina, copias, impresiones; mantenimiento de camionetas, combustible, lubricantes, etc; artículos de limpieza, snacks, etc.; un rubro importante a considerar, serán los viáticos, gastos por traslado, alimentación, hospedaje, etc, a sitios en un rango mayor (aproximado) a 50Km de radio de la oficina central

e. Materiales de Consumo

Una necesidad básica de toda empresa que quiera procurar su desarrollo como industria, es la de mantener una actualización de conocimientos constante entre sus empleados, de este modo, se aprovecharan de mejor manera sus capacidades, se debe ver este gasto como una inversión y no como un gasto como tal, puesto que es para beneficio de la compañía.

Algunos ejemplos serian: Capacitaciones técnicas tanto a obreros como a empleados administrativos, congresos a personal técnico, organización de actividades deportivas, incentivos anuales a clientes y empleados, honorarios

extraordinarios con base a la productividad, gastos de proyectos no realizados, celebraciones de oficina, etc.

2.4.1.2.2 De Obra

a. Gastos Técnicos y/o Administrativos

Son los gastos que incluyen los generados por la estructura ejecutiva de un proyecto, el personal técnico y administrativo de una obra, es decir, los pagos por concepto de sueldos superintendentes, ayudantes residentes, laboratoristas, topógrafos, choferes, mecánicos, personal de limpieza, ayudantes, personal técnico, secretarias, etc.; todo personal que se requiera para mantener activa y funcional a la oficina de obra.

b. Traslado de personal y equipo

Son aquellos gastos para obras que se desarrollen en sitios lejanos a la urbe, de difícil acceso, por concepto de traslado del personal técnico, estadía, y viáticos de transporte; del mismo modo se incurrirá en los gastos del traslado de las cuadrillas de obreros.

c. Construcciones provisionales

Tales como los gastos de construir la oficina de obra y equiparla para comodidad de contratistas y visitantes, se refiere a construcción de cercas perimetrales, caseta de guardianía, oficinas de obra, y todas las instalaciones de servicios básicos que se requieran.

d. Consumos y Varios

Para todos aquellos gastos que en menor o mayor grado, serán necesarios para cubrir requerimientos locales, esto es, pago de planillas eléctricas, agua potable, telefonía de obra, etc.

2.4.1.2.3 Imprevistos y Contingencias

No se espera que la obra se desarrolle bajo un ambiente perfecto, es por ello que habrá que calcular un estimativo de los costos probables de afectación por causas.

a. Naturales

Producto de eventos extremos, o alteraciones en la naturaleza, un ejemplo común es el tema de las lluvias excesivas o prolongadas, que produzcan deslaves, inundaciones, etc.

b. Humanas

Errores en los diseños, incremento o decremento de cantidades de obra, suspensiones de obra, falta de solvencia del contratista, omisiones en las especificaciones técnicas, estudios de suelos imprecisos.

c. De Fuerza Mayor

Se considera, la probabilidad de ocurrencia de guerras, golpes de estado, huelgas de fabricantes o proveedores, explosiones, etc., eventos cuyas causas no son atribuibles a la organización de la obra.

2.4.2 Programación de Obra

Planificar una obra, dependerá básicamente de determinar cuatro preguntas clave para todo constructor, ¿Qué se planea construir?, ¿Cómo?, ¿Dónde? Y por ¿Quiénes?, en programación, esta información es sumamente necesaria

para determinar los tiempos de construcción y de este modo asignar horas/hombre u horas/máquina de trabajo a cada actividad. (Naylor, 1995)

La programación de obras, se basa en planificar y organizar los eventos que se llevaran a cabo, a través de la construcción de diagramas de barras que manifiesten la relación entre la secuencia de actividades de cada rubro a efectuarse y el tiempo que se demorara en llevarlo a cabo. (Hinze, 2010)

En este capítulo, se observara la forma en que un proyecto puede dividirse en sus elementos de construcción básicos y luego cómo mostrar de forma concisa la totalidad del proyecto en lo que se conoce como una “Estructura de Desglose de Trabajo” (EDT), mejor conocida en inglés como “Work Breakdown Structure” (WBS). Como planificador de un proyecto se debe tener consciencia de todos los componentes del proyecto de construcción para asegurar que todas las partes de la obra se toman en cuenta y que se puedan correlacionar adecuadamente. Cuando se cuenta con una EDT concisa y ordenada, se puede ver todo el proyecto a la vez y de este modo se puede planificar contratos, visualizar el alcance de las responsabilidades de gestión, y de forma más eficaz explicar los aspectos del proyecto a los demás implicados.

La estructuración, realización de una EDT, de un proyecto es el primer paso hacia la elaboración de un cronograma. Se empieza por escribir con precisión una declaración de metas para el proyecto y después subdividiendo

sucesivamente esas metas en partes cada vez más pequeñas hasta que se hayan identificado todos los objetivos básicos de construcción.

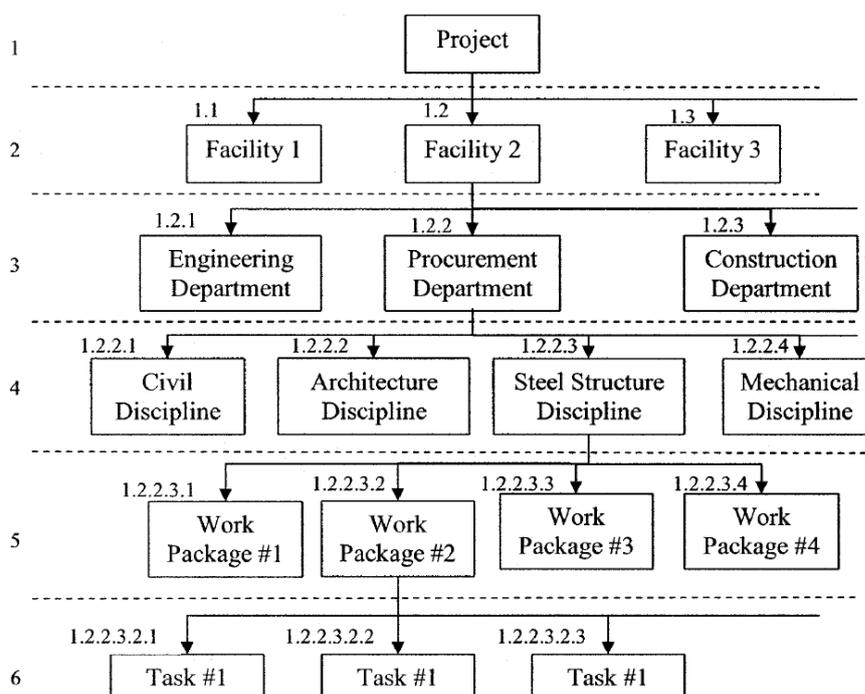


Ilustración 3.- Esquema de una EDT
(Hinze, 2010)

Un proyecto de construcción fácilmente se puede subdividir en varios cientos de componentes, en nuestro medio, conocidos como “rubros” que serán cuantificados con precisión, cantidad y costo de todos los materiales de que requiera el rubro y luego estimar cuánto tiempo se tardará en construirlo.

Cuando todos los elementos de la obra han sido analizados de manera similar y se conocen los métodos de construcción, se puede elaborar el primer borrador de un cronograma. La EDT inicia este proceso mediante la

identificación de todos los componentes y entonces todas las actividades necesarias para la construcción de la obra. Habrán más actividades que componentes debido a que componentes, como por ejemplo, un "oleoducto" requieren al menos las cuatro actividades: excavación, colocación, conexión, y el relleno para su construcción.

Las metas pueden ser medidas y evaluadas sólo cuando están correctamente definidas. Por lo tanto, cuando se han supervisado todas las metas del componente, evaluadas y consideradas completas por el director del proyecto, entonces se puede decir que se ha alcanzado dicha meta.

Muchas veces, los medios de comunicación y otros observadores pueden no estar de acuerdo con la evaluación del director del proyecto, puesto que a menudo las nuevas metas están dispuestas para conseguir publicidad durante la vida de la construcción a largo de un proyecto público. Directamente metas y objetivos pertinentes están claramente establecidos en los contratos antes de que comience el trabajo; nuevos objetivos sólo se reconocen a través de modificaciones del contrato. (Haggag, 2006).

2.4.2.1. Desarrollo de un EDT

El pre-requisito para el desarrollo de una EDT es contar con conocimiento y experiencia previos, saber cómo funciona, que proceso debe realizarse para

llevar a cabo la construcción de cada actividad planificada, frente a qué condiciones se está tratando, es decisiva para el cálculo del cronograma de actividades.

La adición de más detalles para la EDT requiere un mayor conocimiento de las tareas específicas. En caso de no contar con ella, deberá consultarse con especialistas para llenar detalles faltantes de las actividades.

Cuando se hayan identificado las tareas, y se las haya detallado de forma tal que un equipo específico pueda ser asignado para hacer el trabajo, no será necesario subdividir más esa tarea.

Alternativamente, si se identifica una tarea compleja que requiere los esfuerzos de varias operaciones, esta probablemente debería desglosarse en componentes más simples que se pueden estimar con mayor precisión. La duración estimada de una tarea simple que puede ser manejada por una sola operación es la piedra fundamental de un programa de trabajo de construcción.

2.4.2.2. Metodologías y Técnicas de Planificación y Avance de Proyectos

Para la realización de un proyecto que respeten un plazo y costo adecuados, se requiere de la elaboración de un plan base, capaz de controlar y programar la totalidad de la obra. (Oberlender, 1993)

Es el gerente de proyectos, quien deberá encargarse de la elaboración de dicho plan de trabajo, plantear de forma escrita, el trabajo que requiera hacerse, la persona que lo realizara, cuando y como deberá hacerse, y a que costo se referirá. A todo esto deberá sumársele una ficha con las condiciones de acceso al sitio, las condiciones climáticas, los posibles proveedores, las capacidades de la mano de obra que se contratara, entre otros factores que se crean convenientes para evitar afectaciones externas al proyecto.

Sera vital también, implementar un plan a detalle de cómo controlar o prevenir posibles contingencias durante el desarrollo de la obra, al tener debidamente identificadas tales eventualidades y llevar un listado de sugerencias para solucionar las mismas, el gerente o el superintendente a cargo, podrán elegir la forma más eficiente y oportuna de solucionarla. También deberán identificarse los rubros cuyos procesos constructivos representaran una mayor complejidad al momento de su desarrollo, para tratarlos de forma especial, evitando así retrasos o problemas durante su ejecución.

Una vez planificada la obra, se continúa con el proceso de programación, que no es otra cosa más que la elaboración de un diagrama esquemático en el que consten todas las actividades o rubros que conforman el proyecto, detallando su duración y las relaciones que existan entre actividades, a partir de esta programación, se podrá estimar con mayor precisión el tiempo requerido para la culminación de dicho proyecto. (Oberlender, 1993)

Todos estos procesos deberán realizarse antes del inicio de la obra, sin embargo, si el caso lo amerita, deberán ser sometidos a una re-planificación y reprogramación.

El control del proyecto consistirá en, conforme avanza el mismo, ir midiendo la evolución de los rubros, y comparándolos con la programación previamente realizada, elaborar un informe de avance "diario", "semanal" y "mensual" del proyecto rubro por rubro, la proyección de costos, la previsión de certificación (cobros al cliente), el plazo de entrega previsto final, actualización "diaria" del cronograma de trabajo, seguimiento de las Horas Hombre de cada tarea; el análisis de los retrasos, los planes de corrección de los tiempos de trabajo, el plan de contingencias para evitar futuros inconvenientes; la metodología constructiva, los procedimientos de construcción y montaje, el seguimiento de ingresos de materiales, el seguimiento de la producción de hormigones, plan de coordinación de ingeniería, compras y construcción. Minutas de reuniones, seguimiento del libro de obra, planes de coordinación con la fiscalización y el

cliente. Seguimiento diario de las horas máquina, horas hombre y volúmenes insumidos por los Contratistas; seguimiento de anticipos, gastos, descuentos y planillaje de los trabajos para el pago a los mismos.

Detección de trabajos adicionales no previstos en el contrato; valoración de los mismos y presentación al cliente para su aprobación; modificación del monto del Contrato; análisis de ampliación de plazos por adicionales.

En resumen, lo preponderante será llevar un control minucioso y administrar correctamente costo y tiempos de la obra.

2.4.2.2.1. Técnicas de Programación

Para el control de obras en general, se utilizan técnicas muy conocidas de programación, algunas sencillas tanto de elaborar como de interpretar pero que presentan varias restricciones, otras muy complejas al momento de construirlas, pero que resultan muy útiles para guiar el proyecto.

Las más usuales son:

a. Diagrama de Barras

Conocido como diagrama de Gantt, por su gestor Henry L. Gantt, Ilustración 4, es un método gráfico que permite una mejor comprensión visual de cómo avanza el proyecto. Este diagrama consiste en la representación de cada actividad que se vaya a realizar como una barra de longitud igual su duración (o por lo menos a un aproximado de la misma), con ella se puede graficar el avance real en el cronograma general. Es por ello que se dice que el diagrama de Gantt funciona tanto para la planificación como para el seguimiento o control de la obra.

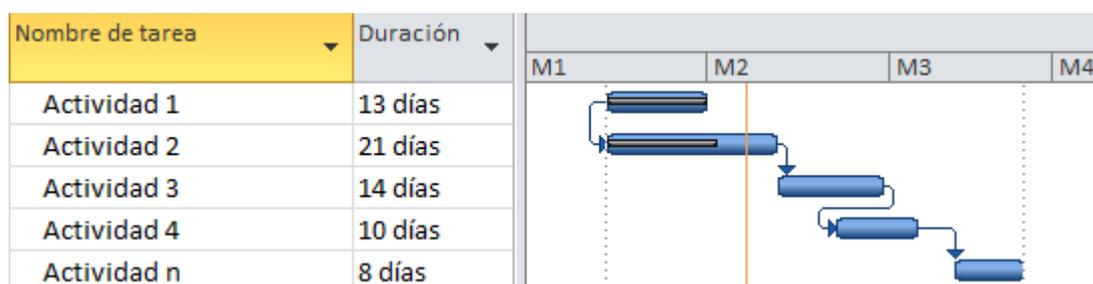


Ilustración 4.- Diagrama de Gantt de un proyecto

Las líneas en el centro de las barras principales, representan el avance del proyecto a la fecha presente, marcada por la línea roja perpendicular a las barras, de este modo se cuenta con una herramienta práctica para controlar el avance real versus el planificado, con ello también se podrá indicar la productividad de cada actividad y proyectar a su vez un posible retraso en la duración total el proyecto y tomar medidas al respecto.

b. . Curvas de Producción Acumulada

Es un buen método para poder determinar la velocidad a la cual avanza el proyecto, en la Curva de Producción se aprecia en un diagrama similar a una “S” (Ilustración 5) que representa el avance acumulado de los rubros (Eje Y) en un periodo de tiempo “t” (Eje X). La pendiente de dicha curva al ser la relación entre el número de unidades producidas y el tiempo que tarda en producirse, indica la tasa de producción. Su forma se da como consecuencia de que al inicio del proyecto, las tareas se desarrollan de manera lenta (los primeros rubros en desarrollarse son los de instalaciones provisionales), en la etapa intermedia, se produce un pico en el avance, pero a la etapa final se repite el estado inicial, puesto que en su mayoría, los rubros ejecutables serán los de acabados. Todo esto lleva a que el diagrama se represente como una “S” alargada.

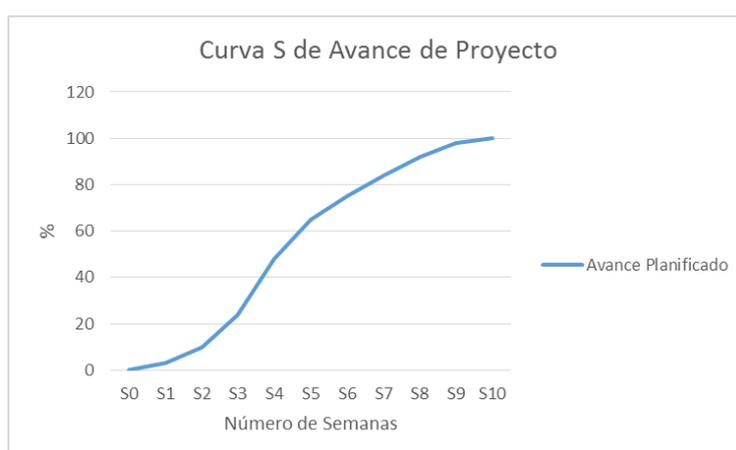


Ilustración 5.- Diagrama de Curva “S” de un proyecto

La curva “S” mostrada en la Ilustración 5, es aplicable ya sea para representar el proyecto en general, como para grupos de actividades o actividades individuales.

La manera en que se suele aprovechar este método, es realizando una comparación de curvas “S” para medir el avance real versus el avance programado. Como se muestra en la Ilustración 6:

| | Actividad A | Actividad B | Actividad C | Total | % de Avance |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| Avance Planificado | 15000.00 | 8000.00 | 15000.00 | 38000.00 | 30% |
| Avance Real | 12000.00 | 6000.00 | 14000.00 | 32000.00 | 25% |
| | S1 | S2 | S3 | | |

Tabla I.- Datos para comparación de Avance de Proyecto

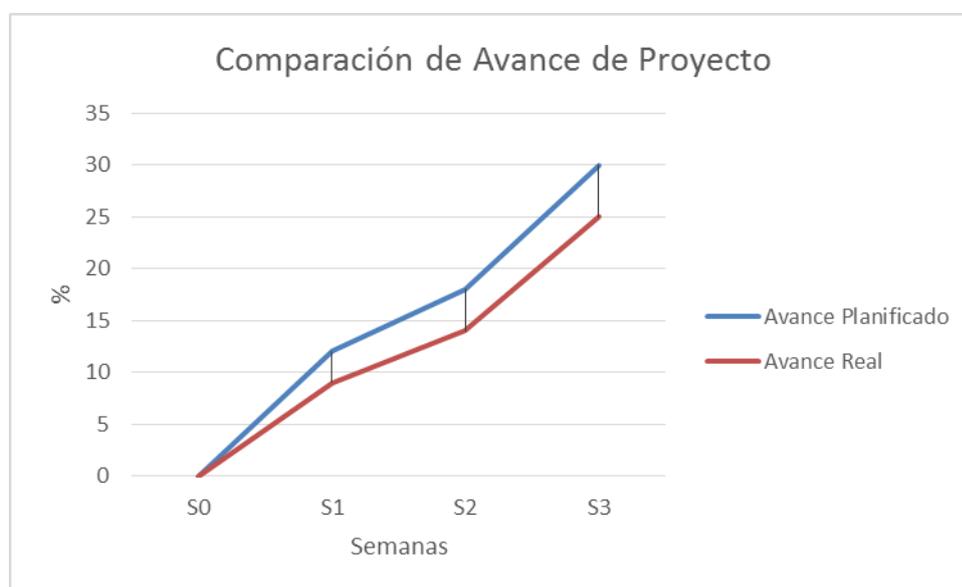


Ilustración 6.- Curva de Comparación de Avance de Proyecto

A continuación se muestra un ejemplo de diagrama de curvas para el caso de un rubro que requiere tres actividades para su ejecución. Se grafican las actividades, sabiendo que unas dependen de otras se puede notar que la actividad Y será una actividad subsecuente de X puesto que depende de que esta haya alcanzado un cierto progreso para iniciarse, en caso de que la actividad Y alcanzase a X, Y deberá pausarse hasta que X le genere campo para continuar trabajando la actividad Y. Ilustración 7

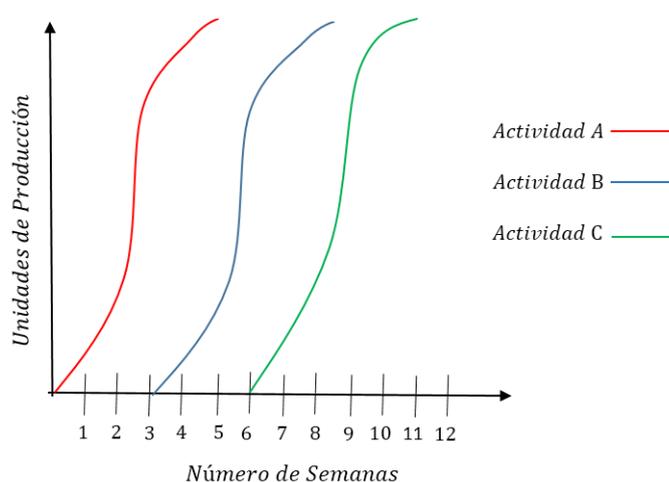


Ilustración 7.- Curva S para Secuencia de Actividades

(Oberlender, 1993)

Las actividades deben organizarse de modo tal que no ocurran intersecciones entre las curvas, pues ello implicaría un retraso en las actividades siguientes.

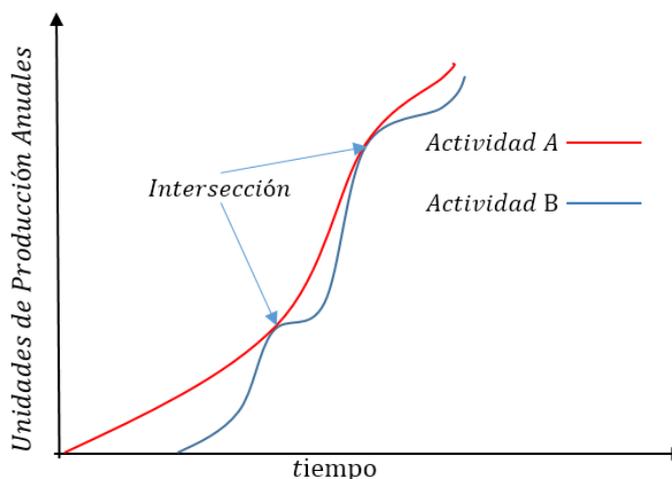


Ilustración 8.- Interacción entre Curvas de Actividades

(Oberlender, 1993)

El cruce de curvas en la Ilustración 8 representa que el proceso B se verá impedido de avanzar hasta que el proceso A lleve a cabo las condiciones que B requiere para continuar.

c. Diagrama de Precedencias

Es un diagrama en el cual se representa cada actividad o rubro a realizarse, bajo un esquema de relaciones entre actividades que contara con un cuadro que indicara el detalle del nombre de la actividad, fecha de Inicio Temprano (IT), fecha de Inicio Retardado (IR), Fecha de Terminación Temprana (TT),

Fecha de Terminación Retardada (TR), la Duración, la Holgura Libre (HL) y la Holgura Total (HT). Ilustración 9

| ACTIVIDAD | | | |
|-----------|----------|----|----|
| IT | DURACION | IR | |
| TT | HL | HT | TR |
| RECURSOS | | | |

Ilustración 9.- Esquema de Cajetín de actividades para Diagrama de Precedencias

Se coloca el nombre y la duración estimada de cada rubro, posteriormente se generan las relaciones de dependencia entre actividades y se asignan los recursos necesarios para llevarse a cabo:

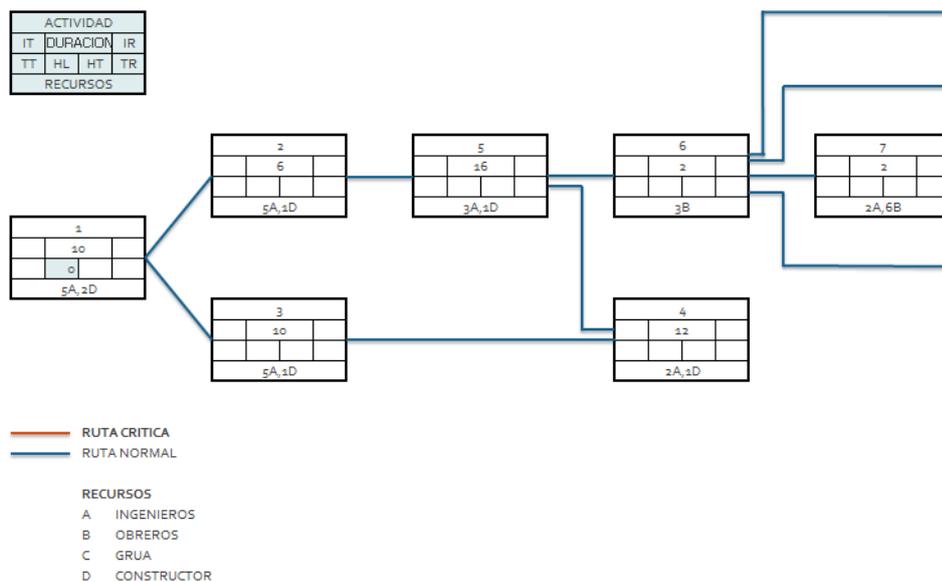


Ilustración 10.- Proceso para elaboración de Diagrama de Precedencias

A continuación se calculan los valores a de Inicio y Terminación Temprana y Tardías, a partir de una fecha de inicio de obra:

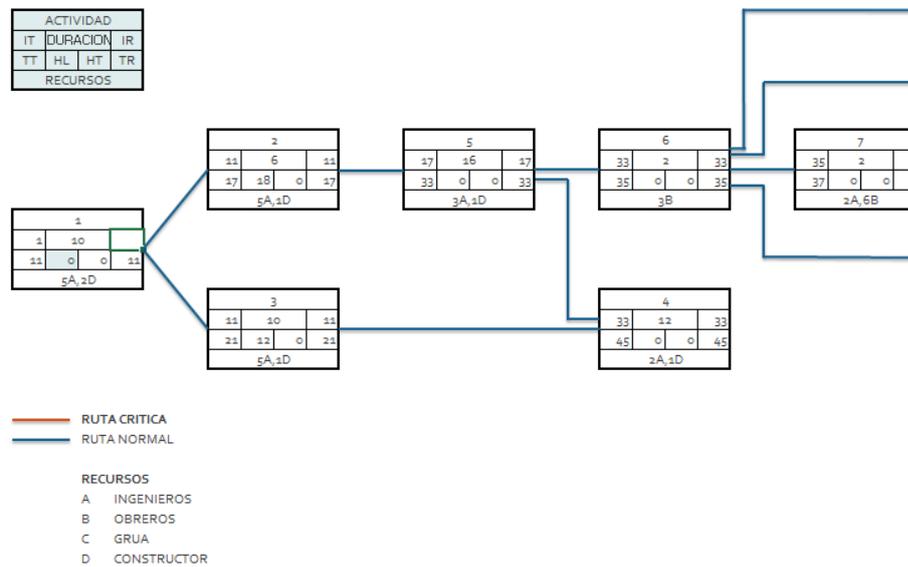


Ilustración 11.- Proceso para elaboración de Diagrama de Precedencias

IT= Sera la fecha de inicio de la actividad, que podrá considerarse en una relación de Inicio-Inicio, Inicio-Fin, Fin-Inicio, o Fin-Fin según el criterio del programador.

$$TT_1 = Duracion_1 - IT_1$$

$$IR_1 = IT_1 - HT_1$$

$$TR_1 = TT_1 - TR_1$$

$$HL_1 = IT_2 - TT_1$$

$$HT_1 = HT_2 - Holgura$$

$$Holgura = IT_2 - TT_1$$

En este paso, también se calculan las Holguras cuya diferencia será representada sobre las líneas que conectan a las actividades.

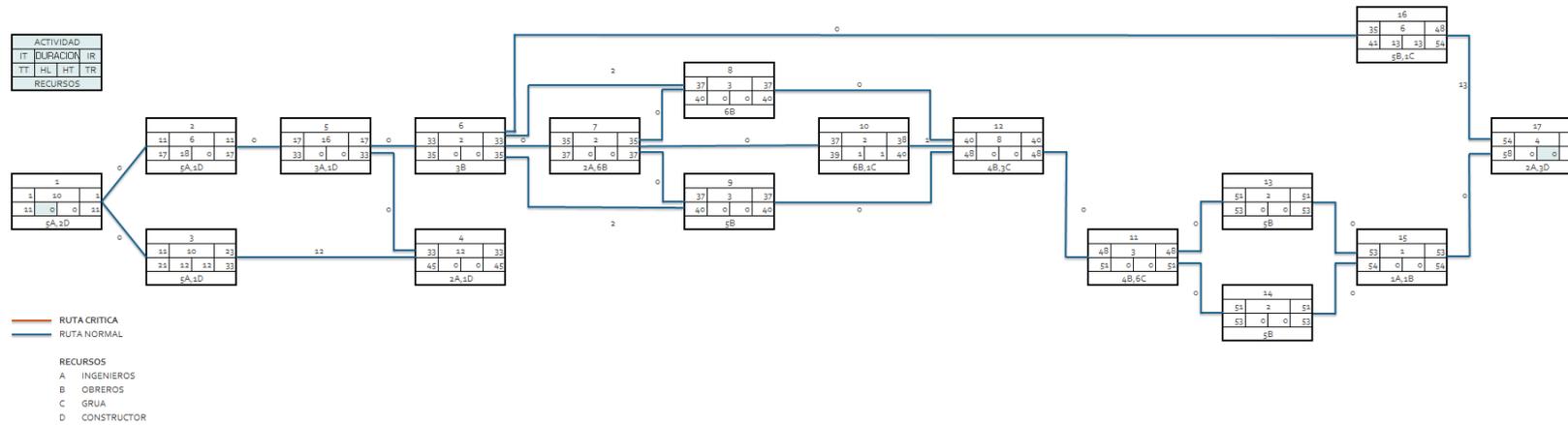


Ilustración 12.- Diagrama de Precedencias

De este modo se pueden observar las relaciones entre actividades y las holguras de tiempo que permite cada una de ellas antes de continuar con la otra, aclárese que el ejemplo mostrado es para un grupo de actividades con relación Fin-Inicio.

d. Técnica de Programa Evaluación Revisión PERT (Program Evaluation Review Technique)

Cuando las actividades a realizarse, no tienen una certeza de la fecha de culminación, este método es más conveniente que los de Diagramas de precedencias. En este tipo de diagramas, se expresa a las actividades como eventos, relacionados por flechas cuya dirección muestra la secuencia de trabajos y el tiempo que le tomara. La red PERT se basa en un cálculo probabilístico de los tiempos de desarrollo de actividades, basado en tres probables duraciones. (Ahuja, 1983)

Basados en estudios de productividades de proyectos con similares actividades y condiciones, se puede estimar estos tres tipos de duraciones:

Duración óptima: d_o

Duración más probable: d_m

Duración pesimista: d_p

Para la elaboración del diagrama PERT, se considera el valor de la duración media como el resultado de la siguiente formula:

$$d_e = \frac{d_o + 4d_m + d_p}{6} \text{ (Hinze, 2010)} \quad (1)$$

Con el resultado de esta ecuación, se podrán calcular los valores de los IT, TT, IR y TR, y con estos valores realizar la estimación de la Ruta Crítica. Este método, brinda la posibilidad de calcular la probabilidad de que la obra se concluya en un plazo dado por la entidad contratante. (Ahuja, 1983)

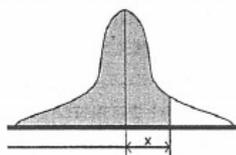
En la ecuación anterior, hay que tener en cuenta que las estimaciones son ponderadas, considerando como la duración de mayor peso a la duración más probable. Este valor medio de la duración obtenido, no transmite ninguna información sobre el grado de incertidumbre, es por ello que sería útil tener una medida para describir el grado en que se espera que la duración varíe del valor medio. Esta medida se conoce como la derivación estándar y puede derivarse de dos de las estimaciones de tiempo utilizados para calcular la media. La desviación estándar se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Desviación Estándar} = s = \frac{d_p - d_o}{6} \text{ (Hinze, 2010)} \quad (2)$$

Sin embargo, para facilidad de cálculo, es muy útil trabajar con la Tabla II.- Curva Normal Estándar

STANDARD NORMAL CURVE

x = The number of standard deviations to the right of the mean



The area under the curve (as shown in the figure) always includes the portion containing the mean.

| X | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0 | .5000 | .5040 | .5080 | .5120 | .5160 | .5199 | .5239 | .5279 | .5319 | .5359 |
| 0.1 | .5398 | .5438 | .5478 | .5517 | .5557 | .5596 | .5636 | .5675 | .5714 | .5754 |
| 0.2 | .5793 | .5832 | .5871 | .5910 | .5948 | .5987 | .6026 | .6064 | .6103 | .6141 |
| 0.3 | .6179 | .6217 | .6255 | .6293 | .6331 | .6368 | .6406 | .6443 | .6480 | .6517 |
| 0.4 | .6554 | .6591 | .6628 | .6664 | .6700 | .6736 | .6772 | .6808 | .6844 | .6879 |
| 0.5 | .6915 | .6950 | .6985 | .7019 | .7054 | .7088 | .7123 | .7157 | .7190 | .7224 |
| 0.6 | .7258 | .7291 | .7324 | .7357 | .7389 | .7422 | .7454 | .7486 | .7518 | .7549 |
| 0.7 | .7580 | .7612 | .7642 | .7673 | .7704 | .7734 | .7764 | .7794 | .7823 | .7852 |
| 0.8 | .7881 | .7910 | .7939 | .7967 | .7996 | .8023 | .8051 | .8078 | .8106 | .8133 |
| 0.9 | .8159 | .8186 | .8212 | .8238 | .8264 | .8289 | .8315 | .8340 | .8365 | .8389 |
| 1.0 | .8413 | .8438 | .8461 | .8485 | .8508 | .8531 | .8554 | .8577 | .8599 | .8621 |
| 1.1 | .8643 | .8665 | .8686 | .8708 | .8729 | .8749 | .8770 | .8790 | .8810 | .8830 |
| 1.2 | .8849 | .8869 | .8888 | .8907 | .8925 | .8944 | .8962 | .8980 | .8997 | .9015 |
| 1.3 | .9032 | .9049 | .9066 | .9082 | .9099 | .9115 | .9131 | .9147 | .9162 | .9177 |
| 1.4 | .9192 | .9207 | .9222 | .9236 | .9251 | .9265 | .9279 | .9292 | .9306 | .9319 |
| 1.5 | .9332 | .9345 | .9357 | .9370 | .9382 | .9394 | .9406 | .9418 | .9429 | .9441 |
| 1.6 | .9452 | .9463 | .9474 | .9484 | .9495 | .9505 | .9515 | .9525 | .9535 | .9545 |
| 1.7 | .9554 | .9564 | .9573 | .9582 | .9591 | .9599 | .9608 | .9616 | .9625 | .9633 |
| 1.8 | .9641 | .9649 | .9656 | .9664 | .9671 | .9678 | .9686 | .9693 | .9699 | .9706 |
| 1.9 | .9713 | .9719 | .9726 | .9732 | .9738 | .9744 | .9750 | .9756 | .9761 | .9767 |
| 2.0 | .9772 | .9778 | .9783 | .9788 | .9793 | .9798 | .9803 | .9808 | .9812 | .9817 |
| 2.1 | .9821 | .9826 | .9830 | .9834 | .9838 | .9842 | .9846 | .9850 | .9854 | .9857 |
| 2.2 | .9861 | .9864 | .9868 | .9871 | .9875 | .9878 | .9881 | .9884 | .9887 | .9890 |
| 2.3 | .9893 | .9649 | .9898 | .9901 | .9904 | .9906 | .9909 | .9911 | .9913 | .9916 |
| 2.4 | .9919 | .9920 | .9922 | .9925 | .9927 | .9929 | .9931 | .9932 | .9934 | .9936 |
| 2.5 | .9938 | .9940 | .9941 | .9943 | .9945 | .9946 | .9948 | .9949 | .9951 | .9952 |
| 2.6 | .9953 | .9955 | .9956 | .9957 | .9959 | .9960 | .9961 | .9962 | .9963 | .9964 |
| 2.7 | .9965 | .9966 | .9967 | .9968 | .9969 | .9970 | .9971 | .9972 | .9973 | .9974 |
| 2.8 | .9974 | .9975 | .9976 | .9977 | .9977 | .9978 | .9979 | .9979 | .9980 | .9981 |
| 2.9 | .9981 | .9982 | .9982 | .9983 | .9984 | .9984 | .9985 | .9985 | .9986 | .9986 |
| 3.0 | .9987 | .9987 | .9987 | .9988 | .9988 | .9989 | .9989 | .9989 | .9990 | .9990 |

Tabla II.- Curva Normal Estándar

e. Método de la Ruta Crítica MRC (Critical Path Method CPM)

Es un método que permite seleccionar la ruta de avance única, que de no cumplir con el tiempo a ella asignado, generará un retraso sustancial en las actividades que la suceden (Amaya, 2010).

En construcción, debido a la severidad de las multas que se aplican en caso de producirse un retraso, y a que el cálculo de los tiempos de realización de cada actividad es estimable casi a precisión, se prefiere el uso del MRC para controlar el avance temporal de actividades.

Además de ser un método sencillo, aplicable en distintos tipos de diagramas, como el de PERT, o el Diagrama de precedencias, resulta conveniente y práctico para la mayoría de constructores, por la fácil comprensión del mismo, sobre todo si se unas bajo un código de colores. A continuación se muestra un ejemplo de la aplicabilidad del MRC sobre un Diagrama de Precedencias:

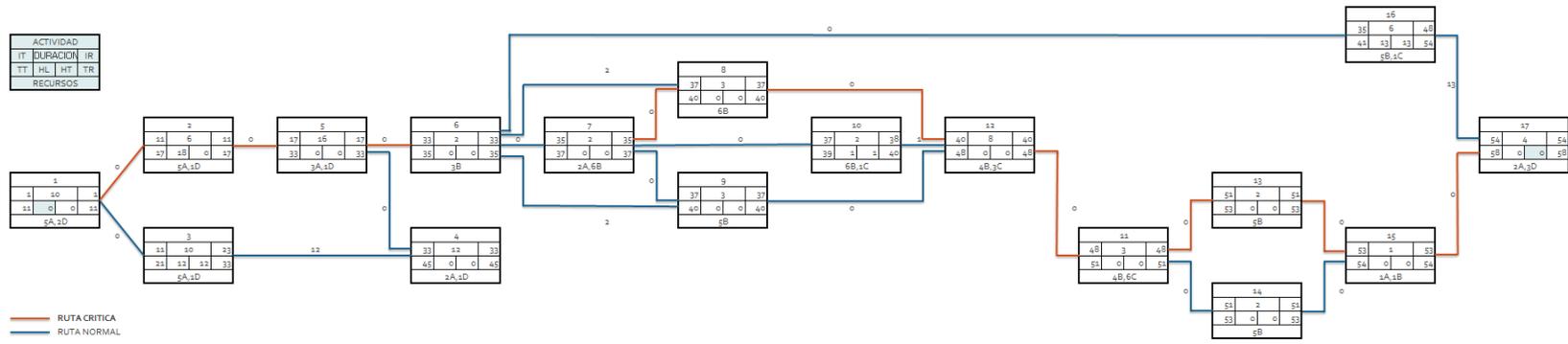


Ilustración 13.- Ejemplo de Método de la Ruta Crítica en Diagrama de Precedencias

Se puede apreciar en el diagrama, sobre las líneas de enlace, las holguras de tiempo que existen entre actividades, la Ruta Crítica, se compone de aquellas actividades con menor holgura entre enlaces.

2.4.2.3. Enfoque del Instituto de Gerencia de Proyectos PMI (Project Management Institute)

PMI es una de las instituciones a nivel internacional con mayor experiencia en lo que a gerenciamiento de proyecto se refiere, puesto que periódicamente realiza investigación y actualiza prácticas para optimizar la gerencia de proyectos.

A nivel práctico, es un grupo conformado por profesionales dedicados al gerenciamiento de proyectos quienes promueven el desarrollo de conocimientos y competitividades. La acreditación PMI es actualmente una de las más solicitadas para el acceso de profesionales a la rama de la gerencia de proyectos en las principales empresas a nivel mundial. Entre las certificaciones que se pueden obtener se encuentran (PMIPE, 2012):

- Certified Associate in Project Management (CAPM)
- Project Management Professional (PMP)
- PMI Scheduling Professional (PMI-SP)
- PMI Risk Management Professional (PMI-RMP)
- Program Management Professional (PgMP)

El programa PMI, basa su capacitación en el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) que agrupa un conjunto de conocimientos y prácticas orientadas a distintas situaciones que necesiten formular. Gracias al empeño tanto de académicos como de profesionales con amplia experiencia en distintas áreas, sobre todo en ingeniería, dichas prácticas se reunieron y mejoraron a lo largo de los últimos veinte años para generar este “manual”.

El PMBOK no se considera como una metodología en sí misma, sino que se considera una especie de manual que cubre estándares internacionales aplicables o adaptables a proyectos en general. A través del PMBOK se provee una guía u orientación a los gerentes de proyectos de cómo deberían avanzar en las metodologías o esquemas para el eficiente desarrollo y construcción de resultados y el logro de los objetivos propuestos.

El PMBOK reúne información necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, supervisar y controlar, y cerrar un proyecto individual, e identifica los procesos de la dirección de proyectos que han sido reconocidos como buenas prácticas para la mayoría de los proyectos (PMIPE, 2012).

Según el PMBOK, para lograr el éxito en la realización de un proyecto, el equipo de manejo de proyectos debe:

- Elegir los procesos adecuados que se requieran para cumplir con los objetivos del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.
- Emplear una orientación específica para adaptar los contenidos al tipo de proyecto que se desarrollando.

El enfoque según PMI para gerencia proyectos supone el manejo de cinco grupos de procesos: Iniciación, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y de Cierre; que a su vez requieren el manejo de diez áreas adicionales: Gestión de la Integración, del Alcance, del Costo, Calidad, Tiempo, Comunicaciones, Adquisiciones, Recursos Humanos, de los Interesados, y de los Riesgos.

Según (Arboleda Vélez, 2013), todo elemento que conforma el equipo de proyectos, para el correcto desenvolvimiento de sus actividades, debería conocer:

- Fundamentos de la Gerencia de Proyectos
- Conocimientos, normas y regulaciones del área de aplicación propia del proyecto.
- Comprensión del entorno del proyecto.

- Conocimiento y habilidades de gerencia general.
- Habilidades interpersonales.

Todas estas habilidades se conjugan para optimizar y valorizar la calidad del trabajo que se realice. Los miembros de este equipo de trabajo, serán personas responsables del progreso de la obra, deberán tener conocimiento de los procesos constructivos de los posibles errores y soluciones a los mismos, pero también deberán ser líderes, personas capaces de interrelacionarse con los equipos de trabajo, ser un compañero más, alguien en quien puedan confiar.

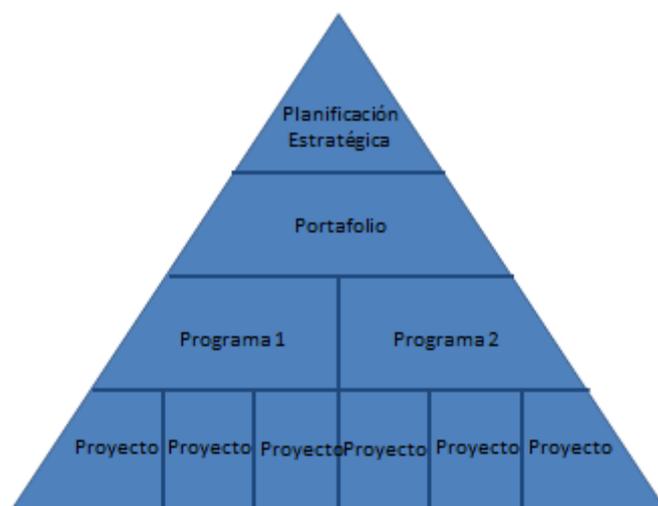


Ilustración 14.- Contexto de la Gerencia de proyectos

(Arboleda Vélez, 2013)

La Ilustración 14 indica el esquema del contexto hasta el que se puede extender el gerenciamiento de proyectos, incluyendo:

- Programas y Gestión de Programas

La RAE define “programa” como una serie ordenada de operaciones necesarias para llevar a cabo un proyecto. Es decir, un programa es un grupo de operaciones, o proyectos individuales, que se interrelacionan entre sí para proponer beneficios y desarrollar capacidades dentro de la planificación.

La Gestión de Programas busca la optimización de los costos y el cumplimiento de los objetivos del suministro de componentes y fases de trabajo, gestión de los recursos, organización y resolución de problemas, cambios y adaptación de los procesos de gestión en forma global.

- Portafolios y Gestión de Portafolios

El conjunto de programas o proyectos que definen los lineamientos y misión de una organización, es lo que se conoce como Portafolios.

La Gestión de Portafolios se enfoca en comprobar que los programas y proyectos se revisen oportunamente para establecer prioridades en la asignación de recursos.

- Sub-proyectos

Cada sub-proyecto se considera como un proyecto individual y se lo gestiona como tal.

- Oficina de Gestión de Proyectos

Es un departamento o grupo, que define y mantiene estándares de procesos, por lo general relacionados con la gestión de proyectos. Se encarga de preparar planes de capacitación; documentar, coordinar, administrar procesos y recursos de gestión; controlar la ejecución; prestar soporte administrativo y tecnológico.

2.5. Análisis del Valor Ganado

Hay que saber identificar y llevar un registro a detalle del costo de cada actividad o rubro, y del costo total de la obra; a la hora de hacer el balance de cuentas, se recomienda la utilización de un registro por costo unitario actualizado para cada actividad, considerando el valor del dinero en el tiempo, el costo de los imprevistos, el registro de descuentos obtenidos, de incrementos en los precios del mercado, en fin una contabilidad de lo que se avance según el contrato, y del precio real que se genere hacia el contratista, para luego determinar si el incremento o decremento ya sea de horas hombre,

horas máquina, costo de materiales o transporte, incurren de manera significativa en el monto de las ganancias o pérdidas para la contratista.

Siempre será recomendable el uso de softwares para llevar este control, sin embargo el uso de cuadros simples para controlar el ingreso y salida de material de bodega, el pago de las horas máquina y horas hombre, el costo del transporte, ayudaran al análisis diario del avance económico ejecutado.

CAPÍTULO 3

3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

3.4. Percepción de la Industria

Para analizar de mejor manera la percepción que tiene la industria respecto del por qué de la variación de los rendimientos en obra, se realizó una entrevista a 28 empresas entre grandes y pequeñas que se mueven en el sector de la construcción o afines en el país.

La mayoría de las entrevistas realizadas a empresas nacionales, develaron una falta de control en los rendimientos de los obreros, además de la mínima importancia que le prestan al bienestar de los mismos, fueron pocas las empresas que demuestran llevar un control adecuado de sus rendimientos, y de su equipo de mano de obra.

Es de mi parecer, que para la industria ecuatoriana, lamentablemente el obrero queda en tercer plano, luego del control de productividades y obviamente quien se lleva el primer lugar es el avance económico de obra.

2.1.1. Validez de la Encuesta

A continuación se detallan algunos de los resultados a las preguntas realizadas:

Para poder determinar ciertos parámetros, que serán explicados posteriormente, se requirió consultar a los entrevistados datos básicos sobre el tipo de proyectos que han realizado a lo largo de su trayectoria.

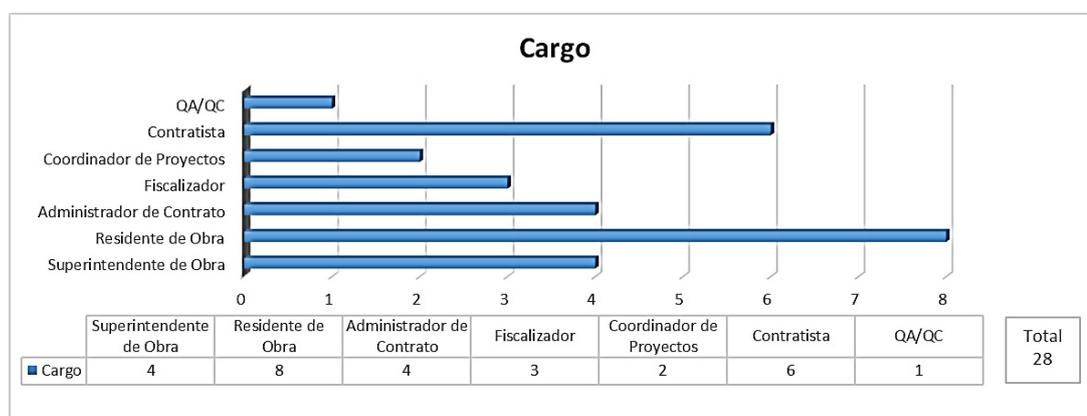


Ilustración 15.- Cargo de entrevistados en distintas empresas

Como se aprecia en la Ilustración 15, la mayoría de los entrevistados, se han desarrollado como residentes de obra o contratistas, superintendentes de obra o administradores de contratos, por lo que se

esperaría que los datos receptados, sean de personas con amplia experiencia en campo.

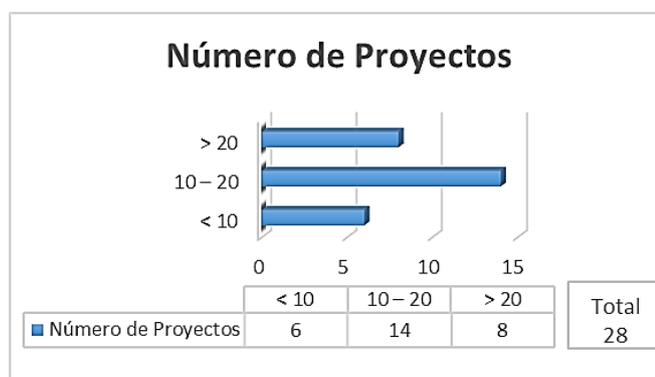


Ilustración 16.- Numero de Proyectos en que han participado

En la Ilustración 16 se aprecia el número de proyectos refleja la amplia experiencia de las personas consultadas, la mayoría oscila en un rango de entre diez y veinte obras, lo que indica que llevan varios años en el mercado de la construcción o del diseño.

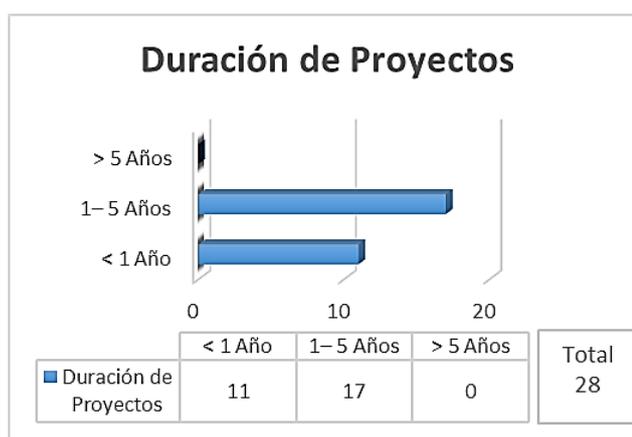


Ilustración 17.- Número de Proyectos en que han participado

En la Ilustración 17 se observa el hecho de que los proyectos oscilen entre uno a cinco años de duración, implica que son proyectos que han requerido largos

plazos para desarrollarse, lo que implica que las compañías entrevistadas se han dedicado a construir proyectos de mediana o gran envergadura.

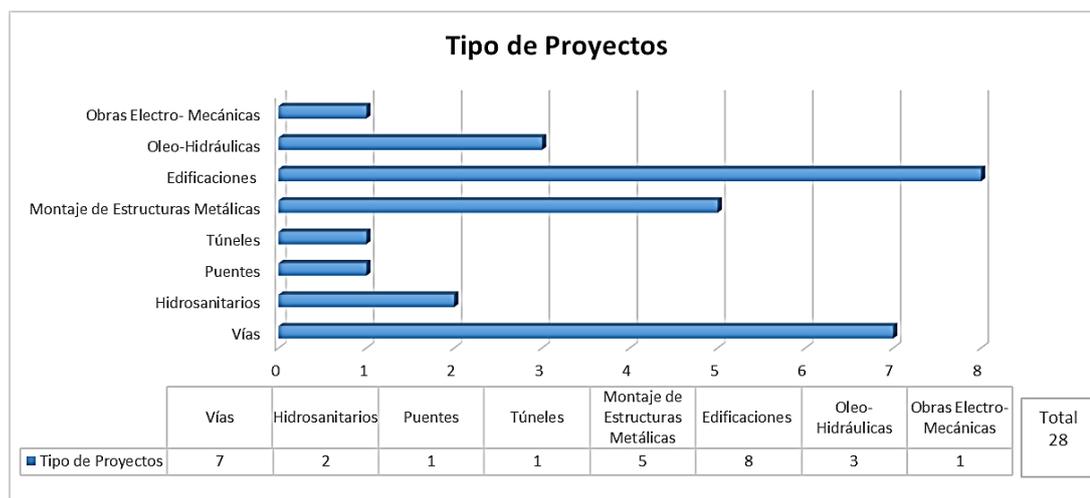


Ilustración 18.- Tipo de Proyectos en que han participado

La Ilustración 18 indica que la mayor experiencia se centra en obras estructurales y viales, los datos que se obtengan representarían la realidad de distintas áreas.

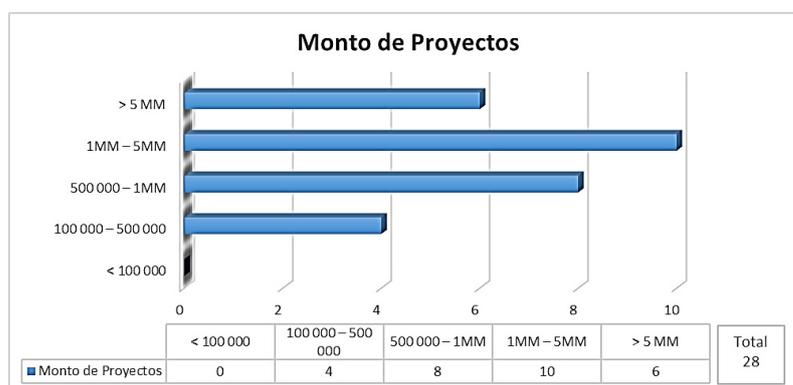


Ilustración 19.- Monto de Proyectos en que han participado

Según la Ilustración 19, los proyectos de los cuales se ha obtenido información, oscilan entre los quinientos mil y los cinco millones de dólares, lo que indica que se trata de obras medianas a grandes, que los rendimientos estudiados serán de personal con gran experiencia, pues este tipo de montos no se logran con personal sin la misma en el mercado nacional.

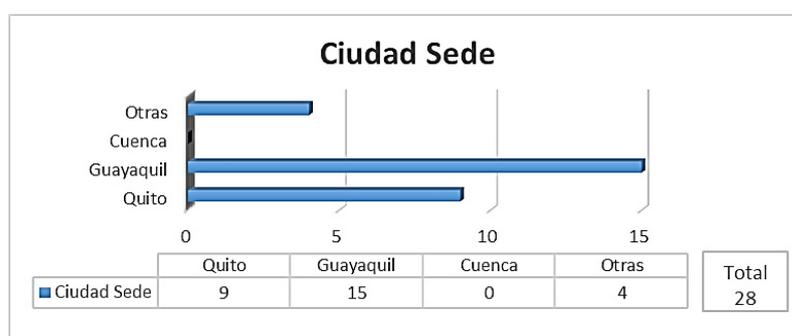


Ilustración 20.- Sede de Proyectos en que han participado

El dato que representa la Ilustración 20 sirve para regionalizar las obras, puesto que existe una variabilidad de resultados que dependen de cada región y sus condiciones tanto climatológicas como socio-económicas.

Se solicitó a los entrevistados, valorar en una escala del 1 al 10 el grado de afectación de algunos parámetros sobre los rendimientos, esto fue lo que se obtuvo:

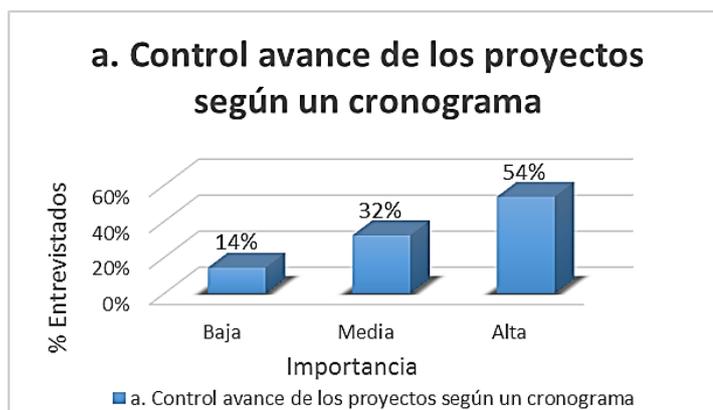


Ilustración 21.- Afectación a la productividad debido a un control según un cronograma de actividades

En la Ilustración 21 se refleja que un 54% de los entrevistados consideran que son más bien los rendimientos generados diariamente los que influyen en el cronograma final, es decir que en nuestro medio, a pesar de tratar de seguir un cronograma programado antes de iniciar la obra, los rendimientos de los obreros rara vez permiten cumplirlo a cabalidad. Apenas un 14% de los entrevistados estiman que este parámetro es de baja importancia o afectación a los rendimientos en obra.

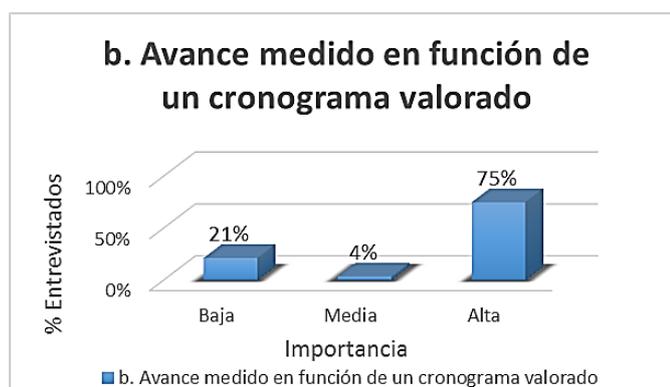


Ilustración 22.- Afectación a la productividad debido a un Avance en función de un Cronograma Valorado

En la Ilustración 22 se revela la gran influencia que tiene, al menos para un 75% de los entrevistados, en el avance físico del proyecto, un avance económico estable y un flujo de dinero continuo en la obra permiten que los pagos tanto de mano de obra, material, maquinaria se efectúen a tiempo, con lo cual se motiva tanto a trabajadores como a proveedores a cumplir de manera óptima con sus labores.



Ilustración 23.- Afectación a la productividad según una programación oportuna de actividades

Como se puede notar en la Ilustración 23, el 82% de los entrevistados, consideran que una programación oportuna de actividades, incurre productividades más elevadas, sin embargo, indican que en su experiencia profesional, a pesar de llevar cronogramas semanales, a causa de los imprevistos, sobre todo en cambios climáticos, no logran cumplir con los rendimientos propuestos y por ende con los objetivos planteados lo que retrasa progresivamente los cronogramas de ejecución. Es tan solo un 18% quienes consideran este parámetro como de baja afectación a las productividades.

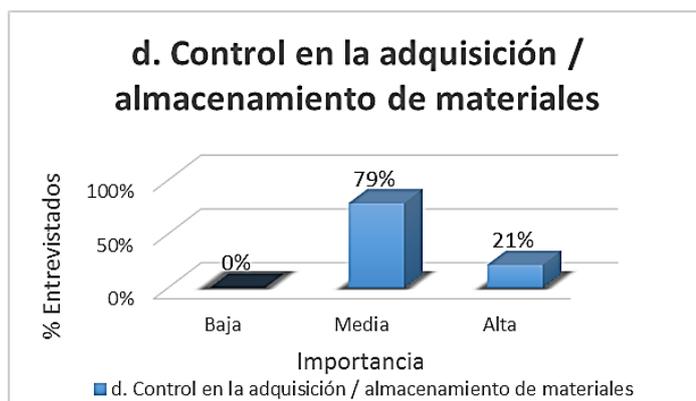


Ilustración 24.- Afectación a la productividad según un control en la adquisición/almacenamiento de materiales

Según los comentarios realizados por los entrevistados, en referencia a la Ilustración 24, se puede acotar que este parámetro realmente no afecta al rendimiento del obrero sino del conjunto de actividades, un 79% considera que la influencia de este parámetro es media, y el 21% restante que es de alta importancia, de no haber materiales oportunamente en sitio, es lógico que se retrasaran las actividades a desarrollarse, pero no será a causa de los trabajadores.

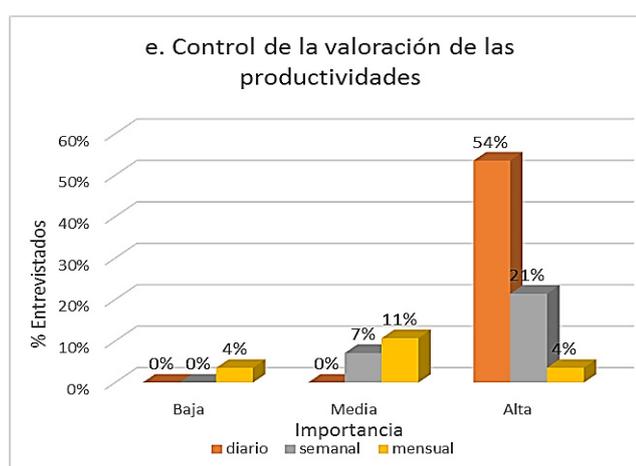


Ilustración 25.- Afectación a la productividad según un control de la valoración de las productividades

Como muestra la Ilustración 25, el 54%, 21% y 4% de los entrevistados consideran a este parámetro como de alta afectación si se lo analizara para periodos diarios, semanales y mensuales respectivamente. Apenas un 4% de los que realizan el control mensual lo consideran de baja importancia, el 18% restante lo toma como de media afectación. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados coinciden en que llevar un control diario, o hasta semanal de la obra, ayuda a controlar de manera eficiente los problemas que se vayan generando, e incluso a socorrer ciertas actividades si se estuvieren retrasando, a una mejor administración de horas hombre u horas máquina.

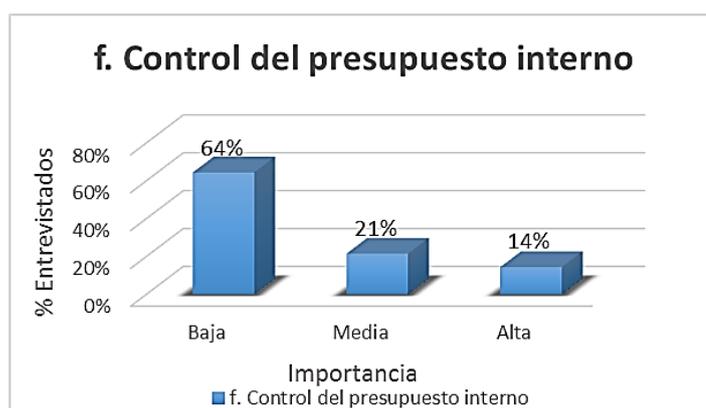


Ilustración 26.- Afectación a la productividad según un control del presupuesto interno

Según la Ilustración 26, el 64% de los entrevistados opina que llevar un control del presupuesto interno no afecta directamente a los rendimientos, el 21% lo considera de media afectación y apenas un 14% de alta afectación, sin embargo, indican que es vital para el avance del proyecto llevar una contabilidad balanceada de los costos en que se incurre con cada actividad, con cada imprevisto, para de este modo motivar a los trabajadores a que

trabajen eficientemente y no perder el dinero equivalente a valiosas horas hombres de trabajo.

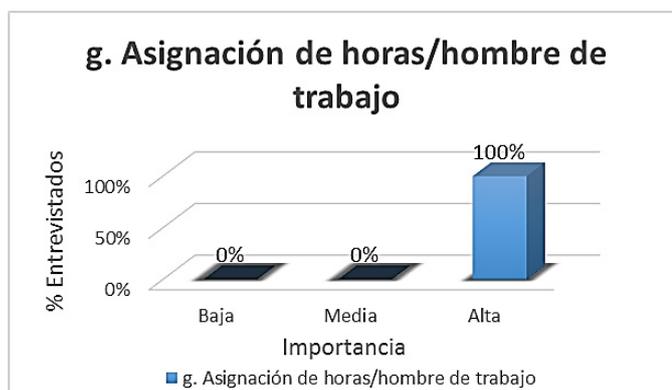


Ilustración 27.- Afectación a la productividad según un control en la asignación de horas/hombre de trabajo

La Ilustración 27 muestra que totalidad de los entrevistados coinciden en que esto influye significativamente en la productividad general de la obra, asignar correctamente las horas de trabajo a cada actividad permitirá un avance eficiente, y el llevar el control, servirá para reasignar horas a actividades que lo requieran más, es decir, si una actividad avanza como es esperado, e incluso más rápido de lo que se había estimado, podrán reasignarse las horas "sobrantes" a otras actividades que vayan retrasadas.



Ilustración 28.- Afectación a la productividad según un control en la asignación de horas/máquina de trabajo

La Ilustración 28 muestra, al igual que en el caso de las horas hombres, saber distribuir adecuadamente las horas máquina de trabajo, influirá de manera significativa en la productividad general de la obra según la opinión del 100% de los entrevistados.

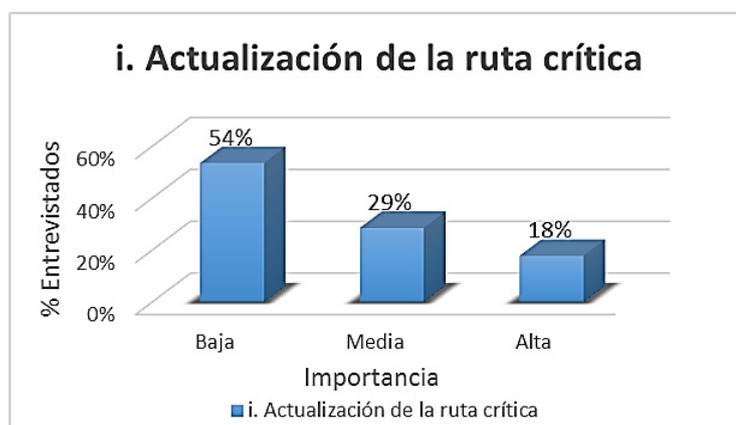


Ilustración 29.- Afectación a la productividad según un control en la actualización de la ruta crítica

La Ilustración 29 indica que para un 54% de los entrevistados este es un factor que no influye directamente en las productividades, pero si en el control del

avance de obra, aunque muchos no lo consideren un factor que afecte a la productividad, el criterio del 29% y 18% lo consideran de media y alta importancia respectivamente, su opinión es que si se actualiza continuamente la ruta crítica, se podrá saber que actividades están teniendo baja producción y tomar medidas correctivas para no generar retrasos.

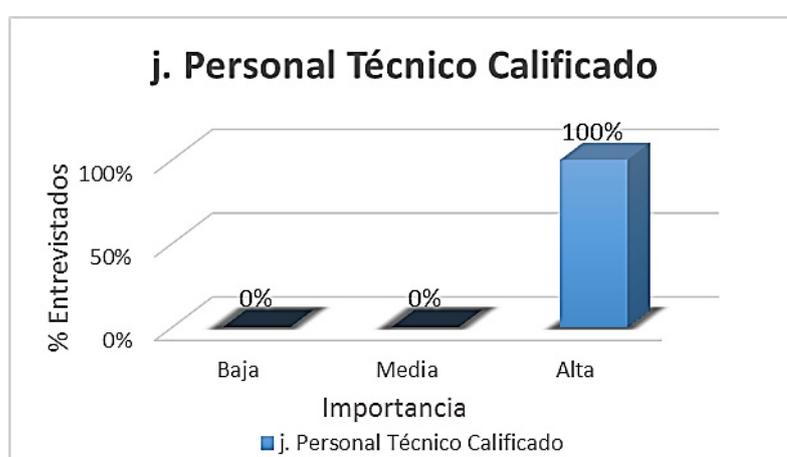


Ilustración 30.- Afectación a la productividad debido al uso de personal técnico calificado

Según la Ilustración 30, contar con personal técnico calificado resulta ser una prioridad para mejorar la calidad de la obra, lo cual a su vez repercute en una mejora de los rendimientos.

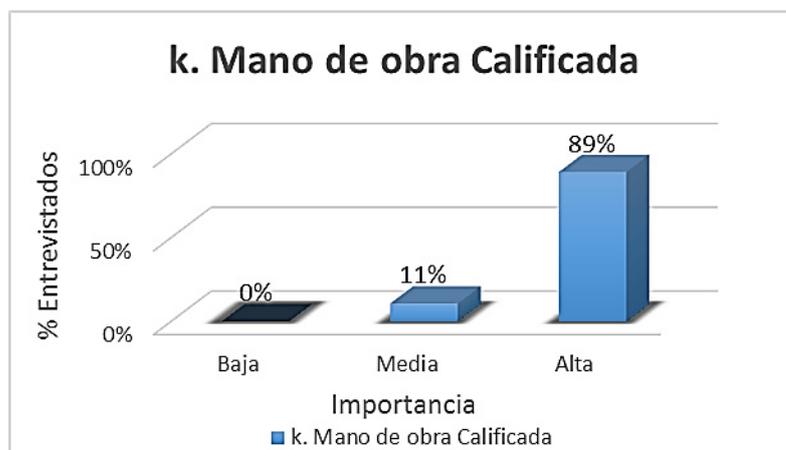


Ilustración 31.- Afectación a la productividad debido al uso de mano de obra calificada

Ahora bien, pese a que se esperaba que la totalidad de la mano de obra fuere indispensable para que los rendimientos sean más eficientes, la Ilustración 31 muestra que un 89% considera así, mientras que el criterio del 11% de los entrevistados indica que se requiere un gran porcentaje de la mano de obra calificada para todas las actividades, pero el resto, aprenderán en el transcurso de la obra.

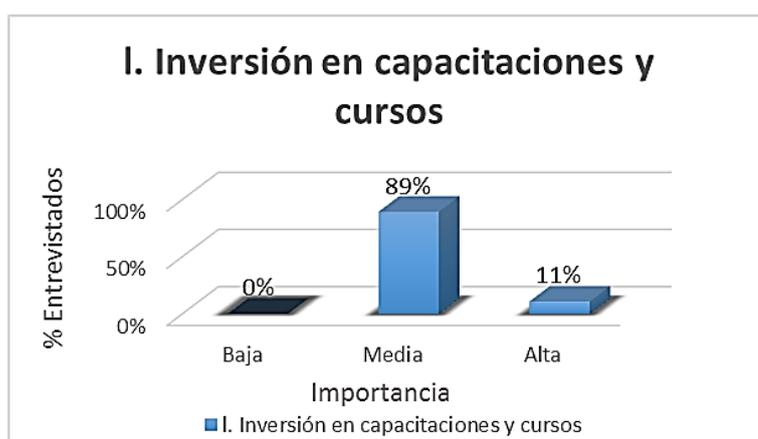


Ilustración 32.- Afectación a la productividad debido a la inversión en capacitaciones y cursos

La Ilustración 32 denota que apenas el 11% las empresas (en esta entrevista las 3 más grandes) son quienes brindan mayores oportunidades de capacitaciones y cursos a sus empleados, esto ayudara a establecer en cada empresa nuevas metodologías y tecnologías de construcción más eficientes. El 89% restante lo consideran un factor de media importancia.



Ilustración 33.- Afectación a la productividad debido a la comunicación con comunidades aledañas al sitio de obra

En la Ilustración 33 se muestra que la opinión del 18% de los entrevistados es que esto no afecta tanto a la productividad, mientras que un 68% lo presentan como un factor a considerar para prevenir eventualidades. Un 14% define a este factor como de alta importancia para mantener a la comunidad satisfecha, puesto que es uno de los objetivos principales de toda obra civil.

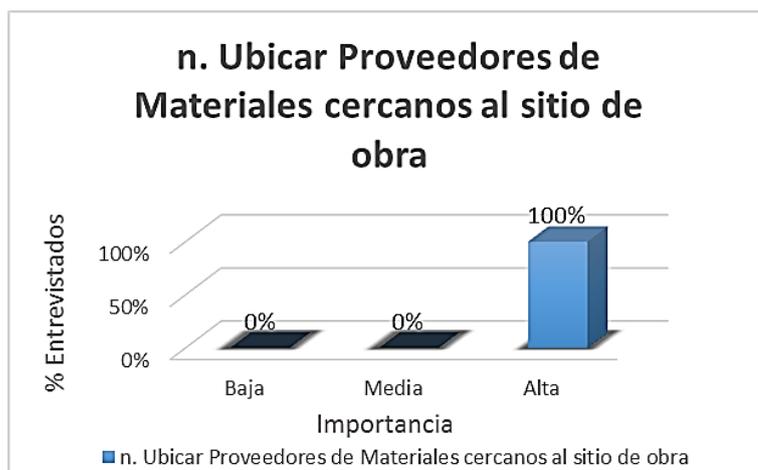


Ilustración 34.- Afectación a la productividad debido a la comunicación con comunidades aledañas al sitio de obra

De la pregunta reflejada en Ilustración 34 se concluye que si los proveedores son cercanos, se asegura el abastecimiento continuo de materiales al sitio de obra. Con lo cual no habrá excusas para que los obreros trabajen continuamente.

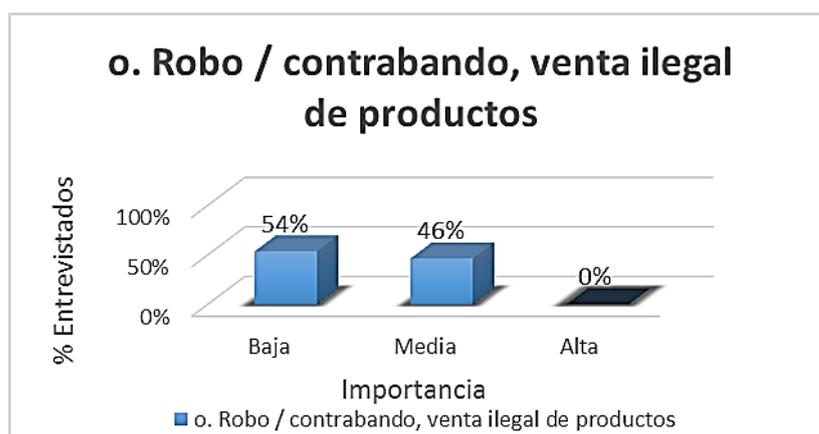


Ilustración 35.- Afectación a la productividad debido al robo/contrabando, venta ilegal de productos

El robo o contrabando de materiales, equipos, o pertenencias de los mismos obreros, se convierte en un problema más bien social, que causara incomodidad e incluso conflictos entre los obreros, lo que a su vez bajara los rendimientos aunque sea en un leve grado, como se muestra en la Ilustración 35, el 54% lo consideran de baja importancia, el 46% restante apenas de media importancia.

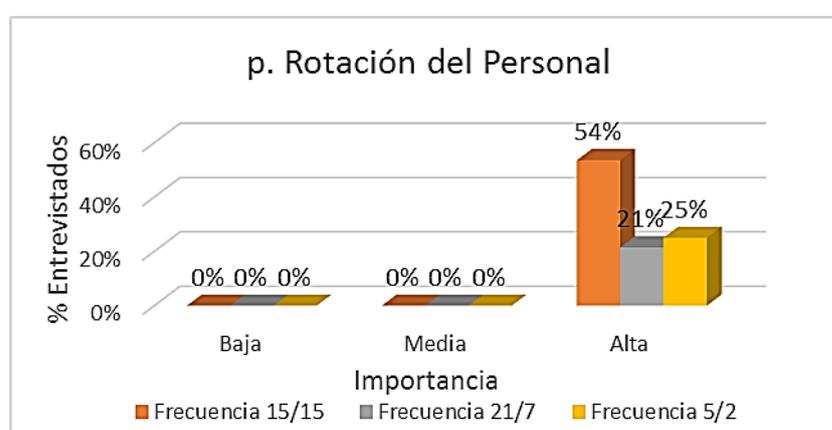


Ilustración 36.- Afectación a la productividad debido a la rotación de los horarios del personal.

El 100% de los entrevistados según la Ilustración 36, personal cansado equivale a rendimientos bajos, para evitar esto, se recomienda que en obras de larga duración y fuera del perímetro urbano, se establezcan horarios de rotación del personal, de preferencia 15/15 ya que 21/7 implica que los trabajadores estarán agotados el último periodo antes de regresar a su semana de descanso. Para el caso de obras dentro del perímetro urbano, lo

más recomendable es la frecuencia 5/2 de este modo se permite al obrero periodos de descanso más adecuados.

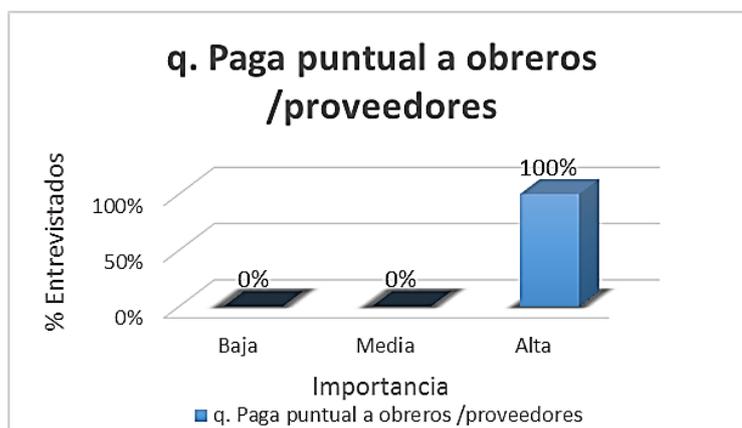


Ilustración 37.- Afectación a la productividad debido a la paga puntual a obreros y proveedores.

En la Ilustración 37, se muestra que el 100% consideran que el incentivo económico siempre será favorable para la mejora de los rendimientos, contar con personal y proveedores satisfecho con sus pagos, y con bonificaciones, repercute positivamente en las productividades, lo contrario cuando no se les paga a tiempo.

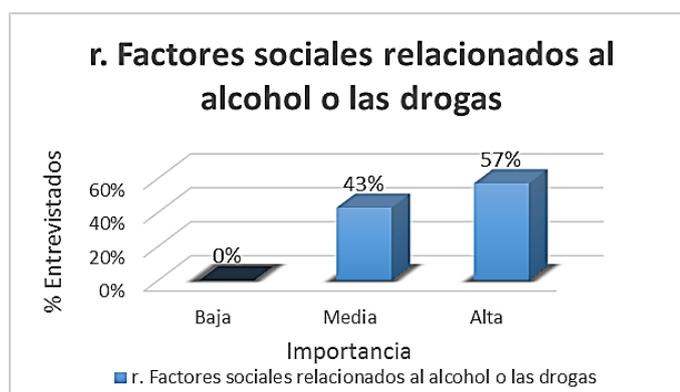


Ilustración 38.- Afectación a la productividad debido factores sociales

La Ilustración 38 indica que este punto fue muy conflictivo, la opinión está dividida entre un 57% que aduce que la afectación es alta, y un 43% que la afectación es media, debido a que lamentablemente en el país es común el uso de este tipo de sustancias, sobre todo en los estratos económicos bajos, que es de donde provienen la mayoría de los obreros.

Asimismo, se les cuestiono a los entrevistados sobre qué opinan de los nuevos métodos de contratación pública en el país, a lo que casi por unanimidad respondieron que se considera que dichos métodos están en un proceso de cambio, se espera que para mejora del sistema, sin embargo un gran número de encuestados coincide en que debería optimizarse el proceso, sin que se requieran los archivos físicos en el concurso, y generando un modelo a detalle de la documentación que se requiere durante el proceso, puesto que muchas de las solicitudes se prestan a confusión, al tratarse de métodos o requerimientos que apenas se están integrando al proceso, como es el caso de la desagregación tecnológica por ejemplo.

En base a la respuesta de los entrevistados, lamentablemente se sigue considerando a los procesos de contratación pública como corruptibles, aunque se esté tratando de tapar este concepto, es evidente que en todo proceso de contratación, se encuentran irregularidades al momento de calificar, descalifican buenas ofertas con la consigna de que encuentran errores, que fácilmente se podrían corregir, pero con los cuales se sustenta la

descalificación de participantes que no se desea estén dentro del concurso. También se concluye que algunos procesos constructivos presenta un volumen considerable de incrementos en las cantidades o el presupuesto, pero ello se basa principalmente a una mala gestión presupuestos, o de estudios previos a la construcción, sin embargo, muchas contratistas aprovechan estas "fallas del sistema" para compensar pérdidas en sus ofertas.

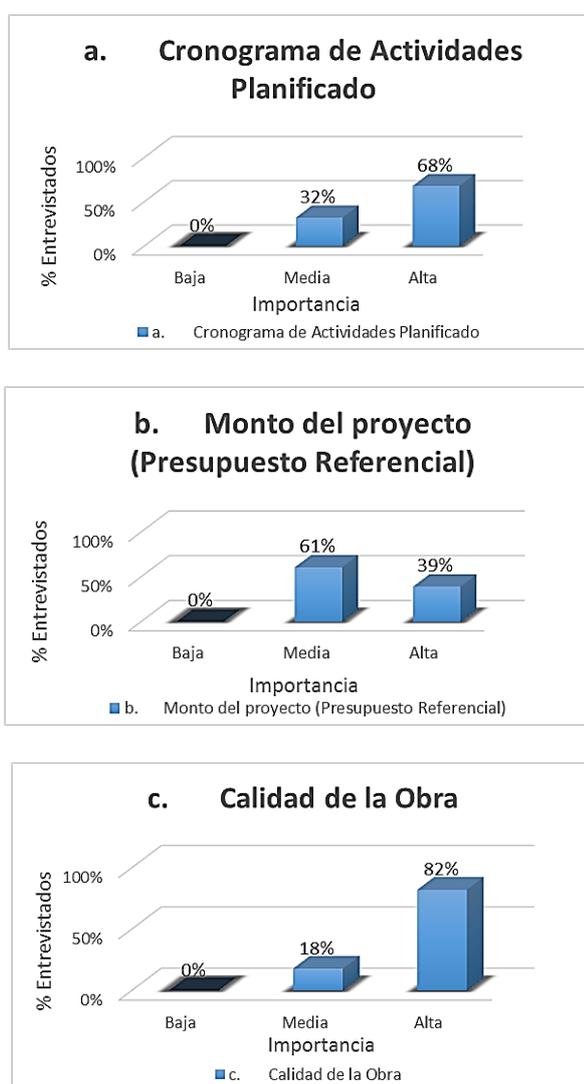


Ilustración 39.- a), b), c) Opinión personal sobre la afectación de las productividades

Se preguntó a los entrevistados cuán importante es para ellos cumplir con el cronograma de actividades, presupuesto referencial y calidad en obra, a lo que respondieron con mucha franqueza, según la Ilustración 39, que las empresas grandes son quienes más valoran cumplir con los tres parámetros mencionados, aunque es difícil, ellos procuran mantener un balance entre calidad, tiempo y costo, pues de ello dependerá en gran parte su prestigio, y sus finanzas, mientras que las empresas pequeñas escogen dos de tres, tiempo y costo.

En la siguiente pregunta se cuestionó la importancia de usar un equipo de personal técnico y administrativo ecuatoriano o extranjero, a lo que prácticamente la totalidad de los entrevistados respondieron que si bien es cierto, están obligados por los métodos de contratación pública a tener personal en mayor porcentaje ecuatoriano, ellos prefieren la presencia de extranjeros, puesto que sus metodologías de trabajo son más eficientes.

Al finalizar las entrevistas, se solicitó que de acuerdo con los problemas y factores que plantearon, se brindaran soluciones viables para mejorar la productividad en obra, a lo que respondieron:

- Mejorar la coordinación con los proveedores ya sea de equipos, materiales, o maquinaria pesada, pactar horarios específicos de llegada

a obra y exigir que se respeten tales horarios para reducir la pérdida de horas de trabajo (para de los obreros) por falta de alguno de estos implementos.

- Realizar una planificación realista de las actividades que se realizaran, esto analizando los rendimientos de cada equipo de trabajo en las condiciones actuales de obra, no asumir los de otras obras.
- Mantener siempre la obra limpia, es decir, estoquear los materiales y escombros para hacer las labores de limpieza de forma eficiente, y evitar accidentes.
- En caso de que se presenten retrasos de algún tipo con los proveedores, tener un plan de actividades realizables que no dependa de otras actividades o recursos retrasados, de este modo se reduciría los tiempos improductivos.
- Al finalizar cada día, o cada semana según se prefiera, hacer un control de las productividades de los operarios (incluye maquinaria y obreros) para poder darles indicaciones que mejoren su metodología de trabajo.
- Estudiar la posibilidad de proporcionar líquido a los obreros a través ya sea de dispensadores o simplemente bidones ubicados en sitios estratégicos, para que no deban movilizarse muy lejos.
- Invertir más en la alimentación e hidratación de los trabajadores, suena trivial, pero es una forma de tener motivados a los obreros, y a su vez, eleva la productividad.

- Crear cuadrillas de apoyo con personal que no se requiera en las actividades principales, para que aporten transportando herramientas y materiales de un sitio a otro dentro de la obra.
- Para agilizar los procesos de construcción, se recomienda definir espacios específicos cercanos a los sitios de trabajo, para ubicar los materiales que dicha actividad requiera.
- Controlar, y de ser necesario reestructurar la metodología de trabajo efectuada para actividades que se consideren críticas.
- Realizar un control minucioso de las actividades de la ruta crítica, procurar que estas estén siempre al día. Estandarizar cuadrillas tipo de trabajo.
- Implementar un sistema de recompensas para mantener al personal motivado.
- Realizar una planificación semanal y diaria, es decir, definir tareas a ejecutar en el día de labores y durante el transcurso de la semana, de modo que si una meta diaria no se cumple, se pueda reorganizar las de la semana.
- Envolver tanto a subcontratistas como a la gerencia de proyectos en la implementación de herramientas tales como las de “Lean Construction” Construcción sin Pérdidas.

- Seleccionar adecuadamente a los subcontratistas por su experiencia y habilidades en procesos similares, y por su predisposición a implementar un sistema de control de productividad.
- Analizar a fondo las fallas de procesos anteriores para evitar cometer los mismos errores.
- Programar las fechas de revisión y mantenimiento preventivos y correctivos de maquinaria y equipos. En caso de ser alquilados, exigir al arrendador equipos en correcto estado de funcionamiento.
- Establecer procesos ágiles para la adquisición de repuestos para los casos emergentes, ya sea para los equipos, maquinaria, o los mismos elementos que forman parte de los rubros de cada obra.
- Planificar diariamente los cronogramas y rutas de transporte.
- Registrar los retrasos en que incurren los proveedores para hacer llamados de atención a los mismos, o en el peor de los casos, estudiar la posibilidad de cambiar de proveedor o anticipar los pedidos.
- Conciliar los pedidos a los proveedores acorde a la capacidad de producción.
- Establecer el personal por etapas que será responsable de la realización de pedidos de materiales.
- Desarrollar sistemas de gestión que involucren el control de maquinaria, equipo, mano de obra y disponibilidad de materiales.

3.5. Factores que afectan la productividad

Productividad es la relación entre lo concebido por un sistema de producción y los recursos invertidos en ello, pero también se constituye por la medida de la eficiencia con que se administran tales recursos, es decir la relación producto – tiempo invertido. (Cantu, 2009)

De entre todos los factores que pueden afectar la productividad en obra, es vital determinar cuáles de ellos afectan de manera negativa para así poder tomar medidas de prevención o remediación ante la presencia de alguno de ellos.

Es importante determinar también cuáles serán las actividades principales (aquellas que intervienen en la realización de un rubro específico) y cuales las secundarias, es decir, aquellas que contribuyen con el desarrollo de las actividades principales. Si no se identifican a tiempo estas actividades secundarias, se corre el riesgo de restar horas de trabajo necesarias para cubrir las actividades principales.

Ahora bien, para la correcta evaluación de los rendimientos de cada actividad, será necesario medir el porcentaje de tiempo, mano de obra, equipo y maquinaria que se invierten en cada grupo de actividades del muestreo segregado. De este modo, al saber cómo se utiliza cada recurso, se reflejarán

los problemas que afectan a los rendimientos, una vez identificados se podrán tomar medidas correctivas y ello reducirá los costos que implica la realización de dicha actividad. A esto es a lo que se llama Técnica de Muestreo (Botero, 2003), las características principales de esta técnica son:

- Realiza un análisis cuantitativo en función del tiempo, actividades y recursos.
- Su aplicación es fundamentalmente a mano de obra, equipo y maquinaria.
- Por tratarse de un muestreo, este debe realizarse de forma aleatoria para mayor validez de los datos.
- Se recomienda establecer grupos de actividades para clasificar los recursos.
- Con los datos obtenidos del muestreo, y el debido análisis, se podrá realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

Los grupos de actividades que se deberían analizar son (Alarcón, 2001):

Trabajo Productivo.- Dentro de los que constan las labores requeridas para llevar a cabo las actividades principales de la obra, como por ejemplo obras de movimiento de tierras, de armado, encofrado y hormigonado de elementos estructurales, colocación, enlucido, empastado de mamposterías, entre otras.

Trabajo Contributivo.- Se refiere a aquellas actividades que contribuyen al desarrollo de una actividad principal, por ejemplo la interpretación de planos, emisión-transmisión de instrucciones, traslado de materiales, actividades de limpieza, etc.

Trabajo No Contributivo.- Aquí se consideran actividades que más bien influyen negativamente en las productividades, como lo son actividades de ocio, tiempos de esperas, traslados de un sitio a otro, cumplimiento de necesidades fisiológicas, descansos, reprocesos y muchas otras relacionadas.

Para la observación, recolección y registro de datos de las actividades en análisis, se recomienda realizar recorridos constantes de la obra, u observaciones desde una ubicación estratégica, también el uso de técnicas tales como los registros con cámaras fotográficas programadas a intervalos de tiempo determinados, o video filmadoras que capturen imágenes de los procesos de construcción durante cierto periodo de tiempo (elapsed time)

Como ya se mencionó, para determinar las principales actividades q ocasionan retrasos en construcción se procedió a llevar una entrevista estructurada, de las respuestas a las preguntas del formulario del ANEXO A, las de mayor frecuencia, como se observa en la Ilustración 40 y en la Ilustración 41 fueron:

- Retrasos por falta o demora de materiales, maquinaria, equipos o herramienta menor.
- Paralización debido a demora en el cumplimiento de actividades previas o reproceso de las ya existentes por haber sido mal ejecutadas.
- Demoras por no brindar a los obreros una adecuada instrucción del trabajo que realizarán.
- Tiempo muerto a causa de ocio, cumplimiento de necesidades fisiológicas, etc., por parte de los trabajadores.
- Sobrepoblación de trabajadores en áreas donde no son tan requeridos.
- Rediseños que retrasan los procesos, o que obligan a reprocesar una actividad.

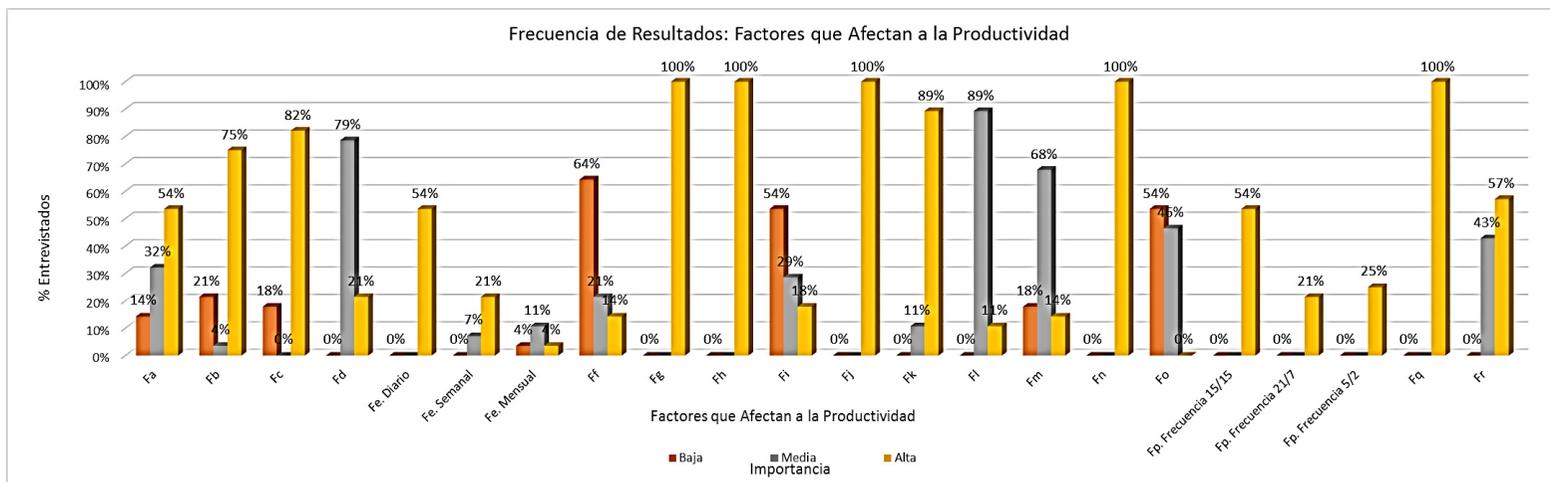


Ilustración 40.- Frecuencia de Resultados: Factores que Afectan a la Productividad (%)

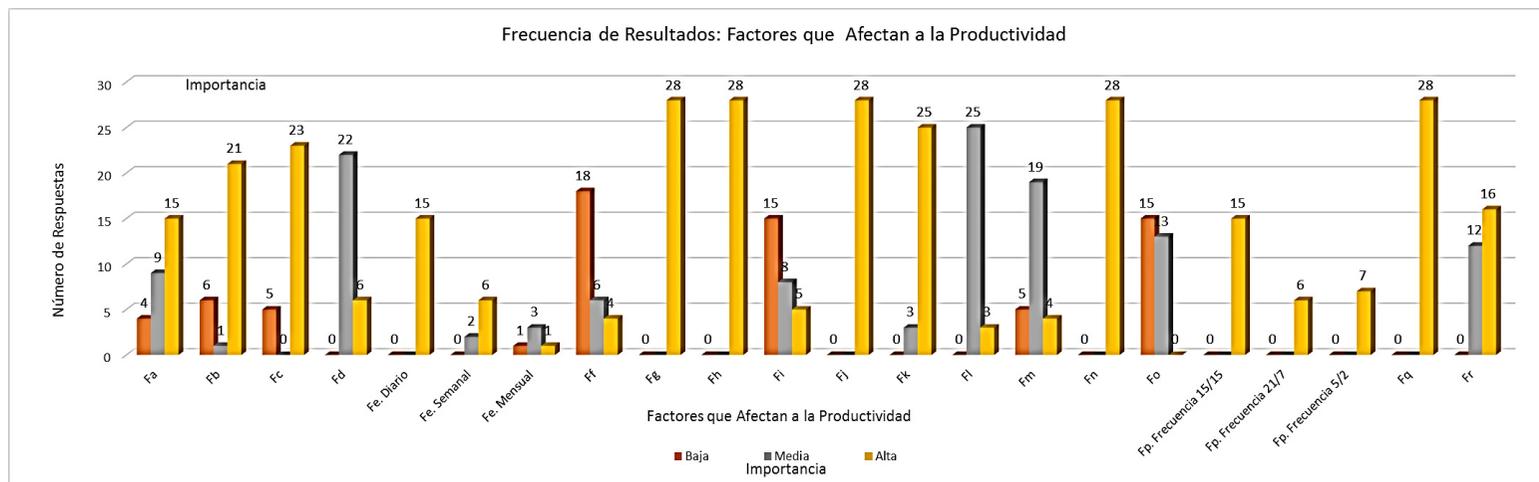


Ilustración 41.- Frecuencia de Resultados: Factores que Afectan a la Productividad (Cantidad de Respuestas)

CAPÍTULO 4

4. PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN

4.4. Metodología

Como es conocido, todo modelo de gestión cuenta con tres fases básicas (Ilustración 42), la fase inicial, la fase intermedia y la fase final.



Ilustración 42.- Secuencia de Fases Típicas del Ciclo de Vida de un Proyecto

La rigurosidad de detalle que cada una de estas fases contenga al final, dependerá de los requerimientos del producto final a entregar y del sistema al cual se aplicará.

(Arboleda Vélez, 2013) Sintetiza en la *etapa inicial* en la Ilustración 43

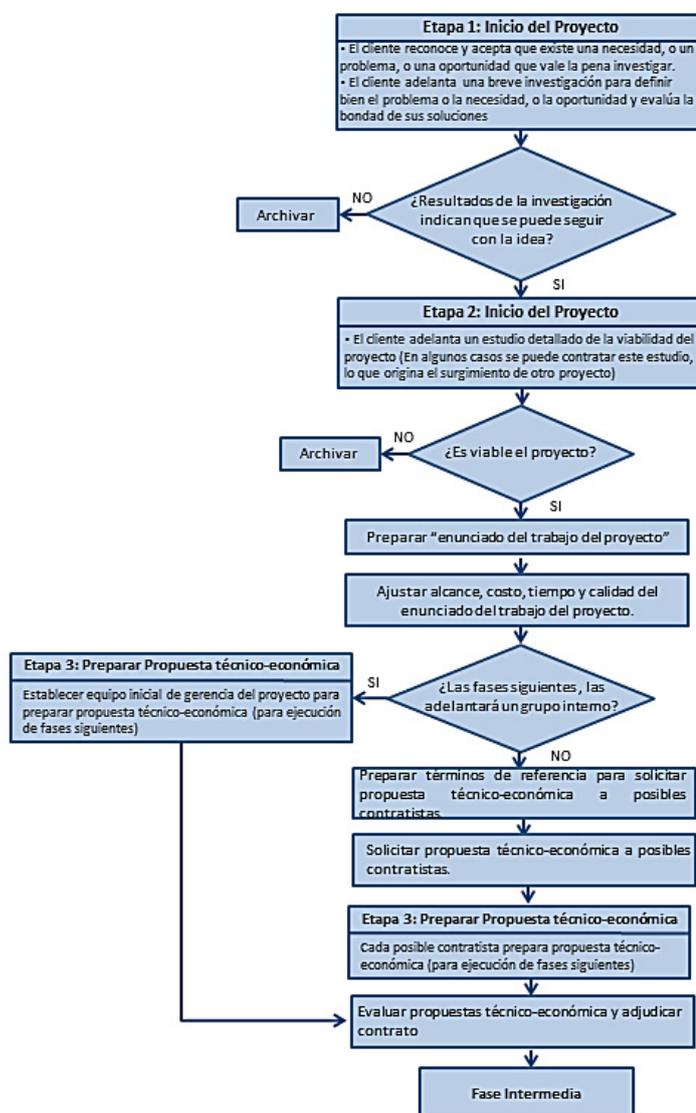


Ilustración 43.- Fase Inicial - Ciclo de Vida de un Proyecto

Indica que la *Fase Inicial* de un proyecto arranca desde el reconocimiento de la existencia de una necesidad o un problema, al cual se le encontrará una solución mediante una investigación que evalúe las posibles metodologías a seguir. Una vez claro el concepto de lo que se va a hacer, se prepara el

enunciado del proyecto, luego se ajustan el alcance, costo, tiempo y calidad del mismo, posteriormente se procede a la elaboración de una propuesta económica con la cual se participara en un concurso para adjudicarse el contrato.

La *Fase Intermedia* corresponde a la definición del proyecto, es decir, definir el proyecto como tal, definir el sistema que se aplicará y los requerimientos por parte de los usuarios de dicho sistema; y a la ejecución del proyecto, diseño, construcción e implementación.

La *Fase Final* contempla la aprobación del producto final, su entrega-recepción a la entidad contratante y la liquidación o cierre del proyecto.

4.5. Desarrollo del Marco de Gestión

En esta sección se establecerá un marco de gestión basado en el análisis de las productividades de dos proyectos de construcción que se describirán en el siguiente capítulo.

En Ecuador, una de las principales industrias que intervienen en el PIB es la de la construcción, sin embargo, a diferencia de otros procesos industriales, tiene muchos problemas con la gestión de la misma. El presente proyecto de

investigación, busca servir como guía para la implementación de sistemas de gestión de obras basándose principalmente en el estudio de las productividades que estas manejan, para de ese modo solucionar las principales causas de problemas que se generan a partir de una deficiente gestión o administración de proyectos de construcción.

El esquema general de esta investigación se basa en la adecuada y oportuna detección de problemas y presentar posibles soluciones acordes a las necesidades de la contratante y de los futuros usuarios. También se considera el análisis de productividades de varios proyectos de construcción para generar una base estadística de como varían los rendimientos o productividades en obra. Además se estudian distintos Modelos de Gestión aplicados por distintas instituciones (Filosofías como las de PMI – Project Management Institute o LEAN Construction – Construcción sin Pérdidas) estandarización de procedimientos para desarrollar proyectos, establecida en “A Guide to the Project Management Body Of Knowledge (PMBOK®)”, permite la sistematización para su aplicación contenida en el Diseño del Modelo de Gestión para Monitoreo y Control (MGMC) de Obras Civiles.

Existe quizá una falta de conocimiento o de aplicación de modelos de gestión de obras civiles que permitan un mejor control y seguimiento de las actividades realizadas en los procesos constructivos, lo que da como resultado obras que no se desarrollan según la planificación inicial, quizá debido a conflictos

políticos, económicos, sociales, que incurren también en mayores gastos y mayor uso de recursos, lo que incrementa el presupuesto planteado al inicio del proyecto. Por todo esto, en la actualidad, no se aprovechan eficientemente las experiencias de obras anteriores para la mejora en el desarrollo de las actuales, puesto que estas variaciones se convierten en errores reiterativos que no se corrigen durante la planificación y ejecución, generando pérdidas ya sea económicas o de calidad en el producto final. En nuestro medio, un proyecto se considera exitoso si se desarrolla en el tiempo establecido, con la calidad y costo adecuados, para ello debe desarrollarse bajo el estricto control que un marco de gestión ofrece. (Ayala, 2012)

Repetir los errores cometidos en otras obras, es una práctica común, es por ello que se requiere un análisis individual para cada obra, puesto que los problemas que se generen en ella serán exclusivos de su desarrollo, esto no quita que se puedan aplicar soluciones similares empleadas en casos parecidos, siempre que se adapten al caso actual.

| INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|--|---|--|
| GRUPOS INVOLUCRADOS | INTERESES RESPECTO AL PROBLEMA | PROBLEMAS PERCIBIDOS | RECURSOS Y MANDATOS | CONFLICTOS POTENCIALES |
| ENTIDAD CONTRATANTE | Inversión Eficiente | Recursos Insuficientes, Gastos Innecesarios, Planificación Deficiente. | Ley de Contratación Pública, Planificación de Obras. | Recursos Insuficientes |
| CONSTRUCTORA | Obra de Calidad | Problemas en Ejecución, Deficientes Rendimientos, | Profesionales, Técnicos y Obreros Calificados, Contrato de Obra, Especificaciones Técnicas. | Poner en Riesgo Calidad y Períodos de Tiempo por Descuidar el Compromiso con la Obra |
| USUARIO | Solucionar Necesidades | Soluciones Tardías, Baja Calidad Resultados | Planes Estratégicos, Cumplimiento de Plan Masa o Infraestructura | Oposición a Ejecución del Proyecto |
| GOBIERNO | Aplicación de Mejoras | Atrasos Permanentes en los Proyectos | Planes Estratégicos, Cumplimiento de Plan Masa o Infraestructura Institucional | Falta de Asignación Presupuestaria, Atención a Otras Prioridades |

Tabla III.- Involucrados en el Proyecto
(Ayala, 2012)

Es importante definir quiénes serán y que rol cumple cada uno de los involucrados en el desarrollo de cualquier proyecto, esto para poder determinar los conflictos potenciales que pudieran generarse. Tabla III)

Análisis de problemas. - Realizar un análisis integral de problemas mediante el uso de medios visuales, es se considera la forma más apropiada para lograr una perspectiva amplia de cuáles son las causas y efectos de cada problema.

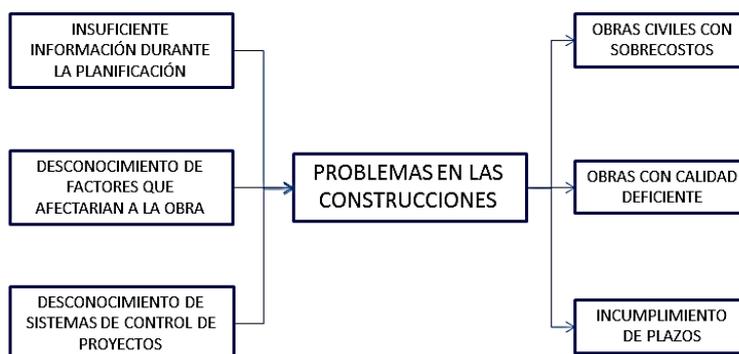


Ilustración 44.- Problemas en las Construcciones: Causas y Efectos

Análisis de objetivos.- Una vez identificados los problemas, se podrán plantear objetivos a alcanzar para la resolución de los mismos, y asignar al responsable a cargo de dicha solución.

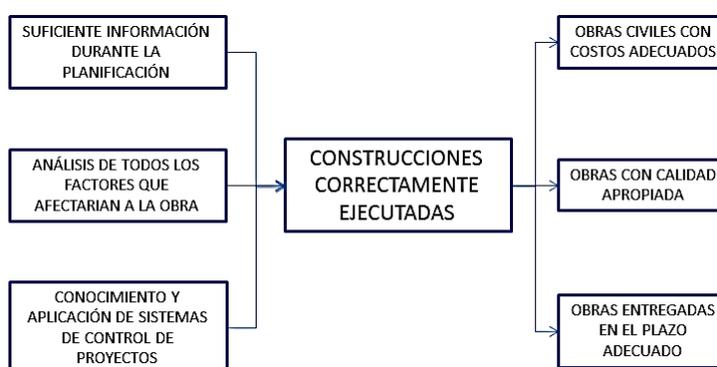


Ilustración 45.- Objetivos para una Correcta Ejecución

Análisis de alternativas.- Una vez planteados los objetivos, lo recomendable es plantear también más de una posible solución a los mismos, de las cuales se seleccionarán las más importantes, pero se dejarán las demás como alternativas en caso de necesitarse posteriormente.

Para el desarrollo y análisis de estas actividades, se suele utilizar una matriz llamada Matriz de Marco Lógico (Tabla IV) que funciona como una herramienta explicativa de la relación entre los objetivos, componentes, actividades, indicadores, medios de verificación y supuestos del proyecto, con cuyo análisis se puede determinar si la solución propuesta al problema es la adecuada. Permite armar un plan estratégico para la solución de problemas y establecer la coherencia entre actividades, resultados, propósito y objetivo de desarrollo de un proyecto.

| Resumen Narrativo de Objetivos | Indicadores Verificables Objetivamente | Medios de Verificación | Supuestos |
|--|--|--|---|
| FIN: Establecer un Modelo de Gestión para Monitoreo y Control de Obras Civiles. | Dentro de un plazo determinado, los Proyectos de obras civiles cumplirán con lo planificado en Inversión, Cantidad, Calidad y Entrega a Tiempo. | Obtener información para verificar que el presupuesto se utilizó como estaba planificado. | Falta de disposición de los promotores o entidades públicas, para asegurarse de la implementación del Modelo de Gestión en las obras civiles. |
| PROPÓSITO: Contar con un conjunto de procesos que permitan realizar el monitoreo y control de obras en cada una de las etapas del proyecto. | Entrega de Manual de Procesos para cumplir con el control de obras. | Evaluación de aplicación de Procesos, Planillaje, monitoreo y control de obra. | Resistencia de contratistas y/o fiscalización a aplicar los procesos de control por desconocimiento de los beneficios. |
| COMPONENTES: Inicio, Planificación, Ejecución y Cierre de Proyecto. | Entregables de planificación, Indicador de Avance y cumplimiento de cronograma, Indicadores de cumplimiento de requerimientos de calidad. | Actas de reuniones, Informes de Avance de Obra, Indicadores de cumplimiento de cronograma, Reportes Financieros, Soportes de Resultados de Ensayos para cumplimiento de especificaciones técnicas. | No se lleva adecuadamente el registro de datos para la elaboración de informes financieros, desempeño, calidad y avance de obra. |
| ACTIVIDADES: Levantar información oportuna que permita establecer cualquier desvío, para realizar los reajustes acorde a la planificación. | Medición de cantidades de obra, medición de productividades, cálculo de indicadores de desempeño, uso de materiales y recursos, seguimiento del cronograma y porcentaje de avance. | Cantidades de obra, Reportes de control de calidad, informes de cumplimiento de tiempos. | No se cuenta con personal eficiente, preparado o suficiente, no se cuenta con la preparación necesaria para el levantamiento de la información que se requiere para la elaboración de indicadores e informes respectivos. |

Tabla IV.- Matriz de Marco Lógico

Modelo de Gestión

“Gestión es hacer que las cosas sucedan”, según Peter Ferdinand Drucker (Viena, 19 de noviembre de 1909 – Claremont, 11 de noviembre de 2005). Lo

que nos lleva a deducir que un Modelo de Gestión, es un esquema de procesos a seguir para administrar o gestionar actividades que cumplirán con las metas propuestas para un proyecto. Esto es, un plan para gobernar, dirigir, ordenar, disponer u organizar acciones que lleven al cumplimiento de un objetivo que generará satisfacción en el usuario. (Concepto deducido de la RAE)

Un Modelo de Gestión brinda al usuario, en este caso la empresa constructora, las herramientas necesarias para optimizar su sistema de gestión, a través del mejoramiento de los procesos.

Existen muchos tipos de Gerenciamiento, pero la mayoría se generan en respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿QUÉ ES LO QUE SE DEBE CONTROLAR?
2. ¿CUÁL ES EL PROCESO A IMPLEMENTAR?
3. ¿CUÁLES SON LAS HERRAMIENTAS DISPONIBLES?
4. ¿CUÁL SERÁ LA PERIODICIDAD DEL CONTROL?
5. ¿QUIÉN ESTARÁ A CARGO?
6. ¿CUÁNDO SE IMPLANTARÁ?
7. ¿CÓMO SE IMPLANTARÁ?
8. ¿CUÁLES SERÍAN LOS PRINCIPALES INCONVENIENTES?
9. ¿CUÁLES SERÍAN SUS PRINCIPALES BENEFICIOS?

Para el presente proyecto de investigación, se sugiere la implementación de un sistema de Gestión de Obras basado en el Análisis de Productividades de proyectos anteriores, esto es, mediante un análisis multivariado que permita establecer cuál es la afectación de los factores mencionadas en el Capítulo 3, sobre la Productividad de cada actividad.

¿QUÉ ES LO QUE SE DEBE CONTROLAR?

Como primer punto, se deberá definir la problemática, ¿qué es lo que se debe controlar?, detallar desde una perspectiva amplia grupos de actividades dentro del proyecto general, es decir, armar paquetes de rubros que estén relacionados entre sí o que tengan características similares, como lo muestra la Ilustración 46.- Agrupación de Rubros Ilustración 46, partiendo del presupuesto referencial con el que se concursa, se puede hacer esta distribución de manera más sencilla, es importante declarar para cada “rubro” (así le llamaremos a cada actividad) cuáles serán las unidades de medición y un código interno para mayor facilidad en el registro:

| 100 - OBRA CIVIL | | |
|-------------------------|-----------------------------|----|
| 10 | EXCAVACIONES | M3 |
| 11 | RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | M3 |
| 12 | ARMADURAS | Kg |
| 13 | ARMADURAS O MALLAS | Kg |
| 14 | ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | Kg |
| 15 | ENCOFRADOS PARA BASES | M2 |
| 16 | ENCOF. TAB., COLUM. Y VIGAS | M2 |
| 17 | ENCOF. P/PREMOLDEADOS | M2 |
| 18 | HORMIGONES FIBRADOS | M3 |
| 19 | HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | M3 |
| 20 | HORM. P/PREMOLDEADOS | M3 |
| 21 | HORMIGON DE PAVIMENTOS | M3 |
| 22 | GROUTING | M3 |
| 23 | PAVIMENTOS ASFALTICOS | M2 |
| 24 | PERNOS DE ANCLAJE | Kg |
| 25 | COLOCACION DE INSERTOS | Kg |
| 26 | JUNTAS DE PAVIM. y PASAD. | Un |
| 01 | MISCELANEOS O. CIVIL | GI |

| 200 - MONTAJE MECANICO | | |
|-------------------------------|----------------------------|----|
| 43 | PLACAS DESGASTE TOLVAS | GL |
| 44 | PREARMADO DE COMPONENTES | GI |
| 45 | MONT. EQUIPOS LMIANOS | GI |
| 46 | MONT. EQUIPOS MEDIANOS | GI |
| 47 | MONT. EQUIPOS PESADOS | GI |
| 48 | NIVEL. ALINEACION Y AJUSTE | GI |
| 49 | MONT. CINTAS Y RODILLOS | GI |
| 02 | MISCELANEOS M. MECANICO | GI |

| 400 - ARQUITECTURA | | |
|---------------------------|------------------------------|----|
| 38 | ALBAÑILERIA | GI |
| 39 | MONTAJE DE ABERTURAS | GI |
| 40 | REV. EST. DE CHAPA Y PANELES | M2 |
| 41 | COLOC. DE VENTILACIONES | Un |
| 42 | ALAMBRADES Y PORTONES | M |
| 04 | MISCELANEOS A RQUITECTURA | GI |

| 600 - MONTAJE ELECTRICO | | |
|--------------------------------|-----------------------------|----|
| 60 | MONT. DE CONDUITS | M |
| 61 | MONT. CAJAS Y PANELES ILUM. | Un |
| 62 | MONT. MCC Y CELDAS DE M.T. | Un |
| 63 | MONT. COLUM. ILUMIN. EXTER. | Un |
| 64 | MONT. LUMINARIAS EN COLUM. | Un |
| 65 | MONT. ARTEF. ILUM. INTERIOR | Un |
| 66 | MONT. BANDEJAS P/CABLES | M |
| 67 | CABLEADO Y CONEXIONADO | M |
| 68 | MONT. DE PARARRAYOS | Un |
| 69 | COLOCACION DE JABALINAS | Un |
| 70 | CONSTR. PLACAS CU P/P.A.T. | Un |
| 71 | SOLDADURA CADWELD | Un |
| 72 | MONT. EQUIPOS ELECTRICOS | GI |
| 06 | MISCELANEOS ELECTRICOS | GI |

| 700 - INSTRUMENTACION | | |
|------------------------------|-------------------------|----|
| 76 | MONT. CAJAS (JB & TB) | Un |
| 77 | MONT. INSTRUMENTOS | Un |
| 78 | CHEQUEO Y CALIBRACION | GI |
| 07 | MISCELANEOS INSTRUMENT. | GI |

| 800 - MONTAJE PIPING | | |
|-----------------------------|------------------------------|----|
| 80 | MONT. CAÑERIAS 3/4" a 2 1/2" | M |
| 81 | MONT. CAÑERIAS 3" a 6" | M |
| 82 | MONT. CAÑERIAS 8" y MAS | M |
| 83 | LIMPIEZA DE CAÑERIAS | GI |
| 84 | PRUEBAS HIDRAULICAS | GI |
| 08 | MISCELANEOS PIPING | GI |

Ilustración 46.- Agrupación de Rubros

Datos de Obra otorgados por el Ing. Carlos Zabala Medina

Habr  quienes prefieran incluir en la hoja de control una columna para el precio del rubro, en lo personal, preferirá llevar esa contabilidad en otro cuadro, puesto que lo que nos interesa para este sistema, es principalmente son las productividades, como proyectista será mi punto de control, pero para demostrar un avance financiero será muy útil reflejar estas productividades en funci3n de los costos.

Se propone la utilizaci3n de una tabla electr3nica que guarde el registro de las cantidades presupuestadas, pero incluya tambi3n las "Cantidades Actuales" ejecutadas.



| | | | CANTIDADES | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------|------------|----------|---------|-------------|---------|---------|
| Fase | Descrip. del Item | U.M. | ACTUAL | | | PRESUPUESTO | | |
| | | | Acum. | Faltante | Final | Original | Cambios | Actual |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| TOTALES GENERALES : | | | | | | | | |
| 100 - OBRA CIVIL | | | | | | | | |
| | 10 EXCAVACIONES | M3 | 6,817 | | 6,817 | | 6,817 | 6,817 |
| | 11 RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | M3 | 3,831 | | 3,831 | | 3,831 | 3,831 |
| | 12 ARMADURAS | Kg | 314,969 | | 314,969 | 206,000 | 108,969 | 314,969 |
| | 13 ARMADAURAS C/MALLAS | Kg | | | | | | |
| | 14 ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | Kg | 56,849 | | 56,849 | 8,000 | 48,849 | 56,849 |
| | 15 ENCOFRADOS PARA BASES | M2 | 2,129 | | 2,129 | 2,172 | (43) | 2,129 |
| | 16 ENCOF. TAB., COLUM. Y VIGAS | M2 | 6,835 | | 6,835 | 3,581 | 3,254 | 6,835 |
| | 17 ENCOF. PIPREMOLDEADOS | M2 | 4,820 | | 4,820 | | 4,820 | 4,820 |
| | 18 HORMIGONES P/BASES | M3 | 1,218 | | 1,218 | 1,126 | 92 | 1,218 |
| | 19 HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | M3 | 907 | | 907 | 997 | (90) | 907 |
| | 20 HORM. PIPREMOLDEADOS | M3 | 429 | | 429 | 495 | (66) | 429 |
| | 21 HORMIGON DE PAVIMENTOS | M3 | 1,580 | | 1,580 | 1,240 | 340 | 1,580 |
| | 22 GROUTING | M3 | 3.30 | | 3.30 | 0.17 | 3.13 | 3.30 |
| | 23 PAV. IMENTOS ASFALTICOS | M2 | | | | | | |
| | 24 PERNOS DE ANCLAJE | Kg | 1,774 | | 1,774 | 1,200 | 574 | 1,774 |
| | 25 COLOCACION DE INSERTOS | Kg | 36,173 | | 36,173 | 1,980 | 34,193 | 36,173 |
| | 26 JUNTAS DE PAVIM. y PASAD. | Un | 922 | | 922 | | 922 | 922 |
| | 01 MISCELANEOS O. CIVIL | Gl | 98.5% | 1.5% | 100% | | 100% | 100% |

Tabla V.- Cuadro de Cantidades: Actual - Presupuesto

Para el grupo “Actual”, se generará una columna que agrupe la cantidad “Acumulada”, la cantidad “Faltante” a la fecha y la “Final” o la meta a alcanzar.

Para el grupo “Presupuesto”, se tiene la columna de “Cantidad Original” que tendrá los valores contratados, se recomienda incluir una columna con el detalle de los “Cambios” en las cantidades originales al finalizar la obra, y un resumen de la cantidad “Actual” de cada rubro.

Se implementará un proceso de control de productividades a través de la medición de las horas de trabajo vs. las cantidades de cada rubro ejecutado, del mismo modo que en el caso anterior, se dividirá en “Actual” y “Presupuesto”. Tabla VI y Tabla VII



| | | | HORAS - HOMBRE | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|------|----------------|---------------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Fase | Descrip. del Item | U.M. | ACTUAL | | | PRESUPUESTO | | | |
| | | | Mes.. | Acum. | Faltante | Final | Original | Cambios | Actual |
| 1 | 2 | 3 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | | | | 201772 | 2726 | 204498 | 94598 | 126473 | 221070 |
| 100 - OBRA CIVIL | | | | | | | | | |
| 10 | EXCAVACIONES | M3 | | 5,962 | | 5,962 | | 8,180 | 8,180 |
| 11 | RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | M3 | | 4,137 | | 4,137 | | 7,663 | 7,663 |
| 12 | ARMADURAS | Kg | | 30,676 | | 30,676 | 20,600 | 10,897 | 31,497 |
| 13 | ARMADURAS C/MALLAS | Kg | | | | | | | |
| 14 | ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | Kg | | 15,806 | | 15,806 | 1,600 | 9,770 | 11,370 |
| 15 | ENCOFRADOS PARA BASES | M2 | | 12,714 | | 12,714 | 11,294 | (223) | 11,071 |
| 16 | ENCOF. TAB., COLUM. Y VIGAS | M2 | | 28,849 | | 28,849 | 21,486 | 19,524 | 41,010 |
| 17 | ENCOF. PIPREMOLDEADOS | M2 | | 20,277 | | 20,277 | | 28,920 | 28,920 |
| 18 | HORMIGONES P/BASES | M3 | | 7,814 | | 7,814 | 5,630 | 461 | 6,091 |
| 19 | HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | M3 | | 8,299 | | 8,299 | 4,985 | (449) | 4,536 |
| 20 | HORM. PIPREMOLDEADOS | M3 | | 2,868 | | 2,868 | 2,475 | (329) | 2,146 |
| 21 | HORMIGON DE PAVIMENTOS | M3 | | 5,733 | | 5,733 | 6,200 | 1,699 | 7,899 |
| 22 | GROUTING | M3 | | 339 | | 339 | 12 | 219 | 231 |
| 23 | PAV. IMENTOS ASFALTICOS | M2 | | | | | | | |
| 24 | PERNOS DE ANCLAJE | Kg | | 676 | | 676 | 204 | 98 | 302 |
| 25 | COLOCACION DE INSERTOS | Kg | | 7,674 | | 7,674 | 396 | 6,839 | 7,235 |
| 26 | JUNTAS DE PAVIM. Y PASAD. | Lm | | 1,391 | | 1,391 | | 2,765 | 2,765 |
| 01 | MISCELANEOS O. CIVIL | Ci | | 1,668 | 33 | 1,700 | | 1,700 | 1,700 |
| TOTALES OBRA CIVIL: | | | | 154880 | 33 | 154912 | 74882 | 97733 | 172615 |

Tabla VI.- Cuadro de Horas de Trabajo: Actual - Presupuesto



| | | | PRODUCTIVIDAD (HH/Cantidad) | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|------|-----------------------------|----------|-------|-------------|---------|--------|
| Fase | Descrip. del Item | U.M. | ACTUAL | | | PRESUPUESTO | | |
| | | | Acum. | Faltante | Final | Original | Cambios | Actual |
| 1 | 2 | 3 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 100 - OBRA CIVIL | | | | | | | | |
| | 10 EXCAVACIONES | M3 | 0.87 | | 0.87 | | 1.20 | 1.20 |
| | 11 RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | M3 | 1.08 | | 1.08 | | 2.00 | 2.00 |
| | 12 ARMADURAS | Kg | 0.10 | | 0.10 | 0.10 | | 0.10 |
| | 13 ARMADURAS C/MALLAS | Kg | | | | | | |
| | 14 ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | Kg | 0.28 | | 0.28 | 0.20 | | 0.20 |
| | 15 ENCOFRADOS PARA BASES | M2 | 5.97 | | 5.97 | 5.20 | | 5.20 |
| | 16 ENCOF. TAB., COLUM. Y VIGAS | M2 | 4.22 | | 4.22 | 6.00 | | 6.00 |
| | 17 ENCOF. PIPREMOLDEADOS | M2 | 4.21 | | 4.21 | | 6.00 | 6.00 |
| | 18 HORMIGONES PIBASES | M3 | 6.41 | | 6.41 | 5.00 | | 5.00 |
| | 19 HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | M3 | 9.15 | | 9.15 | 5.00 | | 5.00 |
| | 20 HORM. PIPREMOLDEADOS | M3 | 6.68 | | 6.68 | 5.00 | | 5.00 |
| | 21 HORMIGON DE PAVIMENTOS | M3 | 3.63 | | 3.63 | 5.00 | | 5.00 |
| | 22 GROUTING | M3 | 103 | | 103 | 70.00 | | 70.00 |
| | 23 PAV. IMENTOS ASFALTICOS | M2 | | | | | | |
| | 24 PERNOS DE ANCLAJE | Kg | 0.38 | | 0.38 | 0.17 | | 0.17 |
| | 25 COLOCACION DE INSERTOS | Kg | 0.21 | | 0.21 | 0.20 | | 0.20 |
| | 26 JUNTAS DE PAVIM. y PASAD. | Uh | 1.51 | | 1.51 | | 3.00 | 3.00 |
| | 01 MISCELANEOS O. CIVIL | Gl | 1693 | 1700 | 1700 | | 1,700 | 1700 |

Tabla VII.- Cuadro de Productividad por actividad: Actual – Presupuesto

Otra herramienta útil, sería llevar el control de los “Desvíos” u horas disponibles para reasignar a otros rubros si el cálculo diese positivo, en caso de resultar negativo, serán las horas necesarias para cumplir con tal rubro en el balance general.

Incluir en un lugar de fácil visibilidad dentro de la hoja de cálculo, el porcentaje de avance en horas programado, vs. el ejecutado, sería de mucha utilidad para ver cuál es el porcentaje de retraso o de adelanto en las actividades de forma global.

ACTUALIZADO AL: FECHA ACTUAL
 AVANCE HORAS: **98.7%**
 AVANCE PONDERADO: **98.4%**
 DIFERENCIA: 0.3%

| | | | DESVIOS | | INCID. Y AVANCES | | | |
|----------------------------|-----------------------------|------|-----------------|---------------|------------------|---------|--------------|-------------|
| Fase | Descrip. del Item | U.M. | h-H | % | Incid. | Avances | | |
| | | | 25 | 26 | Item | Prod. | Pond. | h-H |
| 1 | 2 | 3 | | | 27 | 28 | 29 | 30 |
| | | | (16,573) | -7.5% | 100% | | 98.4% | 98.7% |
| 100 - OBRA CIVIL | | | | | | | | |
| 10 | EXCAVACIONES | M3 | (2,218.6) | -27% | 3.70% | 100% | 3.7% | 100% |
| 11 | RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | M3 | (3,526.0) | -46% | 3.47% | 100% | 3.5% | 100% |
| 12 | ARMADURAS | Kg | (821.4) | -3% | 14.25% | 100% | 14.2% | 100% |
| 13 | ARMADAURAS C/MALLAS | Kg | | | | | | |
| 14 | ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | Kg | 4,435.8 | 39% | 5.14% | 100% | 5.1% | 100% |
| 15 | ENCOFRADOS PARA BASES | M2 | 1,642.7 | 15% | 5.01% | 100% | 5.0% | 100% |
| 16 | ENCOF. TAB., COLUM. Y VIGAS | M2 | (12,161.5) | -30% | 18.55% | 100% | 18.6% | 100% |
| 17 | ENCOF. PIPREMOLDEADOS | M2 | (8,643.0) | -30% | 13.08% | 100% | 13.1% | 100% |
| 18 | HORMIGONES P/BASES | M3 | 1,723.0 | 28% | 2.76% | 100% | 2.8% | 100% |
| 19 | HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | M3 | 3,763.0 | 83% | 2.05% | 100% | 2.1% | 100% |
| 20 | HORM. PIPREMOLDEADOS | M3 | 721.9 | 34% | 0.97% | 100% | 1.0% | 100% |
| 21 | HORMIGON DE PAVIMENTOS | M3 | (2,166.1) | -27% | 3.57% | 100% | 3.6% | 100% |
| 22 | GROUTING | M3 | 108.0 | 47% | 0.10% | 100% | 0.10% | 100% |
| 23 | PAV. IMENTOS ASFALTICOS | M2 | | | | | | |
| 24 | PERNOS DE ANCLAJE | Kg | 374.4 | 124% | 0.14% | 100% | 0.1% | 100% |
| 25 | COLOCACION DE INSERTOS | Kg | 439.4 | 6% | 3.27% | 100% | 3.3% | 100% |
| 26 | JUNTAS DE PAVIM. y PASAD. | Un | (1,374.6) | -50% | 1.25% | 100% | 1.3% | 100% |
| 01 | MISCELANEOS O. CIVIL | Gl | | | 0.77% | 98.5% | 0.8% | 98.1% |
| TOTALES OBRA CIVIL: | | | (17,703) | -10.3% | 78.1% | | 78.1% | 100% |

Tabla VIII.- Desvíos y Porcentajes de Avance Real vs. Actual

¿CUÁL ES EL PROCESO A IMPLEMENTAR?

El presente proyecto tiene como objetivo implementar un sistema capaz de llevar el control de productividades de cada actividad, cuántas unidades se producen de cada rubro, en relación al tiempo de producción (Tabla IX). Con este dato, se podrá evaluar la cantidad de horas (horas hombre / horas máquina) de que se dispone en cada actividad y poderlas redistribuir en caso de ser necesario. Se podrán evitar los tiempos muertos por falta de asignación

de actividades, por mala coordinación con los proveedores, etc., así también se podrá reevaluar constantemente la obra y redistribuir actividades.

¿CUÁL SERÁ LA PERIODICIDAD DEL CONTROL?

En el caso de estudio, se analiza una valoración mensual de los resultados, y con ello se realiza un control de las productividades, sin embargo, para realizar una correcta correlación estadística, se recomienda que estos datos sean tomados diariamente, de ese modo se contará con un rango de valores mucho más próximos a la realidad, debido a que la toma de datos para este caso fue mensual, se observa gran variabilidad en las productividades, es por ello que se plantea el uso de un software que permita guardar el registro diario de las cantidades producidas en obra, el personal, equipo y materiales utilizados, y el tiempo de ejecución de cada rubro, además de las condiciones de trabajo, pues es bien sabido que de ello depende en gran porcentaje la variación en la productividad.

| ACUMULADO | | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 | MES 13 | MES 14 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|---------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|-------|-----|--|--|--|--|
| PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | PROD. | HS. | | | | | | | | | | | | | | |
| 6817 | 5962 | 3390 | 2517 | 385.83 | 1144 | 217.36 | 177 | 15 | 45 | 1060 | 560 | 683.11 | 784 | 100 | 147 | 965.45 | 588 | | | | | | | | | | | | |
| 3831 | 4137 | 75 | 495 | 1257.71 | 508 | 668.15 | 854 | 252.66 | 685 | 1179 | 1054 | 37 | 130 | 346.48 | 369 | 15.27 | 42 | | | | | | | | | | | | |
| 314969 | 30676 | 66553 | 5547 | 133523 | 9539 | 24141 | 5057 | 13447 | 2993 | 10652 | 1717 | 22712 | 2402 | 40387 | 3106 | 3554 | 315 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56849 | 15806 | | | 3225 | 735 | 24205 | 7356 | 22170 | 6665 | 1646 | 50 | 1216 | 350 | 4322 | 626 | 64.56 | 24 | | | | | | | | | | | | |
| 2129 | 12714 | 587 | 2195 | 699.4 | 4360 | 357.02 | 3566 | 118.11 | 309 | 186.9 | 994 | 130.37 | 1028 | 38.2 | 193 | 12.1 | 70 | | | | | | | | | | | | |
| 6835 | 28849 | 2.3E-13 | | 1182.24 | 3158 | 2052.3 | 8764 | 744.18 | 6490 | 429.38 | 1858 | 421 | 2174 | 1184.86 | 5956 | 821 | 450 | | | | | | | | | | | | |
| 4820 | 20277 | | | 587.2 | 1611 | 2910.4 | 12104 | 1089 | 5258 | 46.8 | 387 | 174.6 | 893 | 12 | 25 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1218 | 7814 | 368 | 2453 | 233.49 | 2166 | 51.62 | 471 | 13.7 | 47 | 211 | 1013 | 192 | 992 | 133.39 | 606 | 15 | 67 | | | | | | | | | | | | |
| 907 | 8299 | 100 | | 107.53 | 823 | 194.3 | 4358 | 99.24 | 972 | 105.97 | 725 | 101.4 | 648 | 145.56 | 675 | 53.2 | 100 | | | | | | | | | | | | |
| 429 | 2868 | | | | | 43.7 | 465 | 228.4 | 965 | 123 | 1347 | 3.5 | 22 | 4.87 | 32 | 25.76 | 38 | | | | | | | | | | | | |
| 1580 | 5733 | 118 | 411 | 725.1 | 2968 | 50.87 | 120 | 115.5 | 515 | 66 | 489 | 6.07 | 39 | 309.46 | 952 | 188.82 | 240 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 339 | | | | | | | | | | | 0.5 | 100 | 0.5 | 40 | | | 1.8 | 126 | 0.5 | 73 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1774 | 676 | | | | | | | | | | | 350 | 129 | 1424 | 547 | | | | | | | | | | | | | | |
| 36173 | 7674 | | | 94.7 | 181 | 3000 | 1551 | 9594.3 | 2619 | 8428.9 | 2633 | 14885 | 509 | | | | | 170 | 182 | | | | | | | | | | |
| 922 | 1391 | 117 | 122 | 381 | 738 | 0.5 | 24 | 50 | 137 | 200 | 67 | 6.5 | 20 | 160 | 228 | 6.7 | 55 | | | | | | | | | | | | |
| 99% | 1668 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.5 | 530 | 0.45 | 511 | 0.02 | 329 | 0.015 | 298 | | | | |
| | 154880 | | 13357 | | 26511 | | 34374 | | 34544 | | 17762 | | 9714 | | 14368 | | 2196 | | 656 | | 584 | | 329 | | 298 | | | | |

Tabla IX.- Control de Horas Laboradas vs. Unidades Producidas

¿QUIÉN ESTARÁ A CARGO?

Se deberá asignar a una persona para que dirija la obra en forma global, sea esta un “Residente de Obra” para el caso de proyectos pequeños, y un “Superintendente de Obra” para el caso de obras de mayor envergadura. Será esta persona la encargada de distribuir actividades y asignar recursos, a su vez, será quien agrupe al personal disponible para que se dedique a trabajar los grupos de actividades antes definidos, estos serán los “Equipos de Trabajo”.

Cada equipo de trabajo contará con un líder a cargo, se recomienda que sea el ingeniero especialista en esa área. De tratarse de una obra pequeña, ese rol lo desempeñará el maestro de obra, o los albañiles especialistas.

La responsabilidad de los líderes de equipo, será la de llevar un control del avance, y una subdivisión de las actividades al equipo asignadas, deberán asegurarse del cumplimiento de las metas diarias, semanales o mensuales.

¿CUÁNDO SE IMPLANTARÁ?

Lo óptimo sería implementar este sistema de evaluación de rendimientos al iniciar la obra, para poder controlar desde un inicio los tiempos de ocio, y

redistribuirlos adecuadamente conforme se vaya necesitando en cada actividad.

A cada equipo de actividades se le debe solicitar mantenga relación continua con los demás equipos, puesto que habrá actividades mutuamente dependientes. Es por este motivo, que se debe mantener contacto con los demás líderes para poder sincronizar actividades.

¿CÓMO SE IMPLANTARÁ?

El plan es usar un software, lo ideal sería a través de una aplicación móvil que permita el ingreso diario de actividades, con sus respectivas productividades, que dicho software alimente una base de datos continuamente a través de las cuales, se obtendrán relaciones estadísticas para llevar un control de probabilidades de los procesos.

El uso de esta aplicación estaría dirigido por el superintendente de la obra, quien diariamente recogería la información captada por cada uno de los residentes de área, para luego procesarla y obtener el factor de productividad de ese rubro en cada día de trabajo durante toda la obra.

¿CUÁLES SERÍAN LOS PRINCIPALES INCONVENIENTES?

Los principales inconvenientes que pudiera presentar este sistema, es el uso de una aplicación que al funcionar en un dispositivo móvil, tenderá a usar mucho espacio en la memoria del dispositivo, además de la alta probabilidad de extravío del dispositivo, y de la sensibilidad del mismo a los efectos del intemperismo en obra.

El costo de esta aplicación se analizó durante el proceso de investigación, e implantarlo en nuestro medio, resultaría extremadamente elevado, es por ello que como parte de una primera etapa, se ha desarrollado un piloto en forma de base de datos de Microsoft Access.

¿CUÁLES SERÍAN SUS PRINCIPALES BENEFICIOS?

El uso de un sistema que controle productividades, permite la correcta estimación de tiempos de ejecución de obra, llevar un control interno de este parámetro, permitirá al ejecutor contar con su propia base de datos de rendimientos reales para próximos concursos, y no depender de estimaciones de otros constructores, que muchas veces no reflejan la realidad de la obra.

Contar con una herramienta informática sería de utilidad para llevar una comparación diaria de lo producido y lo gastado en obra. Con datos reales,

permitiría al contratista saber su porcentaje de pérdidas o ganancias día a día, y no esperar al cierre de una planilla, que muchas veces es mensual, para corregir los errores que esté cometiendo.

A continuación se presenta un esquema de la interfaz del programa que se plantea se convierta en una aplicación móvil para llevar de mejor manera el control de las productividades en obra, a partir de esta interfaz, lo que se espera es dar facilidades al usuario, la persona designada para registrar datos a lo largo de la obra, para que genere una base de datos real de lo que se produce en obra en un periodo de tiempo determinado, lo aconsejado debido a la experiencia de muchos de los contratistas, sería una toma de datos diaria o al menos semanal, puesto que la mensual no reflejaría la realidad de las productividades.

Esta base da como resultado la obtención de valores de productividad que en próximas ocasiones, el contratista podrá utilizar como base para realizar sus ofertas. Lo que la presente tesis plantea es la realización de una comparativa entre las productividades planificadas para cada actividad y las obtenidas en campo. Con ello se podrá determinar la desviación real de cada actividad y calcular el porcentaje de retraso (o adelanto).

Además se podrá llevar una contabilidad de los gastos reales producidos en obra. Con todos estos datos, se podrá realizar una evaluación del avance de

la obra y verificar mes a mes o semana a semana, según el período escogido, el porcentaje de desviación del cronograma y del presupuesto para con ello tomar medidas preventivas.

| Control de Proyectos | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|----------------|-------------|----------|-------|
| Rubro | Descripción | Unidad | | | | |
| 1001 | Excavación | m3 | | | | |
| EQUIPOS | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Tarifa | Costo/Hora | Rendimiento | Costo | |
| RETROEXCAVADORA | 1 | 27 | 27.000 | 0.1 | 2.700 | |
| VOLQUETA | 1 | 20 | 20.000 | 0.1 | 2.000 | |
| | | | | | Subtotal | 4.700 |
| Record: 1 of 2 | | | | | | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | JornalHora | CostoHora | Rendimiento | Costo | |
| CHOF. DE VOLQUETA | 1 | 4.36 | 4.360 | 0.1 | 0.436 | |
| OP. RETROEXCAVADORA | 1 | 3.38 | 3.380 | 0.1 | 3.38 | |
| | | | | | Subtotal | 0.774 |
| Record: 1 of 2 | | | | | | |
| MATERIAL | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | PrecioUnitario | Costo | | |
| | | | 0 | 0 | | |
| | | | | | Subtotal | |
| Record: 1 of 1 | | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo | | |
| DESALOJO | m3 | 1 | 4 | 4 | | |
| DESALOJO | | | | | | |
| | | | | | Subtotal | 4.000 |

Ilustración 47.- Software de Control para Productividades
Elaboración propia

Para el desarrollo del software, se propone emplear herramientas utilitarias tales como Microsoft Access y Visual Basic para Aplicaciones, el resultado será un software en el cual se ingresarán los siguientes datos:

La primera vez que use el programa

- Datos generales de la obra (Nombre, Monto Presupuesto, Duración Estimada, Número de actividades/rubros)
- Tipo de obra (Vial, Hidrosanitaria, Edificación, Puente, Túnel, Montaje de Estructuras Metálicas, Oleo-Hidráulica, Electro-Mecánica, etc.)
- Ubicación de la obra (Región, Provincia, Zona, etc.)
- Ingreso del presupuesto referencial, el cual incluirá el detalle de los rubros a ejecutarse, unidad, cantidad, precio unitario, precio total, cronograma valorado.
- Período de control (el período que tendrá el control a realizarse)
- Cuadrilla tipo (del día, semana o mes según sea el control)
- Maquinaria disponible para la obra.

Las siguientes ocasiones, cada vez que se decida tomar datos de un rubro, se solicitará el ingreso de:

- Estado del tiempo
- Código o nombre del rubro (para lo cual el programa mostrará según la base de datos ingresada al inicio de la obra, las unidades de medición)
- Cantidad ejecutada de dicho rubro
- Unidades de tiempo empleada para ejecutar tal cantidad
- Personal empleado para la ejecución
- Maquinaria utilizada

- Materiales empleados

Con estos datos, el programa será capaz de generar un análisis de precios unitario real, y el rendimiento de cada rubro, el cual se guardará en una base de datos que posteriormente se someterá a un análisis estadístico para determinar si Existen o No diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos.

Para el proceso de gestión de costos se recomienda la implementación del método del **PMBOK®** para Procesos de la Gestión de Costos (Gbegnedji, 2015).

Planificar la Gestión de los Costos: En este punto deben considerarse las necesidades de los interesados, puesto que cada uno medirá el costo de manera distinta en el momento que lo considere necesario. Es aquí donde se establecerán políticas y procedimientos para receptar la documentación y datos necesarios para planificar, dirigir, ejecutar y controlar los costos.

Estimar los Costos: Implica desarrollar una aproximación de los recursos económicos (costo de materiales, equipos, mano de obra, e indirectos) necesarios para desarrollar cada actividad de la obra.

Desarrollar el Presupuesto: Consiste en sumar los costos estimados de cada actividad o grupo de actividades, para establecer una base de costos aproximada del proyecto.

Controlar los Costos: Permite registrar y controlar la situación actual del día a día del proyecto (o del período escogido para el análisis), y permitir la actualización del presupuesto referencial, permite también gestionar cambios al mismo.

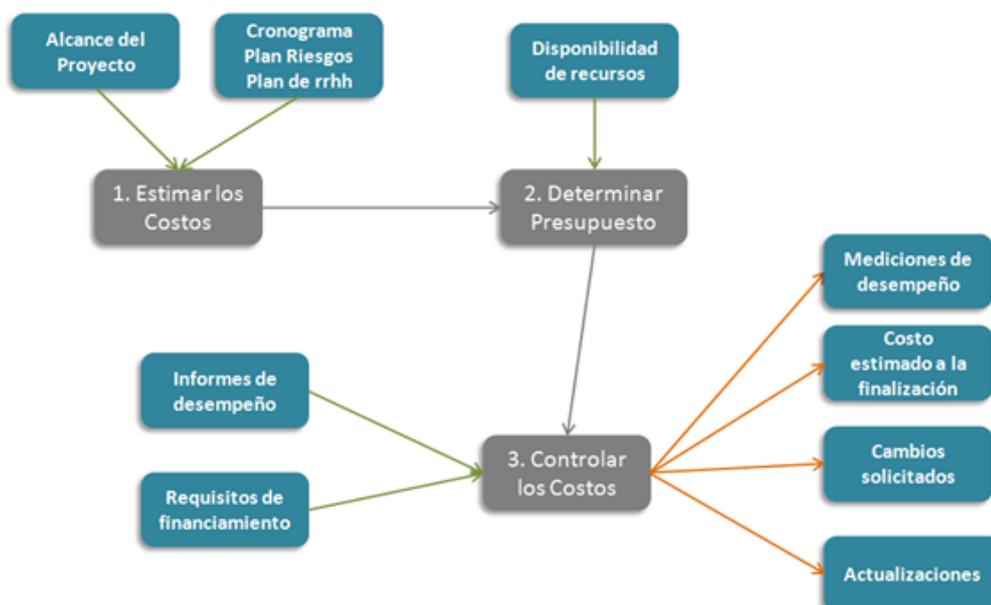


Ilustración 48.- Control de costos

(Gbegnedji, 2015)

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

5.4. Descripción del proyecto

Para la presente investigación se ha escogido realizar el análisis de productividades de dos proyectos de construcción, a raíz de los cuales se pretende comparar las productividades programadas versus las productividades obtenidas una vez ejecutada cada obra.

Las obras a analizar se conocerán para fines académicos como “Espol A”, siendo esta una obra donde se ha llevado un control a detalle mensual de la producción y de las horas hombre empleadas para el desarrollo de cada actividad; y “Espol B” una obra donde el desarrollo se maneja en base a un avance económico de las actividades. Debido a la complicación en la

obtención de datos, se la ha podido realizar la prueba de hipótesis planteada con datos de productividad mensual de la Obra “Espol A”, aunque se recomienda para afinar el modelo estadístico, que se trabaje con una base de datos tomada semanal o diariamente, para poder comparar como varían los rendimientos de las distintas actividades, cuál es el grado de afectación entre actividades y en el tiempo.

De la obra “Espol B”, se realiza un análisis cualitativo de las características y problemas que presenta el avance de la obra.

Será clave para futuras investigaciones, definir los factores a que se atribuye dicha variabilidad y cuál es la metodología que aplica el constructor para mejorar su productividad.

Ambas obras se consideran de gran magnitud según el estándar nacional, que incluye dentro de obras de gran magnitud a aquellas cuyo presupuesto sobrepase el producto de multiplicar el factor 0,00003 por el monto del Presupuesto Inicial del Estado del correspondiente ejercicio económico (SERCOP, 2015). La obra la que llamaremos Espol A, es una obra de instalación de tuberías y construcción de estructura para transferencia de crudo desde el Oriente hasta la Costa ecuatoriana, la obra Espol B consiste en la construcción de un conjunto habitacional en la ciudad de Guayaquil.

Para proyectos de esta magnitud, es necesario contar con un equipo de profesionales dedicados al control y manejo de proyectos, que se encargaran de llevar un registro diario y horario del avance de las actividades a desarrollarse.

5.5. Definición de Constructo (modelo estadístico)

En el presente esquema, se muestra la comparación de los rendimientos medidos durante la ejecución de las actividades del proyecto respecto de los rendimientos que se planificaron durante la etapa de diseño del proyecto. Si llamamos r_{it} al rendimiento ejecutado durante la actividad i en el periodo t y d_{it} al rendimiento planificado para la misma actividad, se tiene que $r_{it} - d_{it}$ mide la diferencia entre el rendimiento observado y el planificado. La gráfica de la Ilustración 49 muestra un caso hipotético para el rendimiento de una actividad, tanto planificado como ejecutado:

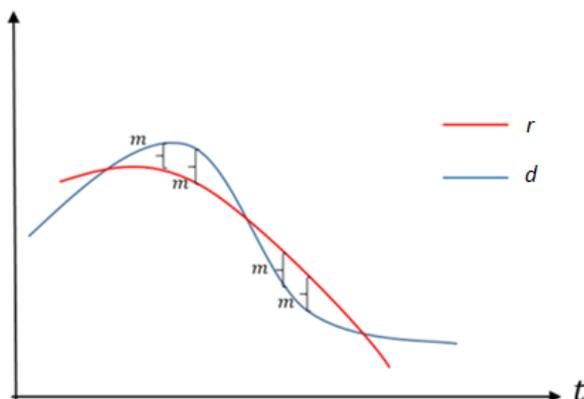


Ilustración 49.- Gráfica Rendimiento Planificado vs. Real (caso hipotético)

Si observamos el comportamiento de ambos rendimientos en el tiempo (curvas de rendimiento), se tiene que mientras más disímiles se comporten las curvas ejecutada vs. la planificada, mayor será la siguiente cantidad para cada actividad:

$$m_i = \sum_{t=1}^{T_i} f(r_{it} - d_{it})$$

En general, se tiene que m_i es una medida de la desviación total que se observa para cada actividad i respecto de los rendimientos planificados. La forma de la función f determina el concepto que el evaluador quiera recoger para medir el cumplimiento de los rendimientos calificados. Por ejemplo, si f es el valor absoluto de la diferencia, entonces m_i recoge la desviación total

respecto del rendimiento planificado, independientemente de si se trata de mejoras de productividad o no respecto de lo planificado.

Ahora, una posibilidad para contrastar si existen diferencias sistemáticas entre la planificación y la ejecución en términos del rendimiento de las actividades sería el tomar el vector $m = [m_1, \dots, m_n]$ para nuestra medida de desviación total por actividad y estimar el siguiente modelo de regresión:

$$m = \alpha + \mu$$

Donde α se conoce como la media de la diferencia de los rendimientos, y es el valor que estimando correctamente servirá para poder hacer la prueba de hipótesis.

Es ampliamente documentado que el método de MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios) permite obtener un estimador consistente para α bajo los supuestos clásicos en el modelo de regresión simple (Wooldridge, 2006). A partir de allí uno podría pensar en contrastar la hipótesis $H_0: \alpha = 0$ para determinar si existe evidencia estadística de un desvío sistemático respecto de los rendimientos planificados. No obstante, este procedimiento no es correcto si tomamos en consideración el hecho de los rendimientos entre distintas actividades no son independientes. Para corregir este problema, se puede partir del hecho que del análisis del cronograma de ejecución del

proyecto uno puede modelar la dependencia de los rendimientos de las actividades del proyecto. Por ejemplo, la siguiente red causal modela las dependencias mencionadas para un proyecto ejemplo:

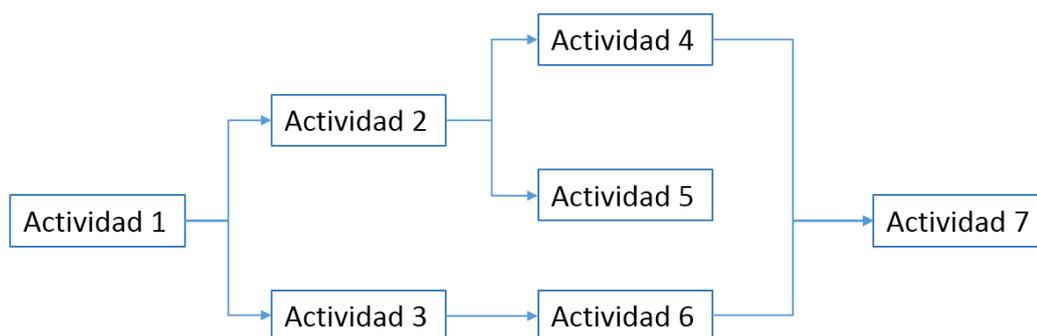


Ilustración 50.- Red causal entre actividades

La Ilustración 50 presenta una red causal unidireccional que indica que actividades son afectadas por cual otras, en virtud de la precedencia de las mismas y otras consideraciones. A partir de este grafo, se puede modelar esta relación a desde una matriz cuadrada, de la siguiente forma:

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

La matriz representa las relaciones causales (nodos unidireccionales) que determinan la afectación del desempeño de una actividad respecto de otra. Se marca con 1 si el efecto es directo y 0.5 si el efecto se da por una relación de precedencia causal. Con este modelo, se puede corregir el problema en el modelo anterior de la siguiente forma:

$$m = \alpha + \rho Wm + \varepsilon$$

En donde la matriz W representa un modelo de las relaciones causales de afectación de los rendimientos determinados a partir de la modelación del análisis del cronograma de ejecución del proyecto y ρ recoge el grado de dependencia de los rendimientos a partir de la relación causal modelada (LeSage, 1999). A partir de esto, se puede contrastar de forma correcta la hipótesis original $H_0: \alpha = 0$ para capturar si efectivamente existen desviaciones sistemáticas en los rendimientos del proyecto respecto del desempeño planificado.

5.6. Análisis de resultados

Obra ESPOL “A”: construcción de estructura para transferencia de crudo.

Durante la ejecución de esta obra, se tomó la precaución de llevar un control a detalle de cada actividad, Tabla X, una persona estaba a cargo de controlar y registrar los rendimientos mensuales de cada actividad, llevar un control de la ruta crítica y denotar una relación de afectación entre ellas.

Se ha planteado para este caso la hipótesis nula del proyecto considerando para un resultado de $\alpha = 0$, “No existen diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos”.

Como hipótesis alterna, es decir en el caso de que $\alpha \neq 0$, “Existen diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos”.

| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
|------------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----|
| EXCAVACIONES | A1 | 0.742 | 2.965 | 0.814 | 3.000 | 0.528 | 1.148 | 0.609 | | | | | |
| RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | A2 | 6.600 | 0.404 | 1.278 | 2.711 | 0.894 | 3.514 | 2.750 | | | | | |
| ARMADURAS | A3 | 0.083 | 0.071 | 0.209 | 0.223 | 0.161 | 0.106 | 0.089 | | | | | |
| ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | A5 | | 0.228 | 0.304 | 0.301 | 0.030 | 0.288 | 0.372 | | | | | |
| ENCOFRADOS PARA BASES | A6 | 3.739 | 6.233 | 9.988 | 2.616 | 5.316 | 7.885 | 5.785 | | | | | |
| ENCOF. TAB. COLUM. Y VIGAS | A7 | 0.000 | 2.671 | 4.270 | 8.721 | 4.326 | 5.164 | 0.548 | | | | | |
| ENCOF. P/PREMOLDEADOS | A8 | | | 2.744 | 4.159 | 4.828 | 8.269 | 2.083 | | | | | |
| HORMIGONES P/BASES | A9 | 6.666 | 9.274 | 9.124 | 3.431 | 4.799 | 5.167 | 4.467 | | | | | |
| HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | A10 | 0.000 | 7.654 | 22.429 | 9.789 | 6.837 | 6.386 | 1.880 | | | | | |
| HORM. P/PREMOLDEADOS | A11 | | | 10.641 | 4.225 | 10.947 | 6.286 | 1.475 | | | | | |
| HORMIGON DE PAVIMENTOS | A12 | 3.483 | 4.093 | 2.359 | 4.459 | 7.409 | 6.425 | 1.271 | | | | | |
| GROUTING | A13 | | | | | | 200.000 | | 70.000 | 146.000 | | | |
| PERNOS DE ANCLAJE | A15 | | | | | | 0.369 | | | | | | |
| COLOCACION DE INSERTOS | A16 | | 1.906 | 0.517 | 0.273 | 0.312 | 0.034 | 1.071 | | | | | |
| JUNTAS DE PAVIM. Y PASAD. | A17 | 1.043 | 1.936 | 48.000 | 2.740 | 0.335 | 3.077 | 8.209 | | | | | |
| MISCELANEOS O. CIVIL | A18 | | | | | | | | 1060.000 | 1135.556 | 16425.000 | 19866.667 | |
| PLACAS DESGASTE TOLVAS | A19 | | | | | | | 600.000 | 744.444 | 410.638 | 2560.000 | | |
| PREARMADO DE COMPONENTES | A20 | | | | | | | 40.000 | 1083.333 | | 1275.000 | | |
| MONT. EQUIPOS LIVIANOS | A21 | | | | | | | | 255.000 | 110.000 | 857.143 | 600.000 | |
| MONT. EQUIPOS MEDIANOS | A22 | | | | | | | 47.619 | 233.333 | 50.000 | | | |
| MONT. EQUIPOS PESADOS | A23 | | | | | | | | 110.000 | | | | |
| NIVEL. ALINEACION Y AJUSTE | A24 | | | | | | | | 366.667 | 151.111 | 1090.000 | 4820.000 | |
| MONT. CINTAS Y RODILLOS | A25 | | | | | | | | 335.000 | 285.714 | 536.364 | 3683.333 | |
| MISCELANEOS M. MECANICO | A26 | | | | | | | | | | | 781.333 | |
| MONTAJE DE ABERTURAS | A28 | | | | | | | | | | | 420.000 | |
| COLOC. DE VENTILACIONES | A30 | | | | | | | | | | 2057.000 | 2766.000 | |
| MONT. VIGAS DE HORMIGON | A33 | | | | | 2.773 | 5.813 | 26.333 | 16.512 | | | | |
| MONT. ESTRUCT. LIVIANA | A34 | | | | | 0.084 | 0.044 | 0.076 | 0.098 | 0.109 | 0.053 | 0.165 | |
| MONT. ESTRUCT. MEDIANA | A35 | | | | | 0.064 | 0.045 | 0.083 | 0.080 | 0.111 | 0.045 | 0.195 | |
| MONT. ESTRUCT. PESADA | A36 | | | | | 0.048 | 0.027 | 0.050 | 0.064 | 0.073 | 0.031 | 0.109 | |
| FABR. Y MONT. SOPORTES | A38 | | | | | | | 3.675 | 0.794 | 0.582 | 1.433 | 0.556 | |
| CONST. INSERTOS METALICOS | A39 | | 0.510 | 1.421 | 3.192 | | 0.268 | | | | | | |
| MISCELANEOS ESTRUCTURAS | A40 | | | | | | | | | | 460.000 | 4335.714 | |
| MONT. DE CONDUITS | A41 | | | | | | | | 2.099 | 1.830 | 2.951 | 4.194 | |
| MONT. CAJAS Y PANELES ILLUM. | A42 | | | | | | | | 27.000 | | 33.200 | | |
| MONT. COLUM. LUMIN. EXTER. | A44 | | | | | | | | | 12.833 | 10.000 | | |
| MONT. LUMINARIAS EN COLUM. | A45 | | | | | | | | | | 4.000 | | |
| MONT. ARTIF. ILLUM. INTERIOR | A46 | | | | | | | | | 2.448 | 2.439 | 6.467 | |
| MONT. BANDEJAS PICABLES | A47 | | | | | | | | 4.149 | 5.904 | 5.533 | 3.979 | |
| CABLEADO Y CONEXIONADO | A48 | | | | | | | | 0.150 | 0.381 | 0.138 | 0.541 | |
| MISCELANEOS ELECTRICOS | A54 | | | | | | | | | | | 910.000 | |
| MONT. CAJAS (JB & TB) | A55 | | | | | | | | 3.333 | 4.718 | 3.984 | 8.000 | |
| MONT. INSTRUMENTOS | A56 | | | | | | | | | 5.000 | 6.308 | 9.381 | |
| MONT. CAÑERIAS 3/4" a 2 1/2" | A59 | | | | | | | | 3.841 | 1.083 | | 1.852 | |
| MONT. CAÑERIAS 3" a 6" | A60 | | | | | | | | 5.277 | 1.847 | | 1.250 | |
| PRUEBAS HIDRAULICAS | A63 | | | | | | | | | 100.000 | 245.000 | 250.000 | |
| MISCELANEOS PIPING | A64 | | | | | | | | | | | 301.176 | |

Tabla X.- Rendimientos Observados

| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
|------------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| EXCAVACIONES | A1 | 0.714 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 | | | |
| RELLENO, COMP. Y NIVELAC. | A2 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | | | |
| ARMADURAS | A3 | 0.077 | 0.078 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | 0.077 | | | |
| ARMAD. ELEM. PREFABRICAD. | A5 | | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | | | |
| ENCOFRADOS PARA BASES | A6 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | | | |
| ENCOF. TAB. COLUM Y VIGAS | A7 | | 3.100 | 3.100 | 3.107 | 3.100 | 3.100 | 3.100 | 3.100 | | | |
| ENCOF. PIPREMOLDEADOS | A8 | | | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | | | |
| HORMIGONES PBASES | A9 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | | | |
| HORM. COLUMNAS Y TABIQUES | A10 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 7.963 | 8.000 | | | |
| HORM. PIPREMOLDEADOS | A11 | | | 10.380 | 9.000 | 9.000 | | | 9.000 | | | |
| HORMIGON DE PAVIMENTOS | A12 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | | 4.000 | 4.000 | | | |
| GROUTING | A13 | | | | | | 3677.000 | 3677.000 | 3676.667 | 3592.500 | | |
| PERNOS DE ANCLAJE | A15 | | | | | | 0.250 | 0.250 | | | | |
| COLOCACION DE INSERTOS | A16 | | 0.500 | 0.500 | 0.300 | 0.313 | 0.067 | | 0.685 | | | |
| JUNTAS DE PAVIM. y PASAD. | A17 | 1.500 | 1.500 | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.507 | 1.682 | | | |
| MISCELANEOS O. CIVIL | A18 | | | | | | | | 2120.000 | 2140.000 | 2140.000 | |
| PLACAS DESGASTE TOLVAS | A19 | | | | | | 750.000 | 750.000 | 750.000 | 750.000 | | |
| PREFARMADO DE COMPONENTES | A20 | | | | | | | 220.000 | 216.667 | | 225.000 | |
| MONT. EQUIPOS LIVIANOS | A21 | | | | | | | | 1200.000 | 1200.000 | 1200.000 | |
| MONT. EQUIPOS MEDIANOS | A22 | | | | | | | 1000.000 | 1000.000 | 1000.000 | | |
| MONT. EQUIPOS PESADOS | A23 | | | | | | | | 100.000 | | | |
| NIVEL. ALINEACION Y AJUSTE | A24 | | | | | | | | 400.000 | 400.000 | 400.000 | |
| MONT. CINTAS Y RODILLOS | A25 | | | | | | | 4000.000 | 3000.000 | 3000.000 | 1600.000 | |
| MISCELANEOS M. MECANICO | A26 | | | | | | | | | 120.000 | 120.000 | |
| MONTAJE DE ABERTURAS | A28 | | | | | | | | | | 50.000 | |
| COLOC. DE VENTILACIONES | A30 | | | | | | | | | 2000.000 | 2000.000 | |
| MONT. VIGAS DE HORMIGON | A33 | | | | | 2.773 | 5.813 | 12.707 | 26.333 | 13.120 | | |
| MONT. ESTRUC. LIVIANA | A34 | | | | | 0.085 | 0.039 | 0.068 | 0.075 | 0.099 | 0.112 | 0.054 |
| MONT. ESTRUC. MEDIANA | A35 | | | | | 0.067 | 0.067 | 0.067 | 0.067 | 0.067 | 0.067 | 0.066667 |
| MONT. ESTRUC. PESADA | A36 | | | | | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.05 |
| FABR. Y MONT. SOPORTES | A38 | | | | | | | | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.25 |
| CONST. INSERTOS METALICOS | A39 | | | | | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.250 | | |
| MISCELANEOS ESTRUCTURAS | A40 | | | | | | | | | 554.545 | 555.556 | |
| MONT. DE CONDUITS | A41 | | | | | | | | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.5 |
| MONT. CAJAS Y PANELES ILUM. | A42 | | | | | | | | 50.000 | | 50.000 | |
| MONT. COLUM. ILUMIN. EXTER. | A44 | | | | | | | | | 16.667 | 16.667 | |
| MONT. LUMINARIAS EN COLUM. | A45 | | | | | | | | | | 5.000 | |
| MONT. ARTEF. ILUM. INTERIOR | A46 | | | | | | | | | 2.500 | 2.500 | 2.5 |
| MONT. BANDEJAS PICABLES | A47 | | | | | | | | 5.500 | 5.500 | 5.500 | 5.5 |
| CABLEADO Y CONEXIONADO | A48 | | | | | | | | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.4 |
| MISCELANEOS ELECTRICOS | A54 | | | | | | | | | 900.000 | 900.000 | 900 |
| MONT. CAJAS (JB & TB) | A55 | | | | | | | | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3 |
| MONT. INSTRUMENTOS | A56 | | | | | | | | 3.000 | | 3.000 | 3 |
| MONT. CAÑERIAS 3/4" a 2 1/2" | A59 | | | | | | | | 3.000 | 3.000 | | 3 |
| MONT. CAÑERIAS 3" a 6" | A60 | | | | | | | | 5.000 | 5.000 | | 5 |
| FRUEBAS HIDRAULICAS | A63 | | | | | | | | | 250.000 | 250.000 | 250 |
| MISCELANEOS PIPING | A64 | | | | | | | | | | 353.333 | 352.9412 |

Tabla XI.- Rendimientos Programados

El resultado de la aplicación del análisis explicado en la sección 5.5 para el caso de la obra ESPOL "A" se refleja a continuación:

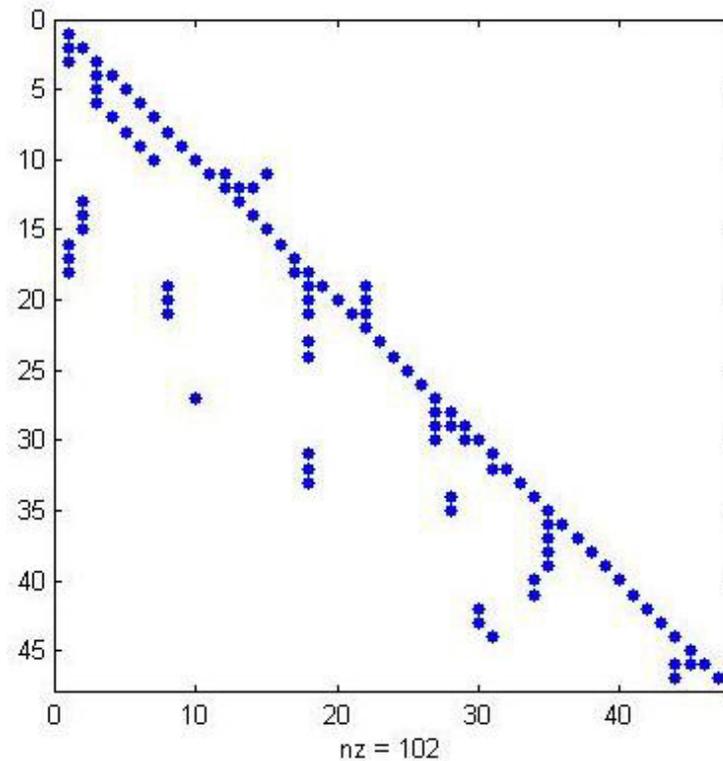


Ilustración 51.- Gráfica de Relaciones entre Actividades (MATLAB)

Si se considerase que las diferencias en los rendimientos no se compensan positivas con negativas, es decir, se realiza un análisis independiente del signo de la diferencia entre rendimientos, considerando el valor absoluto de f se tiene:

Estimaciones Espaciales de los modelos Autorregresivos

$$R^2 = -0.0570$$

$$\bar{R}^2 = -0.0570$$

$$\sigma^2 = 0.0623$$

$$Nobs, Nvars = 47, 1$$

$$\log - verosimilitud = 7.2590569$$

$$\# \text{ de iteraciones} = 16$$

$$\rho \text{ min} = -1.0000$$

$$\rho \text{ max} = 1.0000$$

| Variable | Coefficiente | Asíntota t-stat | z-probabilidad |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Constante | 0.099698 | 2.124504 | 0.033628 |
| ρ | 0.642992 | 6.067505 | 0.000000 |

$z \leq 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, $\alpha = 0$, “No existen diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos”, por lo que se concluye que existe desviación en los rendimientos en el orden de 9.97%, además se tiene que las actividades relacionadas tienen una afectación del 64.29% unas respecto de otras.

Si se considerase que las diferencias en los rendimientos se compensan positivas con negativas, la situación cambia, entonces, considerando el signo de f se tiene:

Estimaciones Espaciales de los modelos Autorregresivos

$$R^2 = -0.0396$$

$$\bar{R}^2 = -0.0396$$

$$\sigma^2 = 0.0792$$

$$Nobs, Nvars = 47, 1$$

$$\log - verosimilitud = 1.5115473$$

$$\# \text{ de iteraciones} = 16$$

$$\rho \text{ min} = -1.0000$$

$$\rho \text{ max} = 1.0000$$

| Variable | Coeficiente | Asíntota t-stat | z-probabilidad |
|-----------|-------------|-----------------|----------------|
| Constante | 0.004021 | 0.097925 | 0.921991 |
| ρ | 0.639988 | 5.978873 | 0.000000 |

$z \geq 0.05$, por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna, $\alpha \neq 0$, “Existen diferencias significativas entre los rendimientos planificados y los teóricos”, por lo que se concluye que no existe desviación en los rendimientos, además se tiene que las actividades relacionadas tienen una afectación del 63.99% unas respecto de otras.

Obra ESPOL “B”: Conjunto habitacional, 4 edificios y 9 viviendas.

Durante la ejecución de esta obra, no se tomaron las debidas precauciones, para llevar un control a detalle de cada actividad, hay que acotar que no hubo un control y registro los rendimientos mensuales de cada actividad, tampoco se llevó un control de la ruta crítica, lo cual repercute en el momento de probar la metodología expuesta para la obra ESPOL “A”, puesto que se pudo denotar una relación de afectación entre actividades, pero no una comparación de las productividades programadas con las ejecutadas, se concluye que la aplicación del método estadístico no es viable para esta obra, sin embargo se realizó un análisis cualitativo para determinar las causas que llevaron a la obra “Espol B” a tener retrasos significativos en su cronograma.

- Retrasos por mala sincronización para los movimientos de tierra, no tener un plan de contingencia para los posibles inconvenientes que encontrasen durante estas labores.
- Existieron trámites no cubiertos durante la etapa de planificación del proyecto que generaron retraso durante las inspecciones de las entidades responsables.
- Rubros no contemplados en el presupuesto referencial, que al incluirse durante la ejecución generaron complicaciones con los procesos constructivos.

- La no planificación de izajes de vigas prefabricadas para los pisos superiores de los edificios, generaron retraso puesto que se empezaron a investigar soluciones para llevarlas del nivel más bajo hasta el que les correspondía.
- Retrasos por bajos rendimientos individuales del personal
- Falta de seguridad industrial, para una obra de esta magnitud, es necesario contar con el equipo de seguridad adecuado sobre todo para trabajos en altura, hecho que si se hubiera controlado oportunamente, no hubiera presentado retrasos en los rendimientos de los trabajos en altura principalmente.
- Falta de abastecimiento de materiales en bodega.
- Falta de coordinación con el abastecimiento desde la planta hormigonera.
- Volúmenes de hormigón solicitados a la planta, diferentes a los recibidos en obra.
- Falla de los equipos de bombeo de hormigón que retrasaron las fundiciones.
- Falta de equipo necesario para fundiciones nocturnas.
- Errores en cálculo de cantidades previa realización de rubros, retrasan la construcción debido a que no existe stock en bodega, o se compran cantidades de materiales diferentes a las requeridas.

- Errores en los acabados incrementaron costo y tiempo, debido a las rectificaciones que se tuvieron que realizar.
- Una pobre ejecución de las labores de topografía repercutieron en la mala nivelación, escuadre y aplomo de elementos estructurales y no estructurales, la corrección de este error tardó mucho más de lo esperado incrementando el desfase de tiempo entre lo planificado y lo programado.
- La falta de un esquema de control de acabados fue lo que mayor retraso generó a lo largo de la obra, puesto que no se habían definido formatos para la compra e instalación de los mismos.
- Se debió realizar una mejor planificación de las actividades semanales.
- Deficiente control en el cronograma de planificación, no hubo uso apropiado de herramientas digitales para el control de este proyecto.
- Carecer de fiscalización, al ser una obra privada, no existió una fiscalización que controlara el avance y calidad del proyecto.

Estos son algunos de los principales problemas, que ocasionaron retrasos significativos en el cronograma de avance de la obra, para mejor observación, se puede revisar el cronograma planificado en el ANEXO C.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.4. Conclusiones

1. Realizar un análisis de productividades de estas dos obras, permite definir parámetros para la obtención de datos que se puedan evaluar con el modelo estadístico planteado, y de ese modo, controlar las productividades de cada actividad, y reducir los retrasos durante el avance de las mismas.
2. Analizar dos proyectos de construcción de similares características, permite la realización de un modelo matemático que indica las características de una obra idealizada, pero si se da valor a la relación entre las actividades considerando las posibles causas en la diferencia

de productividades, se obtiene un modelo mucho más próximo a la realidad.

3. El modelo matemático permite estudiar el grado de afectación entre actividades, el nivel de desviación entre la productividad programada y la ejecutada.
4. El análisis estadístico concluye que si se considera la compensación de las productividades, negativas con positivas o viceversa, el grado de variabilidad es mínimo, es decir no existe desviación respecto de lo programado.
5. El análisis estadístico concluye que si no se considera la compensación de las productividades, el grado de variabilidad se incrementa, es decir existe desviación significativa respecto de lo programado.
6. Con el análisis estadístico, permite definir que si no considera el signo de la diferencia de productividades, y el resultado refleja que no existe variación significativa, entonces plantear un sistema basado en compensación de productividades será lo óptimo para implementar una adecuada programación de obra, que considere el control diario, semanal, mensual y anual de un proyecto de construcción además de factores que incidan en el retraso de la misma.
7. Entre los factores que afectan a las productividades, según el estudio realizado, se tiene:

- Retrasos por falta o demora de materiales, maquinaria, equipos o herramienta menor.
- Paralización debido a demora en el cumplimiento de actividades previas o reproceso de las ya existentes por haber sido mal ejecutadas.
- Demoras por no brindar a los obreros una adecuada instrucción del trabajo que realizarán.
- Tiempo muerto a causa de ocio, cumplimiento de necesidades fisiológicas, etc., por parte de los trabajadores.
- Sobrepoblación de trabajadores en áreas donde no son tan requeridos.
- Rediseños que retrasan los procesos, o que obligan a reprocesar una actividad.

6.5. Recomendaciones

1. Mostrar a la empresa constructora las ventajas de implementar un adecuado control de costos de la calidad, que incrementarían la calidad de sus procesos constructivos y a la vez la productividad de los mismos.
2. Es mucho mejor invertir en el establecimiento de un sistema de costes de calidad e instalar un proceso de mejora que invertir en una nueva instalación, equipo o mano de obra para incrementar la producción.

3. Para evitar retrasos en obra, se propone:

- Mejorar la coordinación con los proveedores ya sea de equipos, materiales, o maquinaria pesada, pactar horarios específicos de llegada a obra y exigir que se respeten tales horarios para reducir la pérdida de horas de trabajo (para de los obreros) por falta de alguno de estos implementos.
- Realizar una planificación realista de las actividades que se realizaran, esto analizando los rendimientos de cada equipo de trabajo en las condiciones actuales de obra, no asumir los de otras obras.
- Mantener siempre la obra limpia, es decir, estoquear los materiales y escombros para hacer las labores de limpieza de forma eficiente, y evitar accidentes.
- En caso de que se presenten retrasos de algún tipo con los proveedores, tener un plan de actividades realizables que no dependa de otras actividades o recursos retrasados, de este modo se reduciría los tiempos improductivos.
- Al finalizar cada día, o cada semana según se prefiera, hacer un control de las productividades de los operarios (incluye maquinaria y obreros) para poder darles indicaciones que mejoren su metodología de trabajo.
- Estudiar la posibilidad de proporcionar líquido a los obreros a través ya sea de dispensadores o simplemente bidones ubicados en sitios estratégicos, para que no deban movilizarse muy lejos.

- Invertir más en la alimentación e hidratación de los trabajadores, suena trivial, pero es una forma de tener motivados a los obreros, y a su vez, eleva la productividad.
- Crear cuadrillas de apoyo con personal que no se requiera en las actividades principales, para que aporten transportando herramientas y materiales de un sitio a otro dentro de la obra.
- Para agilizar los procesos de construcción, se recomienda definir espacios específicos cercanos a los sitios de trabajo, para ubicar los materiales que dicha actividad requiera.
- Controlar, y de ser necesario reestructurar la metodología de trabajo efectuada para actividades que se consideren críticas.
- Realizar un control minucioso de las actividades de la ruta crítica, procurar que estas estén siempre al día. Estandarizar cuadrillas tipo de trabajo.
- Implementar un sistema de recompensas para mantener al personal motivado.
- Realizar una planificación semanal y diaria, es decir, definir tareas a ejecutar en el día de labores y durante el transcurso de la semana, de modo que si una meta diaria no se cumple, se pueda reorganizar las de la semana.

- Envolver tanto a subcontratistas como a la gerencia de proyectos en la implementación de herramientas tales como las de “Lean Construction” Construcción sin Pérdidas.
- Seleccionar adecuadamente a los subcontratistas por su experiencia y habilidades en procesos similares, y por su predisposición a implementar un sistema de control de productividad.
- Analizar a fondo las fallas de procesos anteriores para evitar cometer los mismos errores.
- Programar las fechas de revisión y mantenimiento preventivos y correctivos de maquinaria y equipos. En caso de ser alquilados, exigir al arrendador equipos en correcto estado de funcionamiento.
- Establecer procesos ágiles para la adquisición de repuestos para los casos emergentes, ya sea para los equipos, maquinaria, o los mismos elementos que forman parte de los rubros de cada obra.
- Planificar diariamente los cronogramas y rutas de transporte.
- Registrar los retrasos en que incurren los proveedores para hacer llamados de atención a los mismos, o en el peor de los casos, estudiar la posibilidad de cambiar de proveedor o anticipar los pedidos.
- Conciliar los pedidos a los proveedores acorde a la capacidad de producción.
- Establecer el personal por etapas que será responsable de la realización de pedidos de materiales.

- Desarrollar sistemas de gestión que involucren el control de maquinaria, equipo, mano de obra y disponibilidad de materiales.

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ahuja. (1983). *Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects*. Wiley Series Edition.
- [2] Alarcón, C. (2001). *Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción*. Santiago de Chile : Centro de excelencia en gestión de la producción (GEPUC), Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [3] Amaya, J. (2010). *Toma de decisiones gerenciales: Metodos Cuantitativos para la Administracion*. Bogota: Ecoediciones.
- [4] Antill & Woodhead. (1995). *Metodo de la Ruta Critica y sus Aplicaciones a la Construccin*. Editorial Limusa.
- [5] Arboleda Vélez, G. (2013). *PROYECTOS, Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Alfaomega Colombiana S.A.
- [6] Ayala, M. (2012). *Modelo de Gestión para Monitoreo y Control de Obras Civiles (MGMC)*. Sangolquí: ESPE.
- [7] Beltran, A. (2012). *Libro de Texto, Costos y Presupuesto* (Instituto Tecnológico de Tepic).
- [8] Botero, L. (2003). *Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción*. *Revista EAFIT*, 130, 66-78.
- [9] Cantu, A. (2009). *Productividad Real en Obras Civiles* . In A. Cantu, *Productividad Real en Obras Civiles* . Centro Universitario Mendoza .
- [10] Donoso, F. (2011, mayo 2). *Project Management Office*. Retrieved from <http://pmochile.blogspot.com/2011/05/contrato-epc-vs-epcm-cual-es-mejor.html>

- [11] Gbenedji, G. (2015, marzo 16). *Project Manager's Essential Guide*. Retrieved from What is Project Management: <https://whatisprojectmanagement.wordpress.com/category/gestion-de-los-costos/>
- [12] Haggag, T. (2006). *Tracking and Controlling of Engineering Deliverables for EPC Projects*. Ottawa, Canada: Heritage Branch.
- [13] Hinze, J. (2010). Construction Planning and Scheduling. In J. Hinze, *Construction Planning and Scheduling*. Pearson.
- [14] LCE. (2014). Retrieved from <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>
- [15] Lenzion, C. (2002). Apuntes de Project Management.
- [16] LeSage, J. P. (1999). *Spatial Econometrics*. Toledo: Department of Economics University of Toledo.
- [17] Naylor, H. (1995). Construction Project Management. In H. Naylor, *Planning and Scheduling*. Delmar .
- [18] Nunnally, S. W. (2007). Construction Methods and Management. In *Construction Methods and Management*. Pearson.
- [19] Oberlender, G. D. (1993). Project Management for Engineering and Construction. USA: Mc.GrawHill.
- [20] PMIPE. (2012, Enero 28). *Formula Proyectos Urbanos PMIPE*. Retrieved from Formula Proyectos Urbanos PMIPE: <https://formulaproyectosurbanospmipe.wordpress.com/2012/01/18/qu-e-es-el-pmi-y-que-es-el-pmbok/>
- [21] Salazar, C. S. (2002). Costo y Tiempo en Edificación. In C. S. Salazar. Mexico: Limusa Editorial.

- [22] SERCOP. (2015, marzo 16). *Servicio Nacional de Contratación Pública*. Retrieved from <http://portal.compraspublicas.gob.ec/>
- [23] Serpell, B. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. Alfaguara, México.
- [24] Uson. (2013). *Tesis Uson*. Retrieved enero 15, 2014, from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3013/Capitulo1.pdf>
- [25] Wooldridge, J. M. (2006). *Introductory econometrics : a modern approach*. Mason, Ohio: Thomson South-Western.

| Nº | CANTIDAD | UNIDAD | DESCRIPCION | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE | IMPORTE |
|----|------------|--------------|-------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A | CONDIVINOS | CONDIVINIO A | | | | | | | | | | |
| | | 1 | REPUBLICA | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 2 | ALBANO | 200,00 | 200,00 | | | | | | | |
| | | 3 | ALBANO | 1.500,00 | 1.500,00 | | | | | | | |
| | | 4 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 5 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 6 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 7 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 8 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 9 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 10 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 11 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 12 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 13 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 14 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 15 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 16 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 17 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 18 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 19 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 20 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| 21 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | | | |
| B | CONDIVINOS | CONDIVINIO B | | | | | | | | | | |
| | | 1 | REPUBLICA | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 2 | ALBANO | 200,00 | 200,00 | | | | | | | |
| | | 3 | ALBANO | 1.500,00 | 1.500,00 | | | | | | | |
| | | 4 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 5 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 6 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 7 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 8 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 9 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 10 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 11 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 12 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 13 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 14 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 15 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 16 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 17 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 18 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 19 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| | | 20 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | |
| 21 | ALBANO | 1.000,00 | 1.000,00 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----|--|--|------------------|--|----------|--|-----------|--|-----------|
| 172 | INSTRUMENTOS | | 872.38 | | | | | | |
| 850 | IMPLEMENTACION ELECTRICIDAD DE VILLA TIPO | | 1203.91 | | | | | | |
| 851 | SECCION DE AGUA POTABLE FOSA | | 1.004.94 | | 16.255 | | | | |
| 852 | SECCION DE AGUA POTABLE CASEROS | | 365.34 | | | | | | |
| 853 | SECCION DE SANEAMIENTO ESTRUCTURAL Y VENTILACION | | 1.670.38 | | | | | | |
| 854 | SECCION DE AGUA CALIENTE | | 836.23 | | | | | | |
| 173 | IMPLEMENTACION DE MEDIO AMBIENTE | | 471.78 | | | | | | |
| 860 | MECERAS CASEROS | | 1.030.80 | | | | | | |
| 861 | MECERAS | | 352.38 | | | | | | |
| | VILLA 2 | | 48.027.80 | | | | | | |
| 18 | IMPLEMENTACION | | 114.25 | | 3.095.12 | | 18.073.02 | | 13.980.54 |
| 30 | ACREDITACION DE TRABAJOS | | 394.08 | | | | | | |
| 50 | OPERA DE CONEXION SIMPLE | | 1.600.02 | | 34.626 | | | | |
| 60 | OPERA DE CONEXION COMPLETA | | 9189.96 | | 1.452.02 | | | | |
| 80 | OPERA DE INTERCONEXION | | 8.177.60 | | 122.122 | | 5.206.28 | | 3.049.20 |
| 90 | OPERA DE ALBERGADA | | 8.106.21 | | 1.461.28 | | 3.677.82 | | 1.462.88 |
| 95 | CONSTRUCTIVO | | 5.108.21 | | | | | | |
| 70 | OPERA DE SUSCRIPCION | | 5.248.82 | | | | 4.102.21 | | 2.088.10 |
| 85 | OPERA | | 5.285.38 | | | | | | |
| 90 | ALMORZADO Y COMIDA | | 1.666.20 | | | | 47.371 | | 5.588.62 |
| 95 | CURATOS Y TURISMO | | 3.794.68 | | | | 1.694.30 | | |
| 102 | PARQUEADO | | 987.28 | | | | 88.121 | | 1.150.32 |
| 103 | IMPLEMENTACION ELECTRICIDAD DE VILLA TIPO | | 2.017.21 | | | | | | 51.82 |
| 104 | SECCION DE AGUA POTABLE FOSA | | 1.708.18 | | | | 2.267.71 | | |
| 140 | SECCION DE AGUA POTABLE CASEROS | | 265.38 | | | | | | 5.168.18 |
| 150 | SECCION DE SANEAMIENTO ESTRUCTURAL Y VENTILACION | | 1.478.38 | | | | | | 367.38 |
| 160 | SECCION DE AGUA CALIENTE | | 838.23 | | | | | | 1.825.28 |
| 170 | IMPLEMENTACION DE MEDIO AMBIENTE | | 271.78 | | | | | | 438.28 |
| 180 | MECERAS CASEROS | | 1.230.20 | | | | | | 1.275.28 |
| 185 | MECERAS | | 292.20 | | | | | | 1.218.82 |
| | VILLA 3 | | 48.027.80 | | | | | | |
| 18 | IMPLEMENTACION | | 114.25 | | 3.095.12 | | 18.073.02 | | 13.980.54 |
| 30 | ACREDITACION DE TRABAJOS | | 394.08 | | | | | | |
| 50 | OPERA DE CONEXION SIMPLE | | 1.600.02 | | 34.626 | | | | |
| 60 | OPERA DE CONEXION COMPLETA | | 9189.96 | | 1.452.02 | | | | |
| 80 | OPERA DE INTERCONEXION | | 8.177.60 | | 122.122 | | 5.206.28 | | 3.049.20 |
| 90 | OPERA DE ALBERGADA | | 8.106.21 | | 1.461.28 | | 3.677.82 | | 1.462.88 |
| 95 | CONSTRUCTIVO | | 5.108.21 | | | | | | |
| 70 | OPERA DE SUSCRIPCION | | 5.248.82 | | | | 4.102.21 | | 2.088.10 |
| 85 | OPERA | | 5.285.38 | | | | | | |
| 90 | ALMORZADO Y COMIDA | | 1.666.20 | | | | 47.371 | | 5.588.62 |
| 95 | CURATOS Y TURISMO | | 3.794.68 | | | | 1.694.30 | | |
| 102 | PARQUEADO | | 987.28 | | | | 88.121 | | 1.150.32 |
| 103 | IMPLEMENTACION ELECTRICIDAD DE VILLA TIPO | | 2.017.21 | | | | | | 51.82 |
| 104 | SECCION DE AGUA POTABLE FOSA | | 1.708.18 | | | | 2.267.71 | | |
| 140 | SECCION DE AGUA POTABLE CASEROS | | 265.38 | | | | | | 5.168.18 |
| 150 | SECCION DE SANEAMIENTO ESTRUCTURAL Y VENTILACION | | 1.478.38 | | | | | | 367.38 |
| 160 | SECCION DE AGUA CALIENTE | | 838.23 | | | | | | 1.825.28 |
| 170 | IMPLEMENTACION DE MEDIO AMBIENTE | | 271.78 | | | | | | 438.28 |
| 180 | MECERAS CASEROS | | 1.230.20 | | | | | | 1.275.28 |
| 185 | MECERAS | | 292.20 | | | | | | 1.218.82 |
| | VILLA 3 | | 48.027.80 | | | | | | |
| 18 | IMPLEMENTACION | | 114.25 | | 3.095.12 | | 18.073.02 | | 13.980.54 |
| 30 | ACREDITACION DE TRABAJOS | | 394.08 | | | | | | |
| 50 | OPERA DE CONEXION SIMPLE | | 1,600.02 | | 34,626 | | | | |
| 60 | OPERA DE CONEXION COMPLETA | | 9,189.96 | | 1,452.02 | | | | |
| 80 | OPERA DE INTERCONEXION | | 8,177.60 | | 122,122 | | 5,206.28 | | 3,049.20 |
| 90 | OPERA DE ALBERGADA | | 8,106.21 | | 1,461.28 | | 3,677.82 | | 1,462.88 |
| 95 | CONSTRUCTIVO | | 5,108.21 | | | | | | |
| 70 | OPERA DE SUSCRIPCION | | 5,248.82 | | | | 4,102.21 | | 2,088.10 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|---|
| 10.0 | SISTEMA DE AGUA POTABLE | 9,565,79 | 4,792.90 | 4,792.90 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11.0 | SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS | 14,805,75 | 1,856.22 | 7,432.80 | 5,574.66 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12.0 | SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS | 11,533,08 | 1,441.64 | 5,796.54 | 4,324.81 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | PARQUEOS | 128,016,00 | 21,145.86 | 21,795.89 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1.0 | PRELIMINARES | 1,300,00 | 1,350.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2.0 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | 43,590,00 | 21,795.00 | 21,795.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3.0 | PAVIMENTOS | 71,118,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4.0 | ALUMBRADO | 2,880,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5.0 | SEÑALIZACION | 2,700,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6.0 | ARBOREZACION | 4,378,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COSTO TOTAL DIRECTOS (CD) | | 2,117,584.87 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INVERSION MENSUAL | | | 79,241.24 | 138,409.25 | 197,910.89 | 170,408.34 | 172,152.67 | 144,817.13 | 180,826.89 | 200,705.35 | 210,733.75 | 170,100.79 | 123,849.39 | 123,749.87 | 195,303.85 | 47,715.25 | | |
| AVANCE PARCIAL EN % | | | 3.74% | 6.54% | 7.86% | 8.06% | 8.13% | 6.84% | 8.53% | 9.48% | 9.95% | 8.02% | 5.97% | 5.84% | 9.22% | 2.25% | | |
| INVERSION ACUMULADA | | | 79,241.24 | 217,710.49 | 375,621.19 | 546,029.53 | 718,182.20 | 862,999.33 | 1,043,826.21 | 1,244,531.56 | 1,455,275.31 | 1,625,176.10 | 1,750,825.49 | 1,874,575.37 | 2,069,879.21 | 2,117,584.87 | | |
| AVANCE ACUMULADO EN % | | | 3.74% | 10.28% | 17.74% | 25.79% | 33.92% | 40.75% | 49.28% | 58.70% | 68.71% | 78.73% | 82.68% | 88.52% | 97.75% | 100.00% | | |

COSTOS INDIRECTOS (CI) 33%

741,332.53

TOTAL (CD+CI)

2,858,751.99

CRONOGRAMA VALORADO

