



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

*“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REPROGRAMACIÓN DEL
PROYECTO CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO
BULUBULU - CAÑAR UTILIZANDO MÉTODOS
ESTOCÁSTICOS Y SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE
OBRAS”*

TESIS DE GRADO

TUTOR:

Ing. Carlos Raúl Rodríguez Díaz, PhD.

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

**ELIAS ROBERTO VALLEJO REYES
KATHERINE ELIZABETH ZAPATA CHORA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR
2014**

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento al Ing. Carlos Raúl Rodríguez Díaz, PhD. Por su apoyo constante en el desarrollo de este estudio de tesis y a cada uno de ustedes, docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, porque hicieron sus mejores esfuerzos día a día en el aula, impartiendo sus conocimientos y ejemplos de vida profesional, para hacer de nosotros hombres y mujeres con ilusiones profesionales, sin olvidar los deseos de superación continua y llevándonos los mejores recuerdos de ustedes y nuestros compañeros.

Hoy nos corresponde a nosotros, aplicar el conocimiento recibido y continuar educándonos para vencer los obstáculos de la vida.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por su dirección y guía en cada etapa de mi vida, a quien le debo cada logro y cada sueño realizado, todo es de Él y para El. Por las fuerzas y la sabiduría que me brinda cada día. Gracias infinitas a mi Padre y amigo fiel.

A la mujer de mi vida, mi amiga, mi apoyo en todo momento, la luchadora incansable, mi ejemplo a seguir, mi inspiración, mi aliento. Mi Madre Elsa Reyes Burgos, gracias mamá por creer en mí con todo tu corazón definitivamente gran parte de esto te lo debo a ti. Te amo mucho.

A mi familia y amigos.

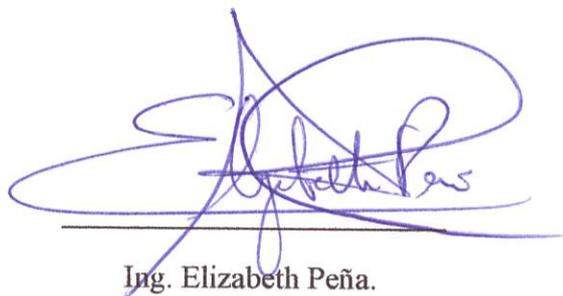
Elías

DEDICATORIA

A Dios porque sin el nada en mi vida ha sido posible, por la fuerza, sabiduría y bendiciones derramadas sobre mí , a mi madre Ana por ser un verdadero ejemplo de valentía, comprensión, confianza y responsabilidad constante, siendo el apoyo más fuerte en el transcurso de mis estudios; a mi padre Jorge, mis hermanos Jenny y Jorge, por sus consejos y valores impartidos en el momento adecuado, a mi novio Hans porque sus consejos han sido un apoyo especial en mi vida tanto personal como profesional, a mis sobrinos Alexander, Andrea y Ammy por su amor y alegría, a mis cuñados por su ayuda incondicional y a mis amigos por enseñarme el valor de una verdadera amistad.

Katherine

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Elizabeth Peña.

DECANA DE LA FICT

PRESIDENTE



Ing. Carlos Rodríguez.

DOCENTE DE LA FICT

DIRECTOR



Ing. Fabián Peñafiel.

DOCENTE DE LA FICT

VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este informe de Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente a nosotros; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Elías Roberto Vallejo Reyes.



Katherine Elizabeth Zapata Chora.

RESUMEN

Para la programación de Megaproyectos o Proyectos Multipropósitos, es necesaria la utilización de métodos especializados de programación de obras para proyectos con características y elementos distintos a los proyectos convencionales, por eso surge la necesidad de poseer un método que tenga la capacidad de programar, controlar tiempos, rendimientos, costos y recursos del proyecto.

La tesis que se presenta a continuación consiste en la Reprogramación del Proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, para lo cual se tomarán las duraciones teóricas, propuestas y promedio de cada actividad dentro del cronograma propuesto en base a los rendimientos teóricos, mediante el uso de métodos estocásticos y software de programación de obra, obteniendo funciones de probabilidad y un modelo de simulación para la duración del proyecto.

Debido a la magnitud del Proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu” y a su alto costo de inversión, se hace imprescindible poseer este método para actualizar el avance de la obra cada vez que surja la necesidad de saber presupuestos, tiempos establecidos o cumplimiento del cronograma propuesto, gracias a este método se puede calcular la duración de cada actividad y la duración final del proyecto con mayor exactitud.

Por lo tanto este proyecto de estudio también contemplo la alternativa de utilizar métodos estocásticos para el proyecto en estudio, analizando rutas críticas del proyecto, estado actual del proyecto y duración total del proyecto, para así poder compararlos y demostrar la eficiencia que tiene el método, además se requiere que estime recursos en forma rápida, con el fin de evitar errores que demoren la culminación del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	1
AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA.....	3
DEDICATORIA.....	4
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	5
DECLARACIÓN EXPRESA.....	6
RESUMEN	7
ÍNDICE GENERAL.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDO	10
ABREVIATURAS.....	14
ÍNDICE DE TABLAS	16
ÍNDICE DE FIGURAS.....	18

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	23
1. INTRODUCCIÓN	23
1.1 ANTECEDENTES	23
1.2 JUSTIFICACIÓN	27
1.3 OBJETIVOS	29
1.4 ALCANCE	31
CAPÍTULO 2	33
2. GENERALIDADES	33
2.1 PROGRAMACIÓN DE OBRAS	33
2.2 PROGRAMACIÓN DE MEGAPROYECTOS	51
2.3 MÉTODOS ESTOCÁSTICOS DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS	55
2.4 HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO	62
CAPÍTULO 3	77

3. PROYECTO MULTIPROPÓSITO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”	77
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	77
3.2 REVISIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	97
3.3 CRONOGRAMA PROPUESTO DE EJECUCIÓN DE OBRA	101
3.4 DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA PROPUESTO	106
CAPÍTULO 4	120
4. REPROGRAMACIÓN DEL PROYECTO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”	120
4.1 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS TEÓRICOS	120
4.2 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO PROMEDIO	141
4.3 DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES	151
4.4 DETERMINACIÓN DE DURACIONES TEÓRICAS DE ACUERDO A PRODUCTIVIDADES PROPUESTAS EN LOS APU	166
4.5 INTEGRACIÓN DEL CRONOGRAMA MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE	178

4.6	ACTUALIZACION DEL AVANCE DE OBRA	192
	CAPÍTULO 5	197
5.	MODELO DE PROGRAMACIÓN PROBABILÍSTICO DEL PROYECTO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”	197
5.1	INVENTARIO DE DURACIONES TEÓRICAS, PROPUESTAS Y PROMEDIO DE LAS ACTIVIDADES	197
5.2	DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD DE LAS ACTIVIDADES	210
5.3	MODELO DE SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO	217
	CAPÍTULO 6	220
6.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	220
6.1	COMPARACIÓN ENTRE DURACIONES PROPUESTAS, TEÓRICAS Y PROMEDIO	220
6.2	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO	223
6.3	ANÁLISIS DE LA RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO	225
6.4	COMPARACIÓN DE LA DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO OBTENIDA MEDIANTE MÉTODOS ESTOCÁSTICOS	228

CAPÍTULO 7	230
7. CONCLUSIONES	230
7.1 CONCLUSIONES	230
7.2 RECOMENDACIONES	232
BIBLIOGRAFÍA	233

ABREVIATURAS

APU	Análisis de Precios Unitarios
CPM	Método de Ruta Crítica
PERT	Técnica de Evaluación y Revisión de Programas
SENAGUA	Secretaria Nacional del Agua
CEDEGE	Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Rio Guayas
hH/um	horas Hombres por unidad medida
um/hH	unidad de medida de la actividad por hora Hombre
PO	Productividad Ofertada
PT0	Productividad Teórica 0
PT1	Productividad Teórica 1
PT2	Productividad Teórica 2
Inc.	Incluido
mm	milímetro
m	metro lineal
cm	centímetro

kg	kilogramo
Long.	Longitud
DO	Duración Ofertada
DT1	Duración Teórica 1
DT2	Duración Teórica 2
DPMP	Duración Promedio para Microsoft Project 2010
DOP	Duración Óptima
DPFM	Duración Promedio para Full Monte
DP	Duración Pésima
CGCG	China Gezhouba Company Group

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.- Resumen de costos totales US\$.....	108
Tabla II.- Costos Concurrentes.....	112
Tabla III.- Costos de Operación y Mantenimiento	112
Tabla IV.- Resumen del Presupuesto de Construcción.....	113
Tabla V.- Factores que Afectan el Rendimiento	122
Tabla VI.- Clasificación de la eficiencia en la productividad	126
Tabla VII.- Componente de Obras Civiles.....	128
Tabla VIII.- Componente de Equipamiento	130
Tabla IX.- Componente Eléctrico.....	133
Tabla X.- Componente Mecánico.....	136
Tabla XI.- Componente Ambiental	138
Tabla XII.- Componente de Obras Civiles.....	142
Tabla XIII.- Componente de Equipamiento	144
Tabla XIV.- Componente Eléctrico	146
Tabla XV.- Componente Mecánico	148

Tabla XVI.- Componente Ambiental.....	149
Tabla XVII.- Componente de Obras Civiles	167
Tabla XVIII.- Componente de Equipamiento	170
Tabla XIX.- Componente Eléctrico	172
Tabla XX.- Componente Mecánico	175
Tabla XXI.- Componente Ambiental.....	176
Tabla XXII.- Componente de Obras Civiles	199
Tabla XXIII.- Componente de Equipamiento	201
Tabla XXIV.- Componente Eléctrico	204
Tabla XXV.- Componente Mecánico	207
Tabla XXVI.- Componente Ambiental.....	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1.- Métodos Gráficos de Programación de Obras.	35
Figura 2-2.- Método de Gantt de Excel a Project.	36
Figura 2-3.- Diagrama de Gantt.....	38
Figura 2-4.- Diagrama de Gantt en Excel.	39
Figura 2-5.- Diagrama de Gantt con Acontecimientos.	40
Figura 2-6.- Trazo de una Red de Flechas.	42
Figura 2-7.- Trazo de una Red de Flechas Corregida.	43
Figura 2-8.- Trazo de una Red de Flechas con Actividad Ficticia.	43
Figura 2-9.- Trazo de una Red de Flechas con Actividad Ficticia Redundante.	44
Figura 2-10.- Trazo de una Red de Flechas sin Bucles y Origen-Final únicos.	45
Figura 2-11.- Formas Comunes de Diagramas de Bloques.....	50
Figura 2-12.- Distribución Beta.....	57
Figura 2-13.- Distribución Beta supuesta para los tiempos en PERT. (Moskowitz y otros, 1982).....	61
Figura 2-14.- Control por Porcentajes.	69

Figura 2-15.- Control por Colores.	70
Figura 4-1.- Interfaz del Microsoft Project 2010.....	154
Figura 4-2.- Actividad Predecesora.	155
Figura 4-3.- Actividad Sucesora.	155
Figura 4-4.- Actividad Sucesora.	157
Figura 4-5.- Componente de Obras Civiles.....	158
Figura 4-6.- Componente de Equipamiento.	158
Figura 4-7.- Componente Eléctrico.	159
Figura 4-8.- Componente Mecánico.	159
Figura 4-9.- Componente Ambiental.	160
Figura 4-10.- Relaciones entre tareas.....	162
Figura 4-11.- Componente de Obras Civiles.....	164
Figura 4-12.- Componente de Equipamiento.	164
Figura 4-13.- Componente Eléctrico.....	165
Figura 4-14.- Componente Mecánico.	165
Figura 4-15.- Componente Ambiental.	166

Figura 4-16.- Componente de Obras Civiles – Duración Ofertada.	181
Figura 4-17.- Componente de Obras Civiles – Duración Promedio.	181
Figura 4-18.- Componente de Equipamiento – Duración Ofertada.	182
Figura 4-19.- Componente de Equipamiento – Duración Promedio.	182
Figura 4-20.- Componente Eléctrico – Duración Ofertada.	183
Figura 4-21.- Componente Eléctrico – Duración Promedio.	183
Figura 4-22.- Componente Mecánico – Duración Ofertada.	184
Figura 4-23.- Componente Mecánico – Duración Promedio.	184
Figura 4-24.- Componente Ambiental – Duración Ofertada.	185
Figura 4-25.- Componente Ambiental – Duración Promedio.	185
Figura 4-26.- Componente de Obras Civiles – Cronograma Ofertado.	187
Figura 4-27.- Componente de Obras Civiles – Cronograma Promedio.	187
Figura 4-28.- Componente de Equipamiento – Cronograma Ofertado.	188
Figura 4-29.- Componente de Equipamiento – Cronograma Promedio.	188
Figura 4-30.- Componente Eléctrico – Cronograma Ofertado.	189
Figura 4-31.- Componente Eléctrico – Cronograma Promedio.	189

Figura 4-32.- Componente Mecánico – Cronograma Ofertado.....	190
Figura 4-33.- Componente Mecánico – Cronograma Promedio.	190
Figura 4-34.- Componente Ambiental – Cronograma Ofertado.	191
Figura 4-35.- Componente Ambiental – Cronograma Promedio.	191
Figura 4-36.- Componente de Obras Civiles – Avance de Obra Actualizado.	193
Figura 4-37.- Componente de Equipamiento – Avance de Obra Actualizado.....	193
Figura 4-38.- Componente Eléctrico – Avance de Obra Actualizado.	194
Figura 4-39.- Componente Mecánico – Avance de Obra Actualizado.....	194
Figura 4-40.- Componente Ambiental - Avance de Obra Actualizado.	195
Figura 5-1.- Formulas de Media y Desviación Estándar para Distribución BetaPert.	212
Figura 5-2.- Función de Probabilidad de Replanteo y Nivelación Lineal en Componente de Obras Civiles.	214
Figura 5-3.- Función de Probabilidad de Suministro y Colocación de Adoquín en Componente de Equipamiento.	215
Figura 5-4.- Función de Probabilidad de Suministro e Instalación de tablero de distribución en Componente Eléctrico.	215

Figura 5-5.- Función de Probabilidad de Compuerta Radial completa en Componente Mecánico.	216
Figura 5-6.- Función de Probabilidad de Charlas de Concientización en Componente Ambiental.	216
Figura 5-7.- Función de Probabilidad Acumulada del Proyecto.	218
Figura 6-1.- Duración Propuesta u Ofertada.	221
Figura 6-2.- Duración Teórica.	222
Figura 6-3.- Duración Promedio.	223
Figura 6-4.- Ruta Crítica Derivadora Las Maravillas.	227
Figura 6-5.- Cronograma Tornado de Actividades Influyentes.	228

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Para contar con un proceso constructivo bien estructurado que permita la disposición de recursos como mano de obra, materiales, equipos, máquinas y presupuestos en la construcción de manera ordenada, se debe aplicar un método que programe, determine y controle la disponibilidad de actividades requeridas en una obra.

Un proyecto funciona correctamente si cuenta con un sistema establecido, un proceso de actividades y la ejecución de estos métodos de trabajo, estableciendo relaciones entre manipulación del sistema y la creación de procesos de acuerdo a lo solicitado, al realizar una reprogramación de una obra se toman datos, rendimientos y duraciones propuestas como modelo, para luego compararlas con el software utilizado para reprogramar las actividades establecidas y así evitar demoras en el proceso constructivo.

Cualquier proyecto convencional se podría definir de manera más sencilla ya que solo necesitaría de un proceso constructivo, recursos cercanos y rendimientos, esto se proveerá en el campo; cuando se programa la construcción de un megaproyecto o proyecto multipropósito es todo lo contrario, porque es vital obtener una obra terminada con los parámetros más altos de calidad, menor costo y cumplimiento de tiempos, para evitar problemas o imprevistos futuros, además se deberá conocer diversos factores como el entorno sobre el cual se va a desarrollar la obra con sus respectivas especificaciones técnicas y así llegar a los alcances establecidos, contar con la disponibilidad de recursos cercanos o lejanos, conocer si el clima es constante o variable durante el tiempo que dure la obra, examinar topografías que predominen la zona, tener vías de acceso o salida de la obra, servicios existentes u obras preliminares, teniendo en cuenta un presupuesto disponible;

por lo tanto; programar una obra de esta magnitud no es sencillo, ya que si los resultados no son satisfactorios o surgen imprevistos que afecten directa o indirectamente dichos factores, tendrán una influencia en el plazo y costo de ejecución del proyecto.

El proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, es una de las soluciones que forman parte de la cuenca baja del Guayas, siendo esta una de las regiones con mayor potencial para el desarrollo del país, principalmente en el área agrícola, el problema primordial de estas áreas es su constante inundación debido a precipitaciones pluviales extremas y a la fisiografía de la zona, pareciendo estas acciones, un impedimento para su progreso local.

La SENAGUA, es la institución encargada legalmente del desarrollo integral de la cuenca del Río Guayas y la Península de Santa Elena, a partir de 1996, la CEDEGE como se conocía anteriormente la SENAGUA, construyeron obras para controlar las inundaciones de algunos sectores como Yaguachi – Chimbo y Taura – Bulubulu, gracias a estas obras se pudo controlar los efectos provocados por el fenómeno de El Niño de 1997 – 1998 logrando reducir daños en los alrededores.

No obstante, en el 2008 debido a las fuertes lluvias que generaron grandes inundaciones se decretó estado de emergencia para ciertas zonas, por lo que el Gobierno Nacional asigna recursos para realizar estudios y junto con la SENAGUA consideran el Proyecto de Control de Inundaciones de los ríos Bulubulu, Cañar y Naranjal, haciendo contrataciones de estudio en diciembre del 2009.

Siendo su principal objetivo la implementación de un sistema integral de medidas de ingeniería para el control de inundaciones y estabilización de cauces en los sistemas hídricos Bulubulu, Cañar y Naranjal, controlando riesgos bio-ambientales generadas por las precipitaciones especialmente en sectores de alto conflicto, dando como resultado el desarrollo social y económico de la región para facilitar la demanda de conservación y remediación ambiental que son destruidos naturalmente en zonas medias y bajas de la cuenca del Río Guayas.

Para ello, la SENAGUA ha propuesto tres fases de estudio dentro de los cuales tenemos:

- Estudios Básicos.
- Estudios de Factibilidad.

- Diseños Definitivos.

En los cuales se busca obtener información existente y de campo para poder plantear alternativas, escogiendo la mejor y desarrollándola mediante evaluaciones demostrando su viabilidad, para realizar un diseño de ingeniería acorde a los requisitos y propuestas del manejo del Proyecto Integral.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Al programar una obra identificamos las actividades claves del proyecto, este es un proceso que se ejecuta cuando se tienen claros aspectos como tipo de proyecto y lugar de construcción, modo y tiempo de ejecución, para definir los frentes de trabajo distribuidos correctamente, mediante gráficos y tablas que mostraran duraciones, inicios y términos de cada actividad propuesta, siguiendo un orden secuencial para cumplir con las exigencias del proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu [1].

Por ende se llega a reconocer la necesidad de utilizar un método efectivo para programar y controlar el proceso constructivo del proyecto, obteniendo resultados más aproximados y definiendo técnicas esenciales para una

comprobación de excelencia, el método principal de estudio en esta tesis identifica que aspectos son sobresalientes para llegar a una total eficacia y asegurar el logro de los objetivos deseados.

Con la ayuda del software de programación de obras que se llevara a cabo la reprogramación del proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, se pretende comprobar datos para mejorar los resultados, que permitan alcanzar altos estándares de calidad, proceso de construcción en un tiempo óptimo y con el menor costo posible, pero sobre todo se busca conocer con mayor exactitud los tiempos y duraciones finales del proyecto, debido a la gran cantidad de actividades que posee este proyecto es conveniente agruparlas de manera que el avance de obra coincida con el cronograma propuesto en la planificación, para poder controlar adecuadamente las actividades, la duración total y el presupuesto del proyecto.

El propósito de esta investigación es demostrar que por medio de un software de programación de obras se puede desarrollar una programación parcial y total del proyecto de manera más óptima, veraz y con excelentes resultados, haciendo que el planificador en esta etapa se tarde menos tiempo y pueda programar cada actividad de la obra con la seguridad de poder efectuar cambios que se requieran de acuerdo a un avance de obra, que comparado con los

métodos convencionales utilizados destinaban mayor tiempo ocasionando imprevistos y atrasos en el proyecto.

Conocer todo esto es sumamente importante porque todo proyecto demanda exigencias y tiempos que cumplir, relacionando siempre calidad con eficiencia, por lo tanto, no se puede llegar a condiciones críticas y lidiar con malas consecuencias, tener el control de planificar y programar adecuadamente es lo principal para que la obra se desarrolle en base a un método o procedimiento que genere avances positivos y cumpla con los requerimientos, limitaciones y ampliaciones del proyecto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Reprogramar el Proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, mediante métodos estocásticos y software de programación de obras, para comparar de esta manera su eficiencia al controlar recursos, tiempos, costos y rendimientos, específicamente para Megaproyectos o Proyectos Multipropósitos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar el estado actual del proyecto conociendo cronogramas propuestos y presupuestos, identificando el sistema escogido y comparándolo con el método de estudio utilizado.

Definir duraciones propuestas, teóricas y promedio, para compararlas entre sí, contando con un método que facilite y agilite la reprogramación de la obra con eficiencia.

Realizar la reprogramación del proyecto mediante el software de programación de obras para obtener un cronograma de actividades con sus respectivas duraciones y conocer la duración final del proyecto.

Utilizar métodos estocásticos como una alternativa de estudio para conocer la duración total del proyecto mediante funciones probabilísticas.

1.4 ALCANCE

En este estudio de tesis, se procura determinar duraciones finales del proyecto, mediante métodos estocásticos y software de programación de obras, tomando como datos: cronogramas, rendimientos y duraciones existentes, lo que no se pretende calcular en este estudio son APU (Análisis de Precios Unitarios) y presupuestos, solo serán analizados para iniciar la reprogramación del proyecto.

Esta investigación no busca crear controversias entre los métodos de programación de obras convencionales utilizados anteriormente en el proyecto, respecto al software de programación de obras siendo este el método que se va a utilizar en el estudio de tesis, lo que se intenta averiguar es el grado de eficiencia que tenga éste método con relación a los demás, tomando duraciones propuestas y teóricas para determinar tiempos promedios con la finalidad de encontrar una mínima variación, entre el tiempo programado existente y la reprogramación del estudio de tesis.

Cabe recalcar que dentro de los cronogramas no existirán variaciones en las actividades ya previstas, pero si se modificaran los tiempos o duraciones en cada actividad para que la duración final del proyecto sea la más confiable; asimismo; se crea la expectativa de que al utilizar un software de programación

de obras, la planificación en cronogramas de actividades sea más ágil, apta, efectiva, eficaz, completa, proporcionada y variable cuando sea necesario.

La Reprogramación del Proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, excluye el cálculo de nuevos presupuestos por ende no habrá cambios en análisis de precios unitarios ni en costos, se tomara en cuenta como material de apoyo los datos asignados al inicio del proyecto, por lo que se espera que las funciones probabilísticas graficadas como resultado del método estocástico tomado como alternativa de estudio para esta tesis, arroje resultados parecidos o no tan dispersos de los resultados sostenidos por el software de programación de obras.

Capítulo 2

2. GENERALIDADES

2.1 PROGRAMACIÓN DE OBRAS

Al programar un proyecto se involucran muchos recursos financieros que pueden cambiar a medida que va avanzando la obra, los recursos pueden ser escasos y su uso implica inmediatamente un costo, no podemos dejar de pensar en todos los interesados en el proyecto ya que ellos esperan que los compromisos se cumplan en plazos y tiempos establecidos inicialmente, por lo tanto, al programar una obra o proyecto se debe tomar en cuenta aspectos

fundamentales que definan claramente sus objetivos y alcancen exitosamente la realización de la obra.

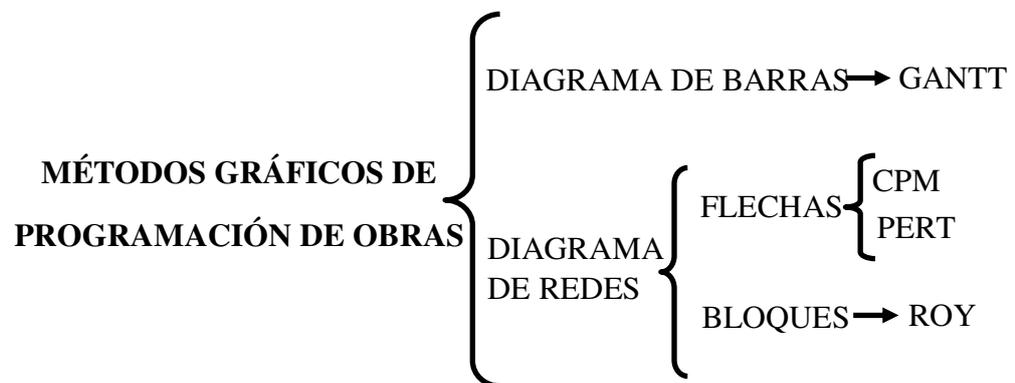
La programación de obras es una etapa que cumple con un rol muy importante dentro del proyecto, no se puede empezar ni culminar una obra sin saber:

- Cuando se termina un proyecto.
- Que alternativas se tiene si un trabajo se atrasa o no se termina en el tiempo estimado.
- Si se puede iniciar un trabajo sin haber culminado el que lo precedía.
- Como cumplir con las fechas de entrega.

Tal como lo mencionamos programar una obra presenta ventajas ya que ayuda a controlar situaciones, optimiza y mantiene el uso constante de recursos para evitar desperdicios o pérdidas, minimiza costos de operación para omitir sobrecontrataciones y siempre controla estar dentro de los márgenes asignados en el proyecto [1].

No existe una manera única de programar ni tampoco una herramienta que sea capaz de definir totalmente la forma con que se realice una actividad, porque las condiciones que se presentan en cada una de ellas pasan por una serie de factores que dependen y varían de acuerdo al tipo de proyecto que se presente, a la disponibilidad de presupuestos, equipos, transportes, permisos y frentes de trabajos que se inicien dentro o fuera de jornada laboral con diferentes grupos de trabajo.

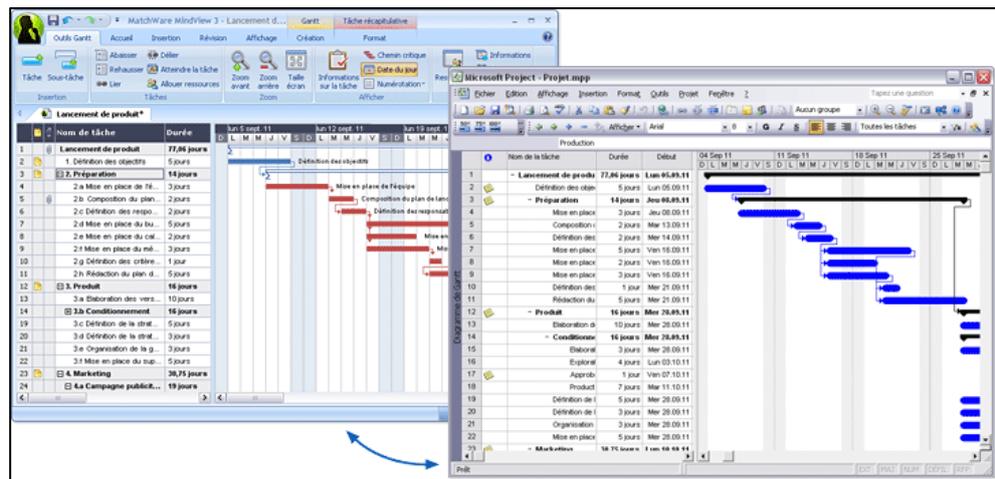
Existen diferentes métodos de programación, los más utilizados son los métodos gráficos y se clasifican como se indica en la figura 2.1.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 2-1.- Métodos Gráficos de Programación de Obras.

Estos métodos han sido utilizados por muchos años dando excelentes resultados a quienes lo usaban, pero en la actualidad existen métodos de software especializados en programación de obras, observar figura 2.2.



Fuente: *(Conversión instantánea de un diagrama de GANTT)* [3]

Figura 2-2.- Método de Gantt de Excel a Project.

Entre los aspectos más importantes para programar esta la definición y descripción de todas y cada una de las actividades del cronograma planificado, de manera ordenada, y si es posible, agruparlas de forma que sigan una secuencia de construcción y facilite cumplir las especificaciones técnicas y operativas requeridas.

2.1.1. Método de Diagrama de Barras o Método de Gantt.

Anteriormente la programación de los proyectos se hacía con poco tiempo, incluso hasta sin planeación, para este caso el mejor método para programar era el Método de Gantt, y fue Henry Laurence Gantt quien, entre 1910 y 1915, desarrollo y popularizó este tipo de diagrama en Occidente [2], ya que tenía la particularidad de especificar tiempos de inicio y culminación de cada una de las actividades, colocadas en celdas de tiempo horizontalmente, a pesar de esto, este método no indica las relaciones que puedan existir entre las actividades del proyecto, pero si es muy útil para relacionar tiempos y cargas de trabajo.

Para programar proyectos complejos con varios grupos de actividades se necesita además de este método, utilizar los métodos CPM o PERT, para poder relacionar las actividades entre sí de forma que permitan visualizar el camino crítico del proyecto y reflejen escalas de tiempo para agilizar la determinación de recursos y presupuestos.

El Diagrama de Gantt en si muestra el comienzo y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y las actividades agrupadas, representan diferentes fases, tareas o actividades programadas como

parte de un proyecto, mostrando líneas de tiempo, básicamente consiste en dos líneas, una vertical y una horizontal, en la línea vertical se colocan las actividades establecidas que se van a ejecutar en el proyecto y en la línea horizontal se muestra una barra con el tiempo que va a durar el desarrollo de esa actividad, como ejemplo se muestra en la figura 2.3.

DIAGRAMA DE GANTT						
DURACIÓN						
ACTIVIDADES	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV
Replanteo						
Excavación						
Encofrado de Zapatas						
Armado de Zapatas						
Fundición de Zapatas						
Relleno de Contrapiso						

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 2-3.- Diagrama de Gantt.

Se puede crear Diagramas de Gantt con hojas de cálculo de manera muy fácil, marcando ciertas celdas para señalar la representación de cada

actividad, por lo que es muy sencillo su lectura, las actividades se pueden colocar en cadenas secuenciales o simultáneamente dependiendo de la importancia que tengan para llevarse a cabo, a medida que una actividad progresa y llega a su culminación, la barra se va completando proporcionalmente, esto facilita y hace posible una visión general del progreso del proyecto con el avance a la fecha actual, para evitar demoras con respecto a la planificación de la obra, ver figura 2.4.

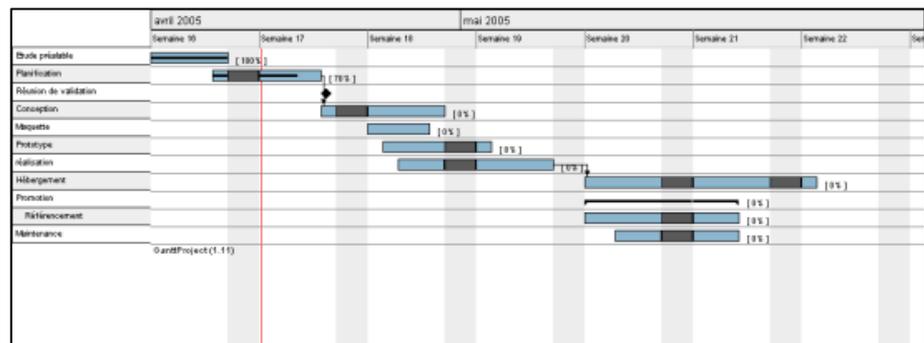
N.	ACTIVIDAD	DURACION	F. INICIO	F. TERMINA	PRIO.	RECURSOS				LÍNEA					MATERIAL						
						materiales	humanos	tecnológicos	economicos	1 HORA		2 HORA		3 HORA		4 HORA		1 HORA		2 HORA	
										30	60	30	60	30	60	30	60	30	60	30	60
1	CREACION Y CONSTITUCION	3 DIAS	25-10-2010	27-10-2010	-																
2	INVESTIGAR REQUISITOS PARA CONSTITUCION DE LA EMPRESA	2 HORAS	25-10-2010	27-10-2010	-																
3	reunion de grupo	30 M.	04-01-2011	05-01-2011	-																
4	reunir los requisitos para la constitucion de la empresa	1 HORA	25-10-2010	27-10-2010	3																
5	Clasificar y ordenar documentos que se desean conseguir	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	4																
6	ELABORACION DE DOCUMENTOS PARA LA CONSTITUCION DE LA EMPRESA	5 HORAS	25-10-2010	27-10-2010	2																
7	investigacion de documentos para la creacion de la empresa	1 HORA	25-10-2010	27-10-2010	5																
8	elaboracion de la solicitud publica y acta de constitucion	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
9	deposicion del registro en la superintendencia de empresas	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
10	publicacion en el comercio de la constitucion de S&C S.A.	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
11	elaboracion del registro de sociedades	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
12	elaboracion de las inscripciones de patentes en el municipio	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
13	elaboracion de la inscripcion en la CAMARA DE COMERCIO DE	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
14	elaboracion de la inscripcion en el S&C, por el MINISTRO DE FISC.	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
15	Clasificacion del registro en el INSTITUTO DE LA EMPRESA SOCIAL	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
16	APROBACION DE DOCUMENTOS	2 HORAS	25-10-2010	27-10-2010	6																
17	entregar los documentos aprobados	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
18	ignorar la presentacion de documentos	15 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
19	imprimir documentos	15 M.	25-10-2010	27-10-2010	7																
20	Revisión del Documento	30 M.	25-10-2010	27-10-2010	14																

Fuente: (Diagrama de Gantt en hoja de cálculo) [3]

Figura 2-4.- Diagrama de Gantt en Excel.

Lo más recomendable es que un Diagrama de Gantt no debe contener más de 15 o 20 actividades ya que luego no caben en un formato A4, si las actividades son mayores, existe la posibilidad de crear nuevos diagramas pero uno para cada actividad con sus respectivas planificaciones.

Pueden ocurrir eventos importantes dentro de las actividades planificadas, conocidos como puntos de conexión o acontecimientos, estos permiten que el proyecto se efectúe en fases que se puedan identificar con facilidad, entre los acontecimientos puede ser un documento como informe de avance de obra, estos eventos no tienen duraciones por lo que en el diagrama se los representa como un punto específico, como se muestra en la figura 2.5.



Fuente: (Acontecimientos) [3]

Figura 2-5.- Diagrama de Gantt con Acontecimientos.

2.1.2. Método de Diagrama de Redes.

Para estudiar este tipo de Diagramas de Redes se deben clasificar en Diagrama de Redes de Flechas y Diagrama de Redes de Bloques.

2.1.2.1. Diagramas de Redes de Flechas.

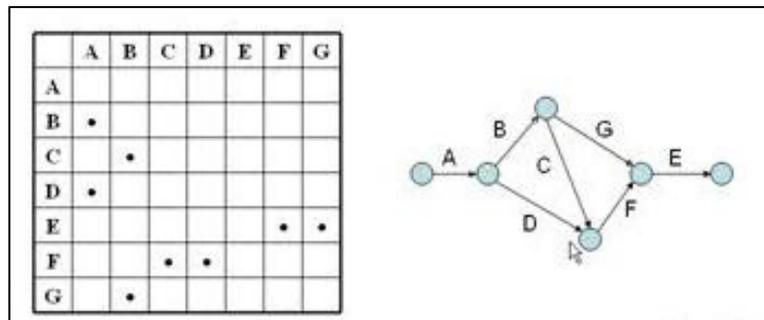
Están formados por dos métodos muy importantes que sirven para programar proyectos más complejos, dando como resultado los Diagramas de CPM y PERT, para trazar dichas redes es necesario conocer las actividades y sucesos del proyecto así como también fechas de inicio y terminación de cada actividad.

Para poder establecer una red de flechas se siguen una serie de reglas:

- Regla de dependencia: nos explica que si una actividad no se termina completamente entonces no se puede comenzar con la siguiente actividad.
- Regla de Convergencia: significa que una actividad no se puede iniciar hasta que todas las que la precedían estén culminadas.
- Regla de Divergencia: se refiere a que si existen actividades que se deban iniciar y desarrollar juntas no pueden iniciar si la actividad que daba paso a éstas no ha finalizado completamente.

Al cumplir con estas reglas podemos trazar la red de flechas siempre y cuando exista una relación entre actividades, se conozca el tiempo de cada actividad y tengan relaciones de precedencia.

Para cada matriz de actividades se traza una sola red de flechas como se indica en la figura 2.6, cada actividad precede a otra cumpliendo las reglas antes mencionadas.

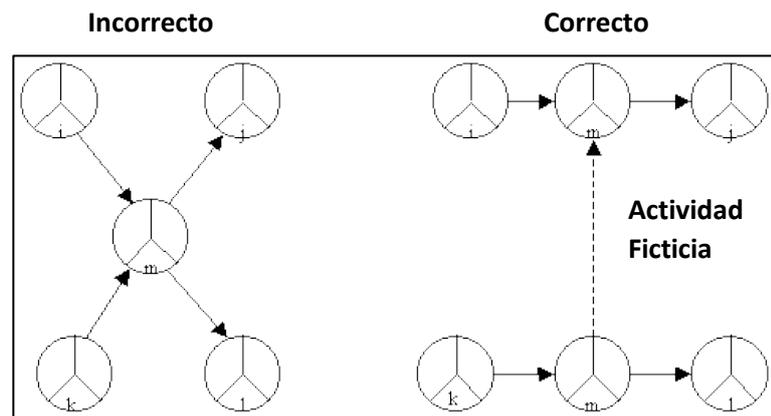


Fuente: (*Redes de Flechas*) [4]

Figura 2-6.- Trazo de una Red de Flechas.

Los grafos no pueden expresar más condiciones de precedencia que las establecidas, por lo tanto, en ocasiones se recurre a crear actividades ficticias, ya que suele haber confusiones al

trazar la red de flechas entre las actividades, ya que “k precede a j y l” mientras que “i precede solo a j”, ver figura 2.7.



Fuente: (*Redes de Flechas*) [4]

Figura 2-7.- Trazo de una Red de Flechas Corregida.

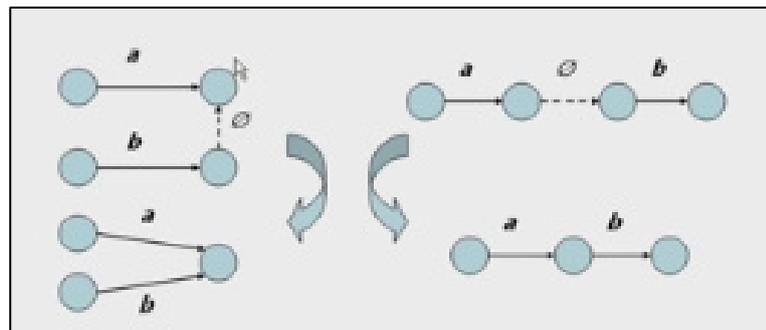
Del mismo modo dos actividades no pueden tener el mismo inicio y el mismo final, por ende se recurre a crear otra actividad ficticia, como se muestra en la figura 2.8.



Fuente: (*Redes de Flechas*) [4]

Figura 2-8.- Trazo de una Red de Flechas con Actividad Ficticia.

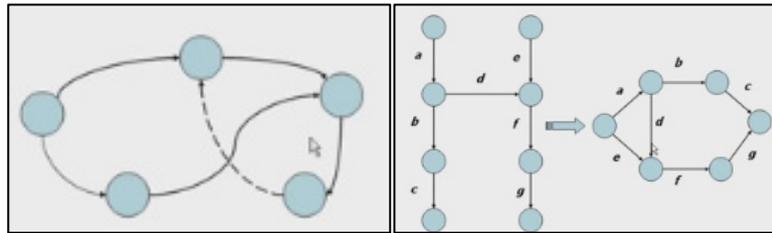
Al estar creando varias actividades ficticias se debe tomar en cuenta si realmente se la requiere para evitar caer en redundancias, estas no alteran el proceso pero si pueden incrementar innecesariamente los nudos en la red de flechas y complicar el cálculo de tiempo dando como resultado una duración poco confiable y errada, ver figura 2.9.



Fuente: (*Redes de Flechas*) [4]

Figura 2-9.- Trazo de una Red de Flechas con Actividad Ficticia Redundante.

Ninguna actividad puede ser inicio y fin al mismo tiempo en un determinado camino de la red de flechas, no sería lo más adecuado la formación de bucles, todo proyecto tiene un solo comienzo y un solo final, terminando en un solo tiempo determinado por lo cual se debe evitar crear una red de flechas con más de un origen o final, como se indica en la figura 2.10.



Fuente: (*Redes de Flechas*) [4]

Figura 2-10.- Trazo de una Red de Flechas sin Bucles y Origen-Final únicos.

Método CPM: el método de la Ruta Crítica es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades que componen un proyecto, las cuales deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y a un costo óptimo. [5]

Este método se lo utiliza en proyectos grandes o pequeños por que se adapta fácilmente a cualquiera de ellos, se debe tomar en cuenta que funciona con mayor eficiencia en proyectos no repetitivos, con tiempos de ejecución establecidos sin variaciones y con el costo de operación más bajo dentro de ese tiempo disponible.

Consiste en una serie de actividades que señalan la duración total del proyecto, representadas por una Ruta Crítica que empieza en un evento o culmina en otro, ordenadas de tal forma que si una actividad presenta variaciones en su duración, afectara de manera directa a la duración final del proyecto.

Para construir esta Ruta Crítica se debe conocer ciclos en los que se destaca:

- Definición del proyecto.
- Lista de actividades.
- Matriz de consecuencias.
- Red de actividades
- Costos y Pendientes.
- Compresión de la Red.
- Limitaciones de tiempo, de recursos y económicos.
- Matriz de Elasticidad.
- Probabilidad de Retraso.

- Aprobación del proyecto.
- Ordenes de trabajo.
- Graficas de control.
- Reportes y análisis de los avances.
- Toma de decisiones y ajustes.

Entre los ciclos mencionados los más importantes y significativos para esta etapa del proyecto son: definición del proyecto y lista de actividades, ya que en toda actividad se necesitan conocimientos acertados de lo que se va a ejecutar en la obra.

En un conjunto de actividades estas forman un camino conectado de operaciones en la red, en lo que dura el proyecto se la llama Ruta Crítica, ya que es una trayectoria que requiere el mayor tiempo para recorrer la red, es decir, el máximo tiempo acumulativo de las actividades, denominándose actividades críticas, que van a permitir el cálculo de las holguras entre ellas.

Método PERT: se denominan técnicas de PERT aquellos modelos o propuestas con los cuales se puede desarrollar una programación y análisis de un proyecto. Es una técnica de evaluación y revisión de programas ya que implementan el cálculo probabilístico de las duraciones de las actividades. Implementa tres posibles duraciones que son: optima, media y pesimista. Estas duraciones son probables en base a los registros de proyectos similares realizados con anterioridad. [6]

Este método trata de llevar un control entre la planificación y la programación de un proyecto para verificar que se ejecute eficientemente, haciendo evaluaciones constantes de acuerdo al avance de obra para prevenir retrasos, procurando que las fechas de inicio y culminación se efectúen con cumplimiento, de tal manera que si se da el caso, se pueda generar posibles soluciones para contrarrestarlos.

Si llegan a existir cambios en el proyecto, éste método permite realizar evaluaciones para conocer el nuevo comportamiento de duraciones y costos, facilitando la programación de nuevas actividades para realizarlas de acuerdo a la nueva planificación

y recursos disponibles, evitando retrasos o crear lo que se conoce como “cuellos de botellas”.

Gracias a esta técnica se pueden realizar varias aplicaciones como:

- ✓ Lograr un costo mínimo en el proyecto en base a estudios realizados.
- ✓ Puede detectar y cuantificar holguras parciales y totales.
- ✓ Indica si alguna actividad está siendo forzada para que sea culminada a tiempo.
- ✓ Estudia el camino crítico formado por las actividades críticas del proyecto.

El objetivo principal de este método es usar tres diferentes tipos de estimaciones de duraciones de las actividades para generar la información requerida sobre su distribución de probabilidad, ya que se utilizara para estimar la probabilidad de terminar el proyecto en la fecha programada.

Estas técnicas CPM Y PERT han ido evolucionando a medida que los proyectos han adquirido nuevos campos, por ende, el desarrollo de estas dos técnicas analíticas para programar y controlar los proyectos están orientadas plenamente a la determinación de duraciones, comprenden una sola técnica y mínimas diferencias históricas entre sí, son idénticas en concepto y metodología, la única diferencia es el método por medio del cual se generan estimados de duraciones para las actividades del proyecto, por lo tanto, ambas se denominan “técnicas de programación de proyectos”.

2.1.2.2. Diagrama de Bloques

Método de ROY: este método no requiere crear actividades ficticias, representa las actividades en bloques y sus interdependencias mediante flechas, la siguiente figura 2.11 se muestra las dos formas más comunes de representación. [7].



Fuente: (*Diagrama de Bloques*) [7]

Figura 2-11.- Formas Comunes de Diagramas de Bloques.

Frecuentemente observamos que las programaciones de obras jamás pueden cumplirse, porque sería una exactitud que una programación se cumpla de manera total y milimétrica, ya que cuando una obra se adelanta o se atrasa ya no se está cumpliendo con lo programado, por lo tanto estos métodos para programar proyectos sirven solo para conocer estimados de duraciones mas no fechas exactas de culminación de obras.

2.2 PROGRAMACIÓN DE MEGAPROYECTOS

Los Megaproyectos son realizados comúnmente en países desarrollados, su nombre se debe a que son proyectos grandes, complejos y costosos en relación a los proyectos convencionales, su costo excesivo, tiempo de construcción y resultados no siempre esperados, son comunes en este tipo de proyectos según estudios realizados, pero gracias a estos, la economía y el desarrollo social del país del proyecto en cuestión, se ve afectada de manera positiva.

Una obra como esta es sin duda de grandes dimensiones y costos, en la cual se requiere la intervención de cientos de personas, quienes con su inteligencia y mano de obra calificada consiguen terminar los proyectos de manera eficiente creando un impacto y desarrollo social muy alto, además no se los considera un negocio o simplemente una obra civil sino como proyectos de desarrollo.

Varios países han tomado la decisión de comenzar a invertir en infraestructuras como vías de desarrollo, el Gobierno de Ecuador, desde el 2007, con ayuda de la SENAGUA, cuenta con 16 proyectos de los cuales 6 actualmente están en construcción, considerados Megaproyectos por la complejidad, costos, duración y cantidad de estudios a realizarse para cada proyecto, entre ellos está el Proyecto de Bulubulu, Cañar y Naranjal, ya que su construcción es muy costosa y las actividades a desarrollar son inmensas, este llamativo proyecto para nuestro país representa un desafío para la gestión de proyectos y su financiación, considerando una excelente oportunidad para proponer mejoras al megaproyecto mediante la optimización de los programas estocásticos para el proyecto (Carlos Rodríguez, 2014).

Proyectos de esta magnitud pueden presentar inconvenientes teniendo un exceso en el presupuesto estimado, tiempos retrasados o incumplimiento no intencional de los objetivos del proyecto, las causas de estos problemas han sido bien documentados (CII, 1987) y pueden ser:

- La falta de realismo en las estimaciones iniciales de costos.
- Baja estimación de duraciones y costos de los retrasos.
- Cambio de cantidades y precios.
- Contingencias demasiadas bajas.

- Subestimación de los riesgos geológicos.
- La subvaloración de los costos y el tiempo de expropiaciones.
- La subvaluación de los costos y de demandas del medio ambiente.
- Alto riesgo como resultado de la innovación tecnológica.
- Los cambios en especificaciones técnicas y diseños del proyecto.

Así mismo se concluyó que el resultado de estas causas pueden ser analizadas durante la fase de planificación y ejecución, Haidar y Ellis (2010) [9] identificaron dichas causas, siendo las más relevantes:

- Diseños incompletos.
- Planificación no realista en cuestión de costos y tiempos.
- La subestimación de la complejidad del proyecto.
- Estimación poco realista de la cantidad de materiales.
- Incorrecta evaluación de riesgos.
- Organización del proyecto inadecuada.
- Falta de comunicación y trabajo en equipo.

- Falta de coordinación e integración de equipos de trabajo.

Las causas mencionadas reflejan que las practicas gestionadas no son las más adecuadas, por ende, los megaproyectos deben reunir con claridad diversos valores, intereses y culturas de trabajo, ya que se consideran proyectos emblemáticos porque proporcionan la infraestructura necesaria para mejorar la productividad del país (Carlos Rodríguez, 2014), estableciéndose dentro de un tiempo determinado en lo que los cambios de economía son importantes ya que la ejecución de estos proyectos son propiedad de agencias gubernamentales y realizados por contratistas privados donde el financiamiento proviene de fuentes externas.

Para conocer las causas de los problemas que se puedan presentar se recomienda identificarlos para luego contar con horarios de trabajos establecidos, desarrollando un plan de probabilidad utilizando funciones de densidad de probabilidad para las actividades y duraciones, procurando incluir incertidumbre y riesgo en los modelos de validación [10].

En la actualidad no existe una regla específica para clasificar a los proyectos y definirlos como megaproyectos o proyectos normales, esto dependerá tanto

del contexto que lo forme así como también de lo que en realidad cueste construirlo, aunque por lo general el presupuesto, el tiempo, los recursos y los riesgos considerados son los que marcan la diferencia.

La inversión en un megaproyecto se ve relacionado con la biodiversidad a través de la declaración del efecto ambiental, el cual es un requisito para que dicha obra tenga un desarrollo sostenible, ya que se internalizan costos ambientales y se programa controles de impactos ambientales, ya que intentan rebasar límites con respecto a lo convencional, transformándose cada uno en algo incomparable, atrayendo la atención local, nacional e internacional.

2.3 MÉTODOS ESTOCÁSTICOS DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS

El concepto de utilizar métodos estocásticos principalmente se lo utiliza para estimar costos y niveles de productividad en las construcciones, de manera exitosa y una fuerte aceptación, contemplando la incertidumbre sobre la duración de cada actividad para obtener resultados esperados o fallidos del proyecto en general.

Estos métodos incluyen distribuciones de probabilidad para todas las variables aleatorias ligadas a las duraciones de cada actividad, entre los métodos que se utilizan sobresalen el método de Monte Carlo y el método de PERT, cada uno busca formar redes estocásticas del proyecto para obtener información sobre criticidad, costos, probabilidades de éxito y duraciones, donde el retardo de una obra es mucho más caro que cualquier desviación en el presupuesto.

2.3.1. MÉTODO DE SIMULACION DE MONTE CARLO

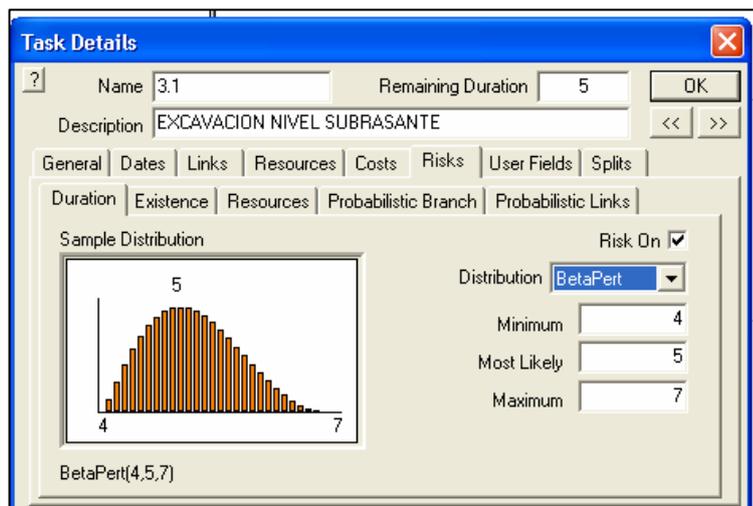
El método de simulación de Monte Carlo es un método no determinista o estadístico numérico, se lo utiliza mayormente para estudios complejos y costosos para obtener una evaluación más exacta, su nombre se debe al Casino de Monte Carlo (Principado de Mónaco) por ser “la capital del juego del azar”, al ser la ruleta un generador simple de números aleatorios, relacionando así a la simulación de problemas probabilísticos, proporcionando soluciones aproximadas tomando muestreos de números pseudoaleatorios en una computadora. [11]

Del mismo modo este método es utilizado para el control de proyectos, es decir, para controlar las actividades que en algunos casos posee

duraciones aleatorias, se pueden mencionar distribuciones de probabilidad en este método como:

- ◆ Histogramas de Frecuencia.
- ◆ Distribución Beta.
- ◆ Distribución Binomial Negativa.

Lo que nos dará como resultado el índice de criticidad de las diferentes actividades que componen el proyecto, como muestra de la gran aplicación que tiene la estadística matemática y la teoría de las probabilidades en el campo de la ingeniería civil, como se muestra en la figura 2.12.



Fuente: (Aplicación de la técnica de simulación de Monte Carlo en obras civiles) [11]

Figura 2-12.- Distribución Beta.

Sin embargo este método debe ser manejado con cuidado para evitar resultados o evaluaciones sobrestimadas en el proyecto, lo cual ocurre cuando se analiza posibles correlaciones entre actividades que suelen ser ficticias, para ello se utiliza matrices de correlación, y de esta manera se logra que no haya errores entre resultados de las distribuciones asumidas y el avance real de la obra con sus modelos originales.

Para simular este método se requiere de programas o software que sean aptos para diseñar modelos de este tipo, de excelente calidad y resultados eficientes, se debe mencionar que será necesario realizar pruebas de Bondad de Ajuste para obtener resultados con mayor exactitud, además se debe considerar que de esta simulación se obtienen variabilidades e incertidumbres como fuentes de variación en respuesta.

Por lo tanto, la simulación de Monte Carlo muestrea aleatoriamente valores a partir de las distribuciones de probabilidad asignadas, realizando esta operación varias veces teniendo como resultado una distribución de probabilidad de posibles resultados, proporcionando una visión mucho más completa de lo que puede suceder y la probabilidad de que ocurra este suceso, en este método se puede generar:

- ✓ Resultados probabilísticos.
- ✓ Resultados gráficos.
- ✓ Análisis de sensibilidad.
- ✓ Análisis de escenario.
- ✓ Correlación de variables de entrada.

Comúnmente es utilizado en proyectos grandes o complejos ya que los métodos tradicionales no toman en cuenta la convergencia de caminos y tienden a subestimar la duración del proyecto, a pesar de la complejidad de este método, los programas que la implementan son fáciles de usar, por lo que ha sido utilizado con mayor frecuencia en la actualidad.

2.3.2. MÉTODO DE PERT

La distribución de tiempo que supone el método de PERT para una actividad es una *distribución beta*, definiéndola por tres estimados de tiempo:

- El estimado de tiempo más probable, m.

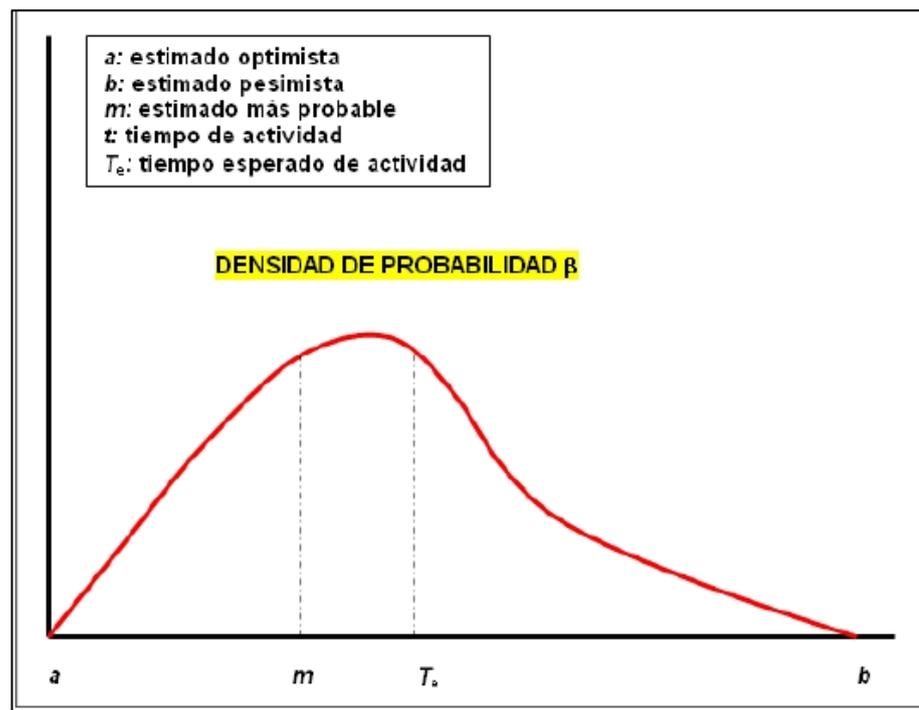
- El estimado de tiempo más optimista, a.
- El estimado de tiempo más pesimista, b.

Este método permite determinar el camino crítico, el tiempo total de ejecución de la obra y los márgenes de tiempo que pueden ser permitidos en cada tarea de la actividad asignada para que la fecha de culminación del proyecto no presente retrasos, siendo estos tiempos en su gran mayoría estocásticos.

Se puede decir que cuenta con procesos aleatorios de manera muy simplificada ya que solo utiliza las varianzas de las variables propuestas, tratando de conseguir que los modelos de las funciones proporcionen una información más completa, teniendo en cuenta variables continuas y discretas tanto para distribución beta como para distribución binomial negativa respectivamente, considerando que son las que mejor se ajustan a las duraciones de las actividades del proyecto.

La forma de distribución que se muestra en la figura 2.13, señala que el tiempo más probable es el tiempo requerido para culminar una actividad

bajo condiciones normales, los tiempos optimistas y pesimistas generan dudas en el progreso de las actividades incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.[11]



Fuente: (*Diferencias entre PERT Y CPM*) [11]

Figura 2-13.- Distribución Beta supuesta para los tiempos en PERT. (Moskowitz y otros, 1982).

Los resultados que se esperan muestran la información completa del tiempo total de ejecución del proyecto, las holguras entre el comienzo y

culminación de las actividades, así como también el índice de criticidad de cada actividad del proyecto.

En necesario involucrar al método de simulación de Monte Carlo en este método ya que resuelve el problema de aleatoriedad de las variables que intervienen en el modelo de control del proyecto, además de las funciones de probabilidad emplea redes que sirven para visualizar gráficamente la relación que existe entre las actividades establecidas y la secuencia de ejecución de cada una de ellas, estimando el tiempo que se requiere para pasar de una actividad a otra.

2.4 HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO

Controlar un proyecto significa que las personas que intervienen en la correcta ejecución de la obra, estén plenamente satisfechas con los costos, tiempos, consecuencia, recursos y materiales debidamente aprobados para la culminación del trabajo.

Para que el proyecto sea programado y controlado se debe contar con una serie de actividades como:

- ◆ La lista de actividades.
- ◆ El presupuesto general.
- ◆ Las especificaciones de actividad.
- ◆ Señalamiento de puestos, responsabilidades y organización de mando.
- ◆ Red de actividades.
- ◆ Condiciones limitantes de trabajo.
- ◆ Procedimientos de trabajo.
- ◆ Equipo necesario.
- ◆ Planos, esquemas de itinerario y horarios.
- ◆ Matrices de información.

Estas actividades nos ayudan a mantener un control en el proyecto mediante órdenes de trabajo, ya que debe ser ejecutada por una persona o grupos de personas responsables que cumplan con los planos generales, cantidades, tiempos y calidad requerida, sin embargo, es necesario utilizar gráficas de

control para vigilar visualmente la ejecución de cada actividad y así mantener un preciso control en el avance de la obra y de esa manera del proyecto total.

Los procesos que componen el proyecto están dirigidos por responsables que anotan la secuencia de las actividades y controlan las holguras entre ellas para tener el tiempo necesario disponible y terminar sus actividades a tiempo, del mismo modo, si existe la posibilidad de adelantar una actividad se lo debe realizar, ya que no representa cambios en los costos directos y disminuye de cierta manera los costos indirectos, siempre y cuando se tenga recursos humanos y materiales disponibles.

Si las actividades de la obra se retrasan y por ende el proyecto total, se generan inconvenientes ya que los costos sufren cambios, se traslapan las secuencias y la disponibilidad de tiempo se agota, por lo que se necesita de una evaluación para conocer los motivos del retraso y puedan ser acogidos entre las holguras, se requiere de un eficiente control del proyecto para lo cual es necesario utilizar un programa que nos ayude a proceder de manera adecuada durante toda la ejecución del proyecto.

Cuando se planea un proyecto se analizan todas las actividades que se realizarán a lo largo de la obra, ya que de esta manera se facilita la presentación de informes periódicos a las personas involucradas con el proyecto, detalladas de forma diferente, además, se compara lo ejecutado con la programación realizada para incluir las modificaciones que sean necesarias, siendo esto muy importante para seguir con el desarrollo de las etapas de construcción del proyecto.

Se dice que los programas en los proyectos llegan a ser fundamentales como herramientas de dirección, porque realizan un seguimiento durante todo el tiempo que transcurre la obra para controlar que su desarrollo sea el esperado, es decir, es una técnica de seguimiento que mide y monitorea el progreso de los objetivos del proyecto, tomando acciones que verifiquen y corrijan si su comportamiento no es el adecuado.

Los sistemas de control se encargan de determinar una medida en un tiempo determinado durante toda la ejecución del proyecto, siendo esta una información importante para dirigir el proyecto y desarrollarlo, representando cercanías o lejanías de lo programado a la realidad, existen dos clases de control:

2.4.1. Control Técnico

Durante el proceso de construcción se involucran una gran cantidad de controles técnicos que varían de acuerdo a la magnitud del proyecto, entre los cuales tenemos:

- Equipos
- Materiales
- Mano de Obra
- Calidad
- Actividades y Procedimientos
- Estabilidad de trabajos ejecutados
- Costos
- Presupuestos
- Programación

2.4.2. Control Administrativo

Estos controles son tan importantes como los técnicos, podemos citar algunos de ellos:

- Procedimientos Administrativos
- Compras y Suministros
- Vigilancia del Proyecto
- Supervisión de Licitaciones
- Controles Jurídicos
- Control de Gastos Administrativos
- Controles Financieros
- Existencias de Almacén

Los controles tanto técnicos como administrativos son muy importantes dentro del proceso constructivo para obtener un adecuado desarrollo del proyecto, estableciendo de manera ágil y fácil las soluciones a cambios que se presenten en el transcurso del programa de ejecución para evitar retrasos, por lo que se debe tener establecidos los tiempos, tareas,

recursos, fechas y rendimientos, para que permita a las actividades estar dentro de los parámetros establecidos, tomando correcciones que pueden ser de tipo administrativo, financieros y de construcción, para que la organización encargada de la programación de la obra y el control, diseñe formatos que muestren de manera clara los procesos de ejecución que se deben realizar.

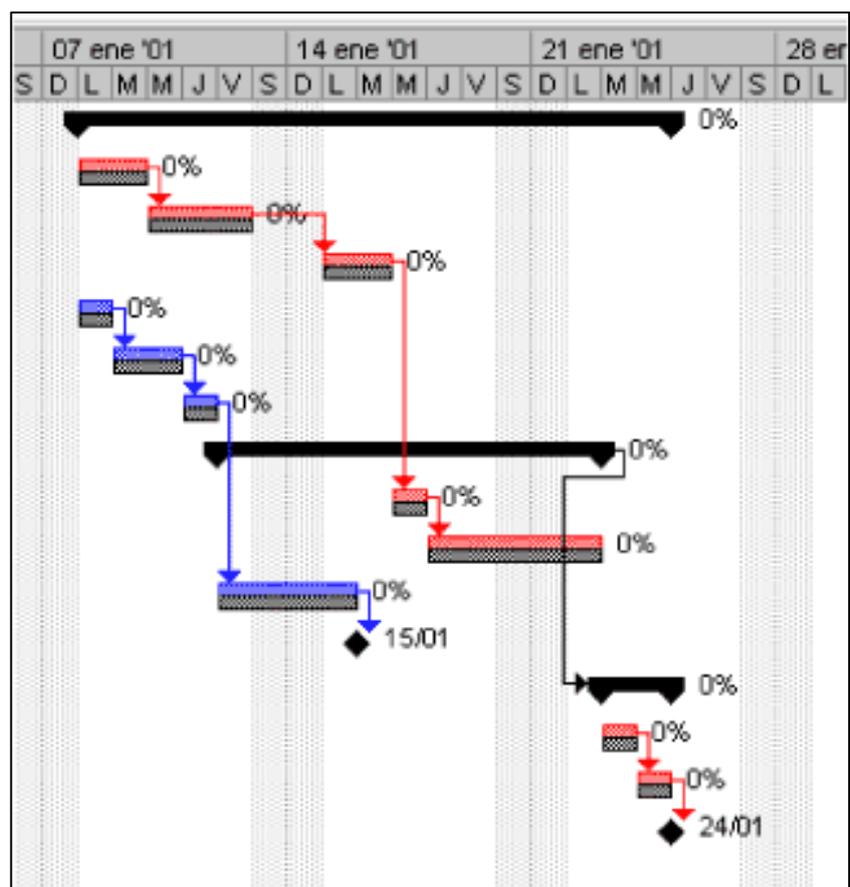
Para realizar correctamente este control en el proyecto, es indispensable que la persona encargada de esta etapa del proceso diseñe sus propios formatos de control, siendo claros, entre ellos pueden ser:

- ✓ Control de equipos
- ✓ Control de materiales
- ✓ Control de mano de obra
- ✓ Avance de obra

Cabe mencionar que estos formatos varían de acuerdo a los requerimientos del proceso en el proyecto y la creatividad que posean el grupo de trabajo encargado.

Así mismo se pueden realizar controles gráficos de dos formas:

- **Control por Porcentaje:** este control se lo realiza mediante gráficos de barras, indicando el porcentaje de obra realizada con respecto a lo programado previamente, para realizar este control existen programas computacionales como el *software Microsoft Project*, ver figura 2.14.



Fuente: (*Administrar y realizar un seguimiento*) [12]

Figura 2-14.- Control por Porcentajes.

- **Control por Colores:** se lo conoce también como control por secuencia semanal de colores, es fácil de adaptar a cualquier proceso, necesita de formatos claros y de fácil aplicación para que sean llevados a diagrama de barras, primero de debe asignar un color para realizar el corte o avance de la obra en una semana seleccionada, ver figura 2.15.

Nr.	Actividad/casa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Fecha	#	Color
1	A																mayo 16/07	1	Blue
2	B																mayo 23/07	2	Red
3	C																mayo 30/07	3	Yellow
4	D																junio 4/07	4	Green
5	E																		
6	F																		
7	G																		
8	H																		
9	I																		

Fuente: (*Control por colores*) [13]

Figura 2-15.- Control por Colores.

La programación de obras siendo una lista de actividades a realizar y con grupos de personas involucradas en la ejecución del proyecto, necesita de un buen software en gestión de proyectos que sea estable pero a la vez flexible, existen varios tipos de software libres y disponibles para realizar estos trabajos de programación de obra, siendo algunos de ellos los más adecuados para cada caso o etapa del proyecto, entre los cuales tenemos:

- colabtive
- Project HQ
- Gantt PV
- ClockingIT
- TeamWork
- Microsoft Office Project 2010
- iceScrum
- Achievo
- dotProject.net
- GanttProject
- TaskJuggler

Estas herramientas permiten trabajar de forma grupal y colaborativa en un entorno de información compartida y actualizada de manera instantánea, teniendo diferentes funciones dentro de sus herramientas como seguimientos de plazos, costos, notificaciones de duraciones parciales y totales, por eso se

establece que controlar un proyecto es contar con un conjunto de acciones que lleven a cabo la verificación de una adecuada ejecución de cada una de las actividades propuestas en la programación de la obra.

El objetivo principal de controlar un proyecto es conocer si todos los recursos están siendo utilizados de manera que se logre la mayor efectividad posible para cumplir con los objetivos del proyecto en el tiempo estimado, por lo cual, se reconoce que es un proceso dividido en cuatro fases:

1. Establecimiento de estándares y criterios
2. Observación y desempeño o ejecución del proyecto
3. Medición de desempeño o ejecución del proyecto
4. Acción correctiva

Además, este proceso cuenta con ciertos puntos críticos de control, es decir, son puntos seleccionados como base para poder medir el avance de la obra mostrando con mayor claridad si lo programado está funcionando de manera correcta, señalando sus puntos fuertes

y débiles en la ejecución, y así permita el desarrollo de estrategias o acciones que corrijan las desviaciones presentadas en la ruta del proyecto.

Con el software de programación de obras se trata de obtener un control efectivo del avance integral físico y financiero del proyecto, para relacionar cada vez que se requiera el tiempo con el costo de la obra y alcanzar los resultados esperados.

2.4.3. Análisis de Valor Ganado

Es un método que sirve para medir el desempeño de un proyecto comparando la cantidad de trabajo programado con lo que realmente está siendo ejecutado, además de ser una técnica para evaluar el estado del proyecto, hace esas comparaciones para conocer si el cronograma, trabajo realizado y costo están desarrollándose de acuerdo a lo programado, sumando estimaciones de costos y duraciones por cada actividad durante un periodo de tiempo (usualmente al día).

El propósito del valor ganado es cuidar que los riesgos de los costos asociados al proyecto tengan mayores posibilidades de ser mitigados a tiempo y con rapidez, siendo muy fácil al calcularlo y así mostrar a los interesados el estado del presupuesto y desempeño correcto a tiempo de la obra.

Este método consta de alcance, cronograma y costos, ya que todas las actividades que se proponen en un proyecto alcanzan un valor determinado conforme se vaya completando la obra, facilitando que las varianzas o desviaciones sean analizadas con claridad, al igual que los impactos y estimados de tiempos para culminar el proyecto.

Para determinar el valor ganado del proyecto se necesita que las actividades del proyecto estén debidamente identificadas y calendarizadas para analizar datos y verificar que el programa es el más adecuado de acuerdo a las restricciones y objetivos del proyecto, actualizando el calendario periódicamente y los costos conforme avance la obra.

El cálculo del valor ganado requiere que previamente se identifique los siguientes puntos:

- ✓ **La estructura de tareas (WBS):** esta es una lista de tareas y paquetes de trabajo del proyecto organizado de manera jerárquica, tomando en cuenta diferentes reglas para conocer el avance de cada actividad.
- ✓ **El calendario de ejecución (PMS):** es prácticamente un diagrama de Gantt de las actividades a realizarse.
- ✓ **Costo presupuestado del trabajo planificado (BCWS) o valor planificado (PV):** es el costo presupuestado de las tareas que se habían planificado en una unidad de tiempo.
- ✓ **Costo presupuestado del trabajo realizado (BCWP) o valor ganado (EV):** es el costo presupuestado de las actividades que realmente se han terminado en una unidad de tiempo.

Es decir, el análisis de valor ganado principalmente representa la suma de todos los costos del presupuesto del trabajo realizado en el momento del análisis global del proyecto, involucrando tres principales elementos dentro de una obra: alcance, costo y tiempo para determinar la varianza del costo y la varianza del cronograma, proporcionando una información

más completa y eficiente de lo construido realmente a la fecha con el valor planificado.

Lo que nos da como resultado la varianza del cronograma sirve para conocer si el valor ganado es menor o mayor que el costo planificado mostrando en su resultado ya sea un signo positivo o negativo, determinando si la obra esta adelantada o retrasada respectivamente, relacionado con el cronograma planificado inicialmente.

Por lo que, se confía que el valor ganado nos da una medida monetaria de lo que se gastó en el progreso obtenido mediante una varianza de costo, también reflejada en sus resultados positivos o negativos dependiendo del caso, es decir, si se ha gastado menos de lo que se debería o más de lo presupuestado respectivamente.

En los programas de software para programación de obras al valor ganado se lo conoce como valor acumulado, este análisis es muy importante porque responde a preguntas y despeja dudas acerca de lo que sucede o sucederá con la ejecución del proyecto, ya que algunos tienen sobrecostos o se atrasan, estando por encima del presupuesto inicial, sin saber si será culminado.

Capítulo 3

3. PROYECTO MULTIPROPÓSITO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La cuenca baja del río Bulubulu forma parte de los ríos que dan origen a una de las regiones con mayor potencial para el desarrollo del país, debido a que se localiza en una zona plana se encuentra expuesta a graves inundaciones que dificulta su desarrollo.

Desde el año 1981 la CEDEGE que actualmente es la SENAGUA se ha preocupado por solucionar este problema, por eso a partir de 1996 se han construido obras de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Bulubulu y Chimbo, en la actualidad lo que se requiere es construir estas mismas obras pero en un sistema compuesto por los ríos Bulubulu, Cañar y Naranjal.

El enfoque principal de esta tesis es sobre el sistema Bulubulu, el objetivo principal de este proyecto es integrar un sistema de medidas de ingeniería que permita el control de las inundaciones y establezca el cauce de este sistema, ayudando de esta manera al desarrollo del nivel socio-económico de la región.

Estas inundaciones se deben en su gran mayoría a la escasez de capacidad hidráulica del río y su deficiente drenaje de los suelos que se caracterizan por tener baja permeabilidad en las capas inferiores, entonces se puede decir que el fenómeno de la inundación se da por la combinación de la incapacidad de transporte del río y de la baja permeabilidad de los suelos.

El planteamiento de las soluciones de este proyecto se llevó a cabo mediante estudios que determinaron tres fases de análisis:

- ✓ Estudios básicos
- ✓ Estudios de factibilidad
- ✓ Diseños definitivos

3.1.1 Planteamiento original del proyecto

Debido a la complejidad con que se caracteriza reducir los desastres ocasionados por las inundaciones, se presentó tres alternativas como solución para el control de inundaciones del río Bulubulu, siendo elegida una de ellas como la mejor opción ya que cumplía con los requisitos establecidos de tipo técnico, económico y socio-ambiental, que durante el desarrollo de la misma se le realizó ajustes y modificaciones permitiendo de esta manera una mayor factibilidad en las especificaciones empleadas.

Originalmente el sistema Bulubulu constaba de una presa derivadora analizada en dos alternativas, siendo estas las cercanías a las poblaciones de Las Maravillas o Cochancay, la primera proponía la construcción de un by-pass de 50 Km aproximadamente desembocando en el Estuario del Río Guayas llamado by-pass Bulubulu, la segunda

tenía la opción de conectar un by-pass naciente con el by-pass Cañar 1 perteneciente al sistema Cañar; en este sistema se incluyen 4 enlaces, 8 puentes, 5 sifones y drenaje en las dos márgenes de los by-passes con sus respectivas alcantarillas y puentes vehiculares, incluyendo 23 Km aproximadamente entre diques marginales y rectificación de cauces de los ríos.

3.1.2 Localización Geográfica y Área de Estudio

Este proyecto en estudio se encuentra ubicado en la zona sureste de la cuenca del río Guayas, entre las coordenadas 635000 – 700000 E y 9710000 – 9740000 N aproximadamente, cubriendo una extensión territorial de alrededor de 1.000Km², desembocando el río Bulubulu junto al río Cañar a través del estero Churute en el canal Jambelí que forma parte del estuario del río Guayas.

Los ríos que están localizados en la parte alta o región interandina generan caudales extremos de variada duración debido a la eliminación de la vegetación natural erosionando de esta manera al suelo, lo que genera la transportación de sedimentos hacia la planicie litoral, donde por el cambio de pendiente, pierden su capacidad de arrastre y son

depositados formando conos de deyección, provocando que los caudales de crecidas excedan la capacidad de los cauces naturales.

3.1.3 Área de Influencia del Proyecto

En consecuencia de la magnitud del proyecto se establece dos áreas de influencia:

Área de Influencia Directa: se relacionada con los procesos de construcción y operativos del proyecto, el área total de influencia directa es de 40.553 ha, comprendida entre los cantones de La Troncal, Cañar y Naranjal, siendo el área directa de estudio la del cantón La Troncal con 15.427 ha y una población de 44.179habentre urbanos y rurales, quienes tienen incidencia directa con el proyecto.

Área de Influencia Indirecta: se incorpora a las áreas beneficiadas del proyecto además de las descritas en el área de influencia directa, sin embargo también se considera a las áreas que podrían ser afectadas de manera eventual debido a un mal funcionamiento del sistema de control de inundaciones propuesto por lo que se tiene un área total comprendida

por los cantones La Troncal, Cañar, Naranjal y El triunfo de 112.043 ha, distribuidas respectivamente.

Entre los problemas que se pretende resolver con el proyecto tenemos:

- ✓ Evitar que las parroquias y localidades localizadas en los alrededores del rio Bulubulu se continúen inundando.
- ✓ Prevenir pérdidas económicas en la agricultura y actividad camaronera.
- ✓ Reducir la pérdida de ingresos anuales en el sector agrícola.
- ✓ Combatir daños de carreteras, lucro cesante, etc., provocados por las inundaciones.

Del mismo modo con el desarrollo del proyecto se espera obtener grandes beneficios para las provincias del Guayas y Cañar, incluidos principalmente los cantones La Troncal, El Triunfo, Naranjal y Cañar; entre los cuales se tiene:

- ✓ Actualización del Ordenamiento Territorial
- ✓ Desarrollo más equilibrado de la zona del proyecto

- ✓ Factibilidad para implementar sistemas de riego
- ✓ Reducción del déficit hídrico en la época de verano en las zonas bajas
- ✓ Control de la producción de sedimentos con el manejo adecuado de las cuencas
- ✓ Remediación y sostenibilidad ambiental en la zona del proyecto
- ✓ Control ambiental del estuario
- ✓ Utilizar los recursos de agua y suelo para el desarrollo pecuario y piscicultura.

Las alternativas hidráulicas propuestas para el control de inundaciones del río Bulubulu fueron estudiadas por los consultores dentro del área del proyecto, entre las cuales mencionaremos las tres alternativas propuestas para el sistema Bulubulu y entre ellas la mejor opción como alternativa para ser desarrollada.

La alternativa escogida resulta ser la opción más óptima debido a los estudios de campo y trabajos de oficina realizados, que aprobaron los análisis de las obras y las características de los ríos según su morfología, destacando que para realizar estos estudios se utilizó la topografía existente constante en un plano a

escala 1:90.000, analizando primero el planteamiento original del proyecto mencionado anteriormente.

El caudal del río Bulubulu se determinó mediante estudios hidrológicos y el caudal que se deriva por los by-passes son consecuencia de un balance hidráulico entre el caudal de crecida y la capacidad de conducción del cauce existente en el río, a continuación se presenta las principales características de las tres alternativas propuestas para el sistema Bulubulu.

3.1.4 Alternativa Uno

Esta alternativa incluye aspectos similares al planteamiento original de la SENAGUA, la diferencia que existe es que no incluye la derivadora y el by-pass Bulubulu, para captar un caudal de $330\text{m}^3/\text{s}$ desde el río Bulubulu se requiere implantar una derivadora en el sitio denominado Las Maravillas, el caudal será transportado por el canal Bulubulu hasta la estructura de enlace al by-pass Cañar 1 que aportara un flujo de $300\text{m}^3/\text{s}$.

Se obtienen diferentes aportaciones de flujos provenientes de diferentes afluentes, antes del estero El Trapiche confluye con el by-pass Cañar 2 que aporta al canal Bulubulu un flujo de $200\text{m}^3/\text{s}$, el río Cañar aporta al canal $1.060\text{ m}^3/\text{s}$, luego en dirección sur-oeste hasta el lugar de descarga en el Estero Churute se tiene un caudal de $1.890\text{ m}^3/\text{s}$, por lo que se plantea una opción de by-pass y descarga al estero Soledad Grande, cerca de Puerto Álamos aproximadamente.

A lo largo de las márgenes del río Bulubulu, desde Cochancay hasta las Maravillas, es necesario construir diques de protección para mantener el cauce del río estable y debe ser complementado con la extracción de material pétreo para evitar que el río se vuelva a llenar de sedimentos.

3.1.5 Alternativa Dos

El caudal que se capta desde el río Bulubulu es de $330\text{ m}^3/\text{s}$, por lo tanto se ha estudiado colocar una estructura de derivación en el sitio Las Maravillas para que transporte el flujo por el canal Bulubulu hasta la estructura de enlace del by-pass Cañar 1 aportando un flujo de $300\text{ m}^3/\text{s}$, confluyendo en cierto punto con el by-pass Cañar 2 que le aporta $200\text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el río Cañar mediante una unidad de enlace entrega al

canal Bulubulu 1.060 m³/s, los mismos que serán incluidos a los 530 m³/s que transporta el canal en este sitio, para que de esta manera mediante la derivadora Bulubulu 2 descarguen al estero 1.690 m³/s.

El canal se desarrolla luego en dirección sur-oeste hasta el lugar de la descarga en el Estero del Churute con un flujo de 1.890 m³/s, por ende se plantea una solución de by-pass y descarga al estero Soledad Grande, cerca de Puerto Álamos aproximadamente.

3.1.6 Alternativa Tres

El planteamiento de esta alternativa para el control de inundaciones del río Bulubulu es que se considere su propio curso, sus áreas adyacentes y las estructuras existentes que forman parte del Sistema de Control de Inundaciones Chimbo – Bulubulu.

Se propone colocar diques de protección a lo largo de las márgenes del río Bulubulu desde Cochancay hasta Las Maravillas y otros tramos, que permitan la estabilización continua del cauce añadiendo sistemas de

extracción controlada de material pétreo para evitar que el río reduzca su capacidad de transporte por la acumulación de sedimentos.

3.1.7 Comparación entre las Alternativas y Selección de la más Factible

Para obtener un desarrollo adecuado del proyecto, se analizan las alternativas propuestas y se recomienda una alternativa técnica de obras que sea la más factible para el control de inundaciones del río Bulubulu, que pueda ser estudiada en las diferentes etapas del proyecto con mayor información de campo y mejores diseños tanto hidráulicos como civiles, evaluándose impactos ambientales aprobados por el Ministerio del Ambiente, revisándose costos y proponiendo una correcta organización para la operación del proyecto.

Las comparaciones entre las alternativas son integrales comenzando con el aspecto económico-financiero, luego se incluyen criterios técnicos, ambientales y finalmente sociales.

◆ Costos de Inversión

Se determinaron de manera preliminar dando como resultado un valor de \$311'466.569,84 para la alternativa uno,

\$259'383.195,43 para la alternativa dos y \$213'630.829,70 para la alternativa tres.

◆ **Costos de Expropiaciones**

En estos costos están incluidos los valores a pagar por indemnizaciones a los propietarios de los terrenos que serán expropiados para la construcción de las obras, siendo \$22'969.200,00 en la alternativa uno, \$29'479.790,00 en la alternativa dos y \$14'523.860,00 en la alternativa tres.

◆ **Costos de Operación y Mantenimiento**

Se estimaron los costos anuales de operación y mantenimiento de las obras integradas del proyecto, con \$2'963.437,69 para la alternativa uno, \$2'746.451,20 para la alternativa dos y \$1'792.128,54 para la alternativa tres.

◆ **Beneficios Estimados del Proyecto**

Los daños producidos por las inundaciones del año 2008 fueron alrededor de \$86 millones en los sectores agrícolas y acuicultor, a partir de esto se pudo estimar que en los años que ocurre el Fenómeno de El Niño los daños deben ser muy superiores

llegando a \$182 millones, para realizar el estudio se aceptó valores de \$80 millones y \$120 millones respectivamente.

Esta estimación debe ser considerada como una aproximación de los beneficios en la evaluación económica del proyecto, siendo su magnitud la misma para las tres alternativas propuestas.

◆ **Comparación Beneficio - Costo**

Para tomar en cuenta los beneficios netamente económicos de cada alternativa se estudió los daños en la población provocados por las inundaciones considerando los beneficios como positivos y los costos como negativos en un periodo de 30 años, obteniendo un valor neto de beneficios menos costos de \$121'146.338,06 para la alternativa uno, \$141'558.331,41 para la alternativa dos y \$236'832.562,27 para la alternativa tres.

◆ **Comparación Integral de Alternativas**

Para comparar las alternativas propuestas se utilizó la metodología Ponderación – Puntuación dentro del estudio del

proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu, se consideró factores de decisión y ámbitos de aplicación como: Ambiental, Técnico, Social y Financiero, estableciendo áreas de cultivos a ser eliminados, números de quebradas o esteros interrumpidos, áreas de manglares a ser eliminadas, número de vías principales, riqueza biológica afectada, número de predios afectados, nivel de aceptación para cada alternativa, áreas protegidas por cada alternativa, facilidades constructivas, operacionales y mantenimiento, potenciales riesgos, presupuestos de ejecución de obras, indemnizaciones, pérdidas anuales agrícolas y camaroneras, valor presente neto de beneficios-costos.

Considerando las visitas de campo, la información básica recopilada, la información secundaria disponible, matrices, ponderaciones y la aplicación de criterios obtenidos, se realizó un análisis profundo de cada alternativa obteniendo como resultado un ordenamiento integral donde el puntaje mayor significa que es la mejor alternativa desde todos los puntos mencionados anteriormente, ya que cumple favorablemente con los mismos y son:

✓ Alternativa Uno	146,9
✓ Alternativa Dos	184,7
✓ Alternativa Tres	276,2

Por lo tanto, se puede ver que la alternativa tres resulto ser la mejor priorizada.

3.1.8 Alternativa escogida para el Sistema Bulubulu

Sustentar la selección de la mejor alternativa para desarrollar el proyecto requirió de varias actividades como:

- Realizar un estudio más detallado del impacto ambiental en los Manglares Churute, conociendo que las descargas de agua dulce y sedimentos durante las crecientes, no afectarían el ecosistema.
- Investigar si existían otros lugares de descarga dentro de la alternativa 3 para que no afecte a los Manglares Churute.
- Completar la información proporcionada del estudio Beneficio-Costo del proyecto, perfeccionando diseños, mejorando

estimaciones de cantidades de obras y precios unitarios, determinando presupuestos, para demostrar la viabilidad financiera y económica del proyecto.

Entre las obras que se desarrollaran en esta alternativa tenemos:

- Un reservorio de retención temporal ubicado en el río Bulubulu, en el sector Las Maravillas, con el propósito de disminuir 350 m³/s de agua en los picos de crecidas del río estimados en 600 m³/s, para un caudal con retorno de 50 años.
- Un área de sedimentación ubicada en la población de Cochancay que permita controlar al río en su actual posición, al borde de la montaña y extraer material pétreo sedimentado en ella.
- Sistema de control de torrentes ubicado entre Las Maravillas y Cochancay, para proteger a las poblaciones en la zona entre Cochancay y La Troncal, se colocaran diques longitudinales protegidos con enrocado en su talud húmedo para confinar al río Bulubulu dentro de un cauce estable.

3.1.9 Descripción de las Obras del Sistema Bulubulu

Para el Control de Inundaciones del río Bulubulu se cuenta con un sistema que incluye las siguientes obras:

Mejoras a la presa derivadora existente en Manuel J. Calle y al Bypass 1: está formada por tres obras de derivación localizadas sobre el río Bulubulu, en el río Boliche y sobre el río Chimbo respectivamente, y un bypass 1 de aproximadamente 20 km de longitud, que junto al bypass 5 y bypass 2 desembocan en el bypass 3 de 20 km de longitud aproximadamente, al final se produce un ensanchamiento que reduce la velocidad del caudal considerablemente antes de llegar al Estero del Churute.

Por lo tanto, se consideró la opción de realizar mejoras en el sistema existente antes mencionado para su máximo aprovechamiento, consistiendo en un re-encauzamiento del río Bulubulu aguas arriba de la derivadora de Manuel de J. Calle con el objetivo de que el caudal envíe naturalmente los sedimentos al río Bulubulu para mantener limpia la entrada de la derivadora hacia el bypass 1, además, se realizó estudios de las condiciones hidráulicas de acuerdo a la vegetación existente

estableciendo una re-conformación, limpieza y desbroce del canal, para cumplir con las condiciones del proyecto.

Reducción del pico del hidrograma del río Bulubulu en el sitio Las Maravillas, mediante un embalse de retención temporal: los excesos de caudal serán desviados mediante la estructura de derivación hacia un embalse de retención temporal ubicado en el sector de Las Maravillas, que será desaguado cuando pase la crecida y el río recupere su caudal normal abriendo la estructura de desfogue, los únicos sedimentos que ingresan al embalse en cantidades mínimas son los que están suspendidos.

Derivadora de Las Maravillas: consiste de un canal con control de compuertas de hormigón y sección rectangular hacia el río y un vertedero de caída libre sin compuertas hacia el reservorio, se colocara un sistema de tres compuertas de tipo radial con accionamiento mecánico a base de aire comprimido para poder ser operadas para proteger el reservorio en caso de llegar a niveles de alarma, los elementos que forman la derivadora son:

- **Presedimentador:** su objetivo es disminuir la energía del agua captada y distribuirla en una zona amplia dentro de la estructura.
- **Muro Permeable:** su función es reducir la energía del caudal dentro del embalse, la entrada es a través de un dique de gaviones y la parte posterior viene con una zona amplia de distribución hacia el reservorio.
- **Muros de Confinamiento:** contiene diques de confinamiento que están ubicados a los tres costados del reservorio, en el cuarto costado no requiere diques ya que existe la Colina de Las Maravillas.
- **Estructura de Desfogue:** está construida de hormigón, dotada de un vertedero de excesos y una compuerta capaz de descargar hacia el río un caudal considerable permitiendo captar otro en un tiempo adecuado de una crecida subsiguiente.
- **Vertedero de Excesos:** consiste en eliminar los excesos de agua que eventualmente pudieran superar los niveles normales de embalse en caso de que no se pueda abrir las compuertas de control hacia el río por alguna crecida.

- **Canal de Desfogue:** está diseñado para evacuar los caudales de diseño de la compuerta de fondo y los que puedan ser vertidos por el vertedero de excesos.

Obras de Protección en ríos y Control de Torrentes: estas obras se conciben donde existen asentamientos poblacionales cercanos a los cursos naturales, que están expuestos a sufrir daños en épocas de crecidas de ríos, en este caso el río Bulubulu baja desde las montañas hasta la planicie costanera formando un abanico pluvial a partir de la población de Cochancay hasta la zona de Las Maravillas, por lo tanto, se considera que las obras de control deben construirse en ese tramo a base de diques longitudinales ubicados en la orilla izquierda del río, para proteger a toda la población asentada a lo largo de la vía entre Cochancay y La Troncal.

Estructuras de Drenaje: se utilizarán alcantarillas y zanjas de drenaje para manejar los drenajes naturales que se verán modificados mientras se construya el embalse de Las Maravillas y el encauzamiento del río Bulubulu.

Puentes: la estructura derivadora para el embalse Las Maravillas contara con un puente vehicular que hará posible la llegada hasta este lugar en las fases de operación y mantenimiento de toda la estructura, en especial de las compuertas.

Vías: para facilitar el acceso a la derivadora se usaran las vías existentes y se diseñaran vías en las coronas de los diques para circulación vehicular.

3.2 REVISIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El APU es un modelo matemático que permite conocer el resultado de una actividad en estudio expresada en un costo de obra contenido en varios presupuestos, tomando cantidades de obras ejecutadas en un determinado periodo de tiempo, la unidad de análisis es en el tiempo de 1 día, por lo tanto los rendimientos de los equipos también se expresan por día.

Los componentes que forman este modelo son los materiales, los equipos y la mano de obra, sin olvidar que su rendimiento depende de la cantidad de obra

realizada en un día con el personal indicado utilizando los equipos y las herramientas correctas, se requiere establecer una fuente confiable de precios para llegar a resultados reales y no completamente falsos.

En el proyecto de estudio se hace referencia a precios unitarios tomados de la empresa constructora Gezhouba ya que elaboraron sus estudios en base a precios de mercado y rendimientos estimados, del mismo modo se consideró llevar a cabo una investigación estableciendo costos indirectos, costos directos, utilidades y elaboración de presupuestos, con el fin de tener información más práctica y real que sea posible dentro del estudio del proyecto.

Para contar con el mejoramiento constante de la obra tanto en materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, etc., se recomienda actualizar constantemente los precios unitarios para un mejor análisis de costos, dentro del cual se considera:

- **Costos Indirectos:** intervienen los costos indirectos de operación en los que se considera gastos de organización y oficina central, gastos técnicos administrativos, alquileres y depreciaciones, obligaciones y seguros, materiales de consumo, capacitación y promoción; los costos indirectos de obra abarcan gastos de organización de obra, técnicos y

administrativos, traslado de personal, comunicaciones y fletes, construcciones provisionales, consumos y varios, imprevistos de construcción, financiamiento, fianzas, impuestos federales sobre la mano de obra, prestaciones y derechos reflejables, impuestos sobre la renta y derechos no reflejables.

- **Costos Directos:** forman parte de estos costos las especificaciones técnicas, cuantificaciones, costos de materiales, equipo, costo de mano de obra.
- **Utilidad:** se consideran las inversiones en empresas de construcción de manera general.
- **Presupuestos:** se presentan precios unitarios, precio alzado, por administración.

En el análisis de precios unitarios se muestra: código de la actividad, descripción de la actividad, unidad de medida, cantidad aproximada a ejecutar por actividad, precio unitario para realizar cada actividad, registro de totales parciales de las cantidades de obra por precio unitario, siendo la suma de estos el monto total del presupuesto.

Para conocer el rendimiento o cantidad de unidades producidas por unidad de tiempo, que generalmente es un día, depende del método constructivo utilizado ya que de esta manera se combina el trabajo del equipo con la mano de obra utilizada, para considerar los materiales en el análisis se estudian factores de proporción, rendimiento, desperdicio y precios del mercado en compra y transporte a obra, expresando el costo en la unidad de la actividad pertinente.

En los quipos se debe conocer si son propios o alquilados investigando precios de compra, factores de uso y tarifas de alquiler, dividiendo su costo por unidad diario entre el rendimiento del equipo, del mismo modo para la mano de obra se estima el costo diario, salario y porcentaje de prestaciones sociales, dividiendo el costo diario entre el rendimiento para conocer el costo por unidad.

Para el proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu se realiza un análisis para cada etapa de la obra y son:

- ✓ Obras Civiles
- ✓ Equipamiento
- ✓ Componente Eléctrico

- ✓ Componente Mecánico

- ✓ Componente Ambiental

Cada etapa está formada por varias actividades propuestas, tomadas para la ejecución y desarrollo de la obra, además, se considera los rendimientos en base a la oferta del proyecto conjuntamente con los rendimientos tomados de libros.

Las productividades ofertadas que dieron como información los estudios de la empresa constructora Gezhouba se tomaran como datos que formaran parte del estudio de la tesis, las productividades teóricas 1 y teóricas 2 se analizaran de los libros Análisis de Precios Unitarios Edificaciones y RsMeans Heavy Construction Cost Data respectivamente.

3.3 CRONOGRAMA PROPUESTO DE EJECUCIÓN DE OBRA

Dentro de la planificación y programación de una obra se establece como requisito indispensable para su ejecución, definir un calendario de ejecución del conjunto de actividades que se van a desarrollar durante todo el proyecto.

Para realizar el cronograma requerido se necesita saber y estudiar todas las actividades que serán productivas tanto para el proyecto como para la empresa responsable de su ejecución, en su elaboración intervienen el promotor, el equipo redactor del proyecto, el equipo de dirección de obras, subcontratistas e industriales, proveedores de materiales y elementos, la administración, compañías de servicio, etc., ya que este grupo de agentes facilitan la debida información para las diferentes actividades que se toman en cuenta en el cronograma.

Al programar una obra no solo se necesita una planificación exclusiva de actividades de un agente, al contrario, se requiere de funciones que integren a los involucrados para que aseguren la correcta coordinación de las actividades a realizar por cada uno de ellos en las diversas etapas del proyecto.

Se requiere establecer relaciones mutuas entre las estructuras de las actividades dentro de cada etapa del proyecto, para facilitar el control de los periodos de duración de cada actividad junto con el avance de obra adecuado, dando lugar a ejecuciones en tiempos normales y una baja incertidumbre de la fecha de entrega del proyecto.

Por lo que podemos decir que la planilla de cronograma de ejecución de una obra es un documento teórico-gráfico que es indispensable en la construcción de cualquier proyecto y de mayor importancia si es un megaproyecto, ya que mostrara el avance físico de cada actividad en tiempos ligados a rendimientos unitarios, facilitando de esta manera desembolsos económicos realizados semanalmente o mensualmente para el pago de obreros y materiales utilizados.

En el cronograma de ejecución de una obra intervienen datos exactos de los APU, unidades métricas y presupuesto total, proporcionando una mayor exactitud en efectividad de rendimientos considerados en el estudio del tiempo promedio tomado para llevar a cabo y finalizar cada actividad, tomando en cuenta las especificaciones técnicas tanto textualmente como numéricamente.

Para comprender de mejor manera un avance de obra dentro de un cronograma establecido se utilizan métodos gráficos y así facilitan la lectura de las actividades, a pesar de que existen muchas maneras de realizarlo de acuerdo a las necesidades y usos requeridos, no se puede presentarlo en hojas de tamaño carta debido a su gran contenido de actividades y barras de tiempos, por lo que se recomienda una presentación de ploteo que permitan una observación plena

para las personas encargadas de la ejecución del proyecto con el fin de cumplir los plazos establecidos.

Al elaborar el cronograma de ejecución de obra se debe considerar:

- ◆ Condiciones presentadas en términos de referencia, apéndices y complementarios.
- ◆ Planos de licitación.
- ◆ Propuesta económica.
- ◆ Condiciones encontradas en la obra
- ◆ Explicaciones dadas en las reuniones de revisión de especificaciones técnicas.
- ◆ Plan de manejo de señalización y desvíos.

El cronograma que se presenta debe tener concordancia entre técnicas y operación además de lógica constructiva, cubriendo la totalidad de los trabajos a realizar identificando actividades críticas que muestren los tiempos estimados por cada actividad con sus respectivas secuencias y precedencias.

Para el proyecto de Control de Inundaciones del río Bulubulu no se presenta un cronograma de ejecución de obra mediante algún método gráfico, la empresa constructora Gezhouba solo presenta las actividades que serán desarrolladas a lo largo del proyecto mediante una breve y sencilla hoja de Excel, que incluye las siguientes pestañas:

- ✓ Obras Civiles
- ✓ Equipamiento
- ✓ Componente Eléctrico
- ✓ Componente Mecánico
- ✓ Componente Ambiental
- ✓ Operación y Mantenimiento

Dentro de cada pestaña contiene una serie de actividades con productividades ofertadas y teóricas en base a rendimientos que deben ser ejecutados en el plazo establecido.

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA PROPUESTO

Para lograr los resultados esperados, es necesario entender el presupuesto y cronograma propuesto por la empresa constructora Gezhouba, ya que será nuestra base de análisis y estudio de reprogramación, conociendo ciertos datos e investigando algunos para cumplir con el objetivo de este estudio de tesis.

3.4.1 Presupuesto Propuesto

El presupuesto de una obra es la determinación previa de la cantidad de dinero que se necesita para llevarla a su total ejecución, con el fin de conocer si el costo de la obra tiene relación con los beneficios que se esperan obtener, se realiza un aproximado tanto en disponibilidad existente como en precios unitarios sin ser muy detallados, por el contrario, si se busca conocer una base para financiar la obra se detalla con mayor prioridad las unidades de medidas y precios unitarios incluyendo materiales, mano de obra, circunstancias especiales, etc.

Realizar un excelente y acercado a la realidad de presupuesto de obra sirve para estimar cantidades de los recursos, materiales, equipos que

deben ser involucrados en el proyecto, evaluar el avance de la obra proyectando de manera factible el costo final de la obra.

En el proyecto de estudio de esta tesis siendo el Control de Inundaciones del río Bulubulu se estimaron costos de:

- Construcción incluidos los costos ambientales.
- Concurrentes.
- Operación y Mantenimiento.

A continuación en la tabla I se presenta el resumen de los costos del proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu.

Tabla I.- Resumen de costos totales US\$

COSTOS	OBRAS CIVILES	EXPROPIACIONES	TOTAL
COSTO DEL COMPONENTE	49.294.916,57	11.552.615,55	60.847.532,12
COSTOS CONCURRENTES	5.422.440,82		5.422.440,82
SUBTOTAL	54.717.357,39	11.552.615,55	66.269.972,94
IVA 12%	6.566.082,89		6.566.082,89
TOTAL	61.283.440,28	11.552.615,55	72.836.055,83

Fuente: (*Gezhouba, 2011*)

De los estudios realizados en los costos de construcción y ambientales para el Control de Inundaciones del río Bulubulu se obtuvo un listado de rubros que forman parte de cada uno de los componentes o etapas del proyecto, basados en especificaciones técnicas y análisis de precios unitarios para cada uno de ellos y así preparar los presupuestos de construcción de todas las obras que integran cada uno de los sistemas diseñados, en base a términos de referencia contractuales.

Para los costos de operación y mantenimiento de cada sistema diseñado, fue considerada la propuesta de la SENAGUA tomando un Manual de Operación y Mantenimiento como parte del desarrollo del proyecto en el cual se explican las actividades tanto de mantenimiento preventivo como de mantenimiento correctivo realizado por el personal encargado de esas actividades.

Dentro de lo cual se integró un cronograma de actividades para la programación de la construcción del sistema Bulubulu escogido, inclinándose hacia diagrama de barras del método del camino crítico, utilizando el programa Project de Microsoft para los componentes y sus actividades de cada sistema diseñado.

El APU del proyecto se realizó en conformidad con lo recomendado por la Contraloría General del Estado, incluyendo costos directos e indirectos, tomando como componentes básicos directos los equipos, la mano de obra y los materiales, siendo analizados de documentos y publicaciones que cumplieran con las investigaciones del mercado, disponibilidad de materiales requeridos y tarifas de los equipos transportes, rendimientos, etc.

Con los rubros y los componentes se generó la lista de obras que forman los presupuestos con sus respectivas especificaciones técnicas para evaluar las cantidades de obra, logrando determinar el presupuesto para cada uno de los sistemas con un nivel de precisión acorde con el detalle del diseño realizado y la información recopilada para el estudio del proyecto.

Para fijar el monto de financiamiento requerido se necesita tomar en cuenta costos de expropiaciones correspondientes al precio pagado por los terrenos en los que se construirá la obra, se requiere un plan de mitigación social para ayudar a la población que resultara afectada por la construcción de los componentes del proyecto, se integrara el costo de la fiscalización ya que se encargara de controlar todas las actividades en la ejecución de la obra llevando una supervisión general del proyecto, es importante tomar en cuenta el escalamiento y reajuste de precios tanto de la obra como de fiscalización porque se prevé que los precios sufrirán cambios desde la fecha actual hasta que se contrate y culmine la obra, por lo tanto se requiere reajustar precios y cambiar presupuestos.

Se ha asumido que los costos de operación y mantenimiento serán mayores en los años en que las lluvias sean mayores, es decir, cuando ocurran las inundaciones, por lo que, este sistema contrarrestará este efecto evitando que los ríos se desborden, sin embargo se cuenta con pequeñas inundaciones temporales en zonas de poco escurrimiento y dejando mayor cantidad de sedimentos acumulados en los ríos que deben ser limpiados oportunamente.

Los costos calculados fueron para un año típico, recordando que los costos de operación son fijos para todos los años y los costos de mantenimiento pueden variar dependiendo de lo descrito anteriormente, para este estudio se presentan los costos para cuatro años ya que es un ciclo completo para la presencia del Fenómeno de El Niño, decretado como el periodo de lluvias más agresivo.

A continuación se presenta en la tabla II los costos concurrentes, en la tabla III los costos de operación y mantenimiento, y en la tabla IV el resumen del presupuesto de construcción del Sistema Bulubulu:

Tabla II.- Costos Concurrentes

COSTOS CONCURRENTES	4,714,890.04
Plan de Mitigación Social (0.5%)	214,313.18
Fiscalización (5%)	2,143,131.84
Escalamiento y Reajuste de Precios de Obra (5%)	2,143,131.84
Escalamiento y Reajuste de Precios de Fiscalización (0.5%)	2,143,131.84

Fuente: (*Gezhouba, 2011*)**Tabla III.- Costos de Operación y Mantenimiento**

Daños ocasionados por lluvias (áreas desprotegidas Ha)	Costos de Operación y Mantenimiento
2220	4,100,544.32
500	1,150,635.32
200	636,116.31
23.5	333,407.62
0	293,103.63 (solo costos de operación)

Fuente: (*Gezhouba, 2011*)

Tabla IV.- Resumen del Presupuesto de Construcción

DESCRIPCIÓN DE OBRAS	COSTO PARCIAL	COSTO SUBTOTAL	COSTO TOTAL
1. SISTEMA BULUBULU			<u>49,876,799.54</u>
1.1. OBRAS DE PROTECCION EN RIOS Y CONTROL DE TORRENTES			17,315,503.45
1.1.1. RIO BULUBULU		17,315,503.45	
1.1.1.1. DIQUES	8,233,636.13		
1.1.1.2. MURO DE HORMIGON	9,081,867.32		
1.2. DERIVADORA LAS MARAVILLAS			7,460,752.44
1.2.1. COMPONENTES PRINCIPALES		7,251,383.36	
1.2.2. CASA DE CONTROL		209,369.08	
1.3. EMBALSE LAS MARAVILLAS			19,022,509.27
1.3.1. COMPONENTES PRINCIPALES		19,022,509.27	
1.3.1.1. DIQUE DEL EMBALSE	15,269,050.14		
1.3.1.2. ESTRUCTURA DE DESCARGA	2,272,524.55		
1.3.1.3. VERTEDERO DE EXCESOS	335,865.22		
1.3.1.4. PRESEDIMENTADOR	1,107,130.37		

Continuación

Tabla IV.- Resumen del Presupuesto de Construcción

DESCRIPCIÓN DE OBRAS	COSTO PARCIAL	COSTO SUBTOTAL	COSTO TOTAL
1.3.1.5. CASETA DE CONTROL	37,938.99		
1.4. DRENAJES			1,374,504.66
1.4.1. ALCANTARILLAS		925,116.97	
1.4.2. ALCANTARILLAS RIO BULUBULU (COCHANCAY – CERRO HUAQUILLAS)	821,507.38		
1.4.3. ALCANTARILLAS DE LAS MARAVILLAS	67,503.74		
1.4.4. ALCANTARILLAS DESCARGA LAS MARAVILLAS – ESTERO GRAMALOTE	36,105.85		
1.5. ZANJAS DE DRENAJE		449,387.69	
1.5.1.1. ZANJAS DE DRENAJE RIO BULUBULU (COCHANCAY – CERRO HUAQUILLAS)	127,907.95		
1.5.1.2. ZANJAS DE DRENAJE DE LAS MARAVILLAS	321,479.74		
1.6. PUENTES			1,516,933.43
1.6.1. COMPONENTES PRINCIPALES	1,516,933.43		

Continuación

Tabla IV.- Resumen del Presupuesto de Construcción

DESCRIPCIÓN DE OBRAS	COSTO PARCIAL	COSTO SUBTOTAL	COSTO TOTAL
1.7. VIAS			388,191.59
1.7.1.1. RAMPAS DE INGRESO	78,768.76		
1.7.1.2. VIAS DE ACCESO A LA DERIVADORA	256,615.83		
1.7.2. SEÑALIZACION	52,807.00		
1.8. COMPONENTE ELECTRICO			608,691.16
1.8.1. COMPONENTES PRINCIPALES		608,691.16	
1.8.2. OBRAS COMPLEMENTARIAS			1,241,407.25
1.8.3. OBRAS COMPLEMENTARIAS		1,241,407.25	
1.9. MEJORAMIENTO DE LA DERIVADORA MANUEL J. CALLE			768,658.62
1.9.1. OBRAS PRINCIPALES		768,658.62	
1.10. COMPONENTE AMBIENTAL		179,647.67	179,647.67

Fuente: (Gezhouba, 2011)

3.4.2 Cronograma Propuesto

El cronograma propuesto por la empresa constructora Gezhoubá presenta cronogramas separados para cada uno de los sistemas que serán realizados, estimando que el plazo de construcción de las obras para el Sistema Bulubulu será de 15 meses, por lo que se organizó la ejecución de las obras de acuerdo a las principales actividades y los costos que han sido determinados para cada una de ellas, describiendo un cronograma de inversiones para el Sistema de estudio que es el Bulubulu.

Cabe recalcar que la propuesta de la oferta no presenta un cronograma de obras detallado, especificando duraciones o tiempos desglosados correspondientes a la ejecución y culminación de cada actividad del sistema, sugiere tiempos estimados totales de 36 meses para el Sistema Cañar, 36 meses para el Sistema Naranjal y 15 meses para el Sistema Bulubulu, lo que muestra es un cronograma de inversiones que abarca la duración del desarrollo de la obra en cinco trimestres solo para el Sistema Bulubulu indicando el total de inversión, relacionando todas las actividades a ejecutarse para cada uno de los trimestres estimados.

3.4.3 Evaluación Financiera y Económica del Proyecto

El proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu fue evaluado de manera técnica, ambiental, económica y financiera para cada una de las etapas de ejecución, teniendo en consideración que los beneficios del proyecto se dan de acuerdo a los daños producidos sin las obras y que serán evitados cuando estas empiecen a prestar servicio.

Los beneficios del proyecto se obtienen cuando la obra es puesta en marcha y operación, efectuando gastos de operación y mantenimiento incluidos inicialmente en las inversiones, se puede asegurar que los beneficios son proporcionales a los daños evitados en las áreas donde actualmente ocurren las inundaciones y dejaran de hacerlo, sin dejar de mencionar que probabilísticamente habrán zonas que se inunden temporalmente, por lo que si transformamos estos beneficios a precios de mercado podemos obtener un beneficio económico tanto para la región en estudio como para el país, tras 50 años de vida útil siendo este su periodo de evaluación.

Como parte de la evaluación económica del proyecto se consideran costos antes mencionados como:

- ◆ Costos de Expropiaciones

- ◆ Costos de Inversiones y Reinversiones

- ◆ Costos Ambientales

- ◆ Costos de Operación y Mantenimiento

Cada uno corresponden a valores de pagos por terrenos, construcción, fiscalización, reajuste de precios, contingencias, tomando en cuenta componentes nacionales, importados, mano de obra calificada y no calificada, combustibles, inversiones en impactos ambientales durante la etapa de construcción y de operación, sin olvidar los de lo mantenimiento tanto preventivo como correctivo determinados en un año promedio.

Dando como resultado US\$ 17 millones de beneficios a precios económicos actuales en toda la vida útil del proyecto, con una alta tasa interna de retorno cercana al 18% y una relación que indica que los beneficios superan en un 29% a los costos del proyecto, concluyendo que el proyecto es económicamente rentable.

La evaluación financiera también se encarga de controlar los ingresos financieros que debería generar el proyecto, en lugar de solo beneficios, para cancelar los costos de operación y mantenimiento obtenidos a través de “tarifas” proporcionadas por los beneficiarios por un servicio cedido a medida que las áreas antes afectadas ya no presenten daños por las inundaciones, tratando de recuperar los costos de inversión para futuras mejoras en dichos beneficiarios con el fin de convertir estos terrenos inhabilitados actualmente en terrenos para actividades agrícola, acuícola, de turismo, comercio, etc., la tarifa que se propone cubrir por los beneficiarios no es aceptable por lo que desde el punto de vista de consideraciones sociales, el Gobierno debe prever un amplio margen de subsidio para este proyecto.

De acuerdo a la evaluación financiera y desde ese punto de vista, el proyecto no es factible siempre y cuando se establezca un método financiero, que permita recuperar las inversiones y los costos establecidos, lo que implica la aplicación de tarifas que incidirán en los costos de producción agrícola y camaroneras, dificultando su comercialización nacional e internacional, por lo que resulta más factible y viable que el Estado establezca un sistema de subsidios para el funcionamiento del sistema de protección fluvial en el río Bulubulu.

Capítulo 4

4. REPROGRAMACIÓN DEL PROYECTO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”

4.1 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS TEÓRICOS

En todo proceso de construcción y desarrollo de un proyecto se requiere la elaboración de un presupuesto y una programación de la obra, ya que representan una etapa importante y fundamental para establecer anticipadamente el costo y la duración del proyecto en ejecución,

indispensables para conocer la viabilidad, factibilidad y financiamiento del proyecto.

Utilizar base de datos, libros, manuales, datos comerciales sobre rendimientos y consumos de mano de obra en todas las actividades de construcción, ha sido indispensable como soporte técnico en el análisis del costo y tiempo de ejecución del proyecto, fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos considerados de las diferentes condiciones en las que se realizan las actividades del proyecto.

4.1.1 Factores de Afectación de los Rendimientos.

Dependen exclusivamente del tipo de proyecto y las condiciones en las que será ejecutado, influyendo directamente en los rendimientos o consumos de obra, se los clasifica de la manera como se muestra en la tabla V a continuación.

Tabla V.- Factores que Afectan el Rendimiento

ITEM	FACTOR
1	Economía general
2	Trabajador
3	Aspectos laborales
4	Actividad
5	Supervisión
6	Equipamiento
7	Clima

Fuente: (*Factores de Afectación*) [17]

Se entiende que la economía general del proyecto depende de las tendencias y resultados de los negocios en general dado el volumen de construcción dentro de una situación de empleo, tomando en cuenta la disponibilidad de mano de obra y personal calificado, supervisores e insumos.

El trabajador debe operar de manera que su desempeño no dependa de su situación personal, para que su ritmo de trabajo sea continuado y sus habilidades favorezcan la ejecución de las actividades aumentando su productividad, con el conocimiento alcanzado y actitudes positivas hacia el trabajo que van a realizar.

La relación que existe entre la productividad y las condiciones laborales son muy importantes ya que se requiere de personal experto en las áreas de construcción establecidas, por lo que, el tipo de contratación favorece considerablemente al rendimiento obtenido sin considerar a obreros sindicalizados, asignando incentivos o recompensas a las cuadrillas para motivarlos y crear un ambiente de trabajo cordial entre todo el personal encargado de la ejecución del proyecto, ofreciendo tranquilidad laboral mediante seguridad social e industrial para el obrero y su familia.

Cada actividad tiene condiciones y especificaciones específicas para realizarla, dependiendo de su grado de dificultad, riesgo, discontinuidad, orden, aseo, actividades predecesoras, tipicidad, tajo, etc., pueden aumentar o disminuir la productividad de esa actividad ocasionando inconvenientes en la ejecución del proyecto.

Una correcta supervisión se basa en la calidad y experiencia del personal contratado para este cargo, definiendo criterios de aceptación o rechazo en la obra de manera instructiva para facilitar el seguimiento y supervisión de las diferentes etapas del proyecto con la mejor gestión de calidad establecida.

El estado de los equipos y manejo adecuado de los mismos afecta el rendimiento de la obra, por lo cual, su mantenimiento, suministros y elementos de protección son parte de la efectividad en la productividad de las actividades facilitando su ejecución.

Es necesario conocer las condiciones climáticas que rigen la zona del proyecto, ya que pueden ser favorables o afectar el desempeño de los obreros, equipos y materiales, provocando alteraciones en las condiciones del suelo siendo recomendable y dependiendo del estado del clima, trabajar bajo cubierta, ya que favorece oportunamente el rendimiento de la obra en general.

Tomando en cuenta cada uno de los aspectos que forman parte de los factores que afectan directa e indirectamente el rendimiento de la

ejecución de todas las actividades propuestas del proyecto, para el estudio de esta tesis se requiere conocer tres tipos de productividades y así obtener una productividad promedio, la empresa constructora Gezhouba propone a base de análisis de precios unitarios una “Productividad Ofertada” que ha sido tomada en cuenta para incluirla en el cálculo de la productividad promedio como parte de nuestro estudio, además se obtuvieron rendimientos o productividades teóricas de fuentes fiables denominándolas como “Productividad Teórica 1” y “Productividad Teórica 2”, siendo analizadas de los libros Análisis de Precios Unitarios Edificaciones [16] y RsMeans Heavy Construction Cost Data [17] respectivamente, para cada una de las actividades que integran los componentes de construcción del proyecto Control de Inundaciones del río Bulubulu.

La eficiencia de la productividad depende de la cantidad de recursos humanos y equipos que se emplea por una cuadrilla formada por uno o varios operarios de diferentes especialidades, se expresa comúnmente en hH/um y presenta variaciones en rangos limitados desde 0% hasta 100%, incluyendo dentro de este rango los rendimientos y consumos reales obtenibles bajo cualquier condición, en la siguiente tabla VI se muestra los rangos de productividades existentes.

Tabla VI.- Clasificación de la eficiencia en la productividad

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Fuente: (*Consumo de Mano de Obra*) [18]

De acuerdo a la tabla presentada se estima que el 70% es el valor normal de productividad, valor que puede verse afectado positiva o negativamente dependiendo de factores que dan como resultado rendimientos mayores o menores al rendimiento promedio obtenido.

Siendo el rendimiento una cantidad de obra de cualquier actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, expresada como um/hH, a continuación se muestran tablas de resumen con algunas de las actividades caracterizadas como las más críticas dentro de cada uno de los componentes que forman parte del proyecto, valores escogidos tanto por su rendimiento y costo como por su tiempo de ejecución, sin

considerar un orden específico ya que en los anexos de cada componente se muestran de manera más detallada.

4.1.2 Componente de Obras Civiles.

Este componente abarca el desarrollo de las actividades dirigidas exactamente al campo de las obras civiles, ya que comprende actividades de construcciones convencionales como movimientos de tierra, replanteo y nivelación lineal, compactaciones dinámicas, evacuación de aguas, drenajes, obras prefabricadas, resistencia de hormigón utilizado, base de compuertas, pavimentos, accesorios de acero, etc.

Incluye modificación e implementación de mampostería tales como herrería, impermeabilización, compuertas, construcción y revestimiento de paredes, techos, pisos y escalones, además, construcción de puentes y capa de rodadura, considerando diseños sísmicos para todo el proyecto.

En la tabla VII se indica algunas de las actividades de este componente, con su número de rubro, descripción, productividad ofertada, teórica 1 y

teórica 2 y unidad, pero en el Anexo I se mostraran todas las actividades que forman parte de este componente, de forma detallada y completa para cada una de sus etapas.

Tabla VII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	PO	PT1	PT2	Unidad
2.4.1.1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	3,8258	4,5000	1,2355	Horas/ha
63.4.1.1	Compuerta 2100x2100, Long. de vástago 5.4m	2,7612	2,7612	2,7612	Horas/u
41.4.1.2	Hormigón f'c 280 kg/cm ²	1,1466	1,0000	0,7077	Horas/m ³
10.4.1.2	Pasamuro de Acero D=1100mm, e=10mm	4,3364	4,0000	4,3956	Horas/m
79.4.1.1	Viga de Hormigón Pretensado L=40m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	1,0474	1,0000	1,0000	Horas/u
79.4.1.4	Viga de Hormigón Pretensado L=11.15m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	1,0758	1,0000	1,0000	Horas/u
63.4.1.2	Compuerta plana deslizante 1500x1300mm	7,9431	7,9431	7,9431	Horas/u
81.4.1.1	Tuberías y Accesorios para descarga de riego	7,9431	7,9431	7,9431	Horas/gb
1.4.1.2	Replanteo y Nivelación Lineal	0,5912	0,1000	0,0925	Horas/m

Continuación

Tabla VII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	PO	PT1	PT2	Unidad
64.5.1.1	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta	0,6672	0,8000	0,7077	Horas/m ³
12.4.1.1	Evacuación de agua después de la excavación en forma permanente	0,7980	0,7980	0,7980	Horas/día
10.4.1.3	Pasamuro de acero D=1500mm, e=10mm	0,9061	1,0000	1,0989	Horas/m
38.4.1.8	Drenaje con tubo PVC rígido, C-20, D=4"	0,7887	0,9000	0,8791	Horas/m
62.4.1.1	Rotura de Pavimento Asfáltico	0,3356	0,4000	0,4826	Horas/m ³
41.4.1.1	Hormigón f ^c 140 kg/cm ²	0,4648	1,0000	0,5308	Horas/m ³
50.4.1.1	Tope Sísmico, Hormigón f ^c =280 kg/cm ²	0,3750	0,4000	0,3539	Horas/m ³
30.4.1.1	Compactación Dinámica	0,4071	0,2000	0,2198	Horas/m
22.4.1.1	Gaviones	0,3133	2,0000	0,3539	Horas/m ³
55.4.1.19	Peldaño 20mm de varilla de hierro	0,3436	0,3436	0,3436	Horas/u
41.4.1.3	Hormigón f ^c =280 kg/cm ² , puente	0,3742	1,0000	0,7077	Horas/m ³

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.1.3 Componente de Equipamiento.

Cualquier tipo de proyecto cuenta con suministros y colocación de pisos para facilitar la circulación de equipos, maquinarias y obreros, complementado con bordillos y accesorios como tachos de basura, cumpliendo siempre con las especificaciones técnicas y respetando las áreas verdes establecidas, para cada actividad que se desarrolla dentro del componente, la siguiente tabla VIII muestra un resumen de las actividades más sobresalientes, con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, teórica 1 y teórica 2 y unidad, por lo que en el Anexo II se podrá visualizar de manera más detallada todas las actividades de este componente.

Tabla VIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
48.4.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	0,4049	0,1000	0,4000	Horas/m2
48.4.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	0,4049	0,1000	0,4000	Horas/m2

Continuación

Tabla VIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
40.4.1.1	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	0,0740	0,0600	0,0680	Horas/m3
40.4.1.1	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	0,0740	0,0600	0,0680	Horas/m3
55.4.1.8	Tachos de basura de acero inoxidable	0,8000	1,0000	1,1500	Horas/u
60.4.1.3	Bordillo de hormigón f'c=210 kg/cm2 para acera	0,7400	1,0260	1,0000	Horas/m
61.4.1.5	Tierra vegetal	1,5000	1,7000	1,3800	Horas/m3
61.4.1.1	Suministro y colocación de césped o pasto	0,2500	0,3000	0,3500	Horas/m2
61.4.1.2	Suministro y colocación de plantas ornamentales h=30 cm	0,0250	0,0300	0,0400	Horas/u
61.4.1.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen árboles)	0,0250	0,0300	0,0400	Horas/u
60.4.1.2	Bordillo de jardinera	0,7400	1,0260	1,0000	Horas/m
38.4.1.3	Excavación a mano, en tierra	0,1632	1,8180	2,6540	Horas/m3
19.4.1.3	Relleno con material de sitio	0,0015	0,0020	0,0047	Horas/m3

Continuación

Tabla VIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
24.4.1.1	Encofrado recto, y desencofrado	0,0383	0,1500	0,0322	Horas/m ²
43.4.1.1	Junta de construcción PVC a=0,25 m	0,0912	0,2000	0,2198	Horas/m
44.4.1.1	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm ²	0,0053	0,0900	0,0056	Horas/kg
55.4.1.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.7m, incluye (malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 ½" con base de hormigón, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción) remate de alambre de púas 3 hilos	0,9200	0,8901	0,6543	Horas/m
55.4.1.2	Suministro e instalación de puerta de ingreso doble hoja de 2.7x6.0 m, incluye (perfiles tubulares 2 ½" e=3mm, malla electrosoldada, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción)	10,0000	12,1500	14,0000	Horas/u

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.1.4 Componente Eléctrico.

Las instalaciones de las tuberías en este componente se las realiza conjuntamente con la estructura y las paredes, culminando con el cableado al final de la obra.

En el Anexo III se indica todas las actividades de este componente, por lo que para la tabla IX se consideró solo ciertas actividades como ejemplo de lo mencionado, con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, teórica 1 y teórica 2 y unidad.

Tabla IX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
1.54	Suministro e Instalación de Tablero de distribución alimentación TD01	3,0000	2,6500	2,0000	Horas/u
1.63	Suministro e Instalación de Tubería EMT Conduit d=1/2'', Inc. Accesorios	0,1100	0,2475	0,0500	Horas/m
1.72	Suministro e Instalación Canaleta PVC cableado estructurado 2''x1/2'', Inc. Accesorios	0,1000	0,2000	0,1800	Horas/m
1.14	Suministro e Instalación Cable Trensado tipo UTP Cat. 5e, Inc. Conectores RJ45	0,0830	0,3500	0,4000	Horas/m

Continuación

Tabla IX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
1.14.1	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 14 AWG	0,0420	0,1351	0,0400	Horas/m
1.14.2	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 8 AWG	0,0420	0,1351	0,0400	Horas/m
1.29	Suministro e Instalación Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36w, 120Vac, Inc. luminaria	0,7500	1,1000	0,6000	Horas/u
1.18	Suministro e Instalación Interruptor simple de placa 10A, 250Vac	0,1333	0,8760	0,1500	Horas/u
1.59	Suministro e Instalación Toma monofásico doble polarizado de placa 15A, 250Vac	0,6666	0,3400	0,7500	Horas/u
1.74	Suministro e Instalación Toma de datos RJ45 de placa	0,3000	0,5600	0,5000	Horas/u
1.13	Suministro e Instalación Conductor de cobre electrolito 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	0,050	0,0434	0,0400	Horas/m

Continuación

Tabla IX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
1.65	Suministro e Instalación Varilla copperweld de 1,8 m de longitud.	0,4166	0,4800	0,5000	Horas/u
1.79	Suministro e Instalación Suelda exotérmica tipo cadweld, Inc. Accesorios de conexión	0,3460	0,5320	0,5000	Horas/u
1.36	Suministro e Instalación Pararrayos tipo activo con precursor	2,2500	0,7600	1,0000	Horas/u
1.75	Suministro e instalación de torre de vientos de 12 metros incluye arriostramientos y baliza LED	8,0000	5,7600	6,0000	Horas/u
1.54	Suministro e instalación de tablero de medición TM2Ø	2,1500	5,2000	8,0000	Horas/u
1.77	Suministro e instalación de puesta a tierra vehículos.	1,0800	0,7600	0,5000	Horas/u
1.81	Suministro e instalación de estructura UR (sin neutro)	3,0000	4,5000	3,8700	Horas/u
1.73	Suministro e instalación de tensor tipo TT en MT, no incluye excavación	0,1250	0,2000	0,1780	Horas/u
1.12	Suministro e instalación de conductor de aluminio reforzado tipo ACSR calibre N° 4 AWG	0,5000	0,6000	0,3700	Horas/u

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

4.1.5 Componente Mecánico.

Dentro de este componente se encuentran los equipos relacionados a compuertas radiales, sistemas de apoyo y anclado, así como también, instalación y accesorios de operación hidráulica, sistema completo de aire acondicionado y repuestos según las especificaciones técnicas establecidas para el montaje de estas obras.

Por lo tanto en la tabla X se muestra ciertas actividades tomadas como ejemplos de cada etapa, con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, teórica 1 y teórica 2 y unidad, pero en el Anexo IV se indican todas las actividades completas que forman parte de este componente.

Tabla X.- Componente Mecánico

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
1	Compuerta radial incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	100,0000	120,0000	140,0000	Horas/u

Continuación

Tabla X.- Componente Mecánico

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
2	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	40,0000	50,0000	65,0000	Horas/u
3	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas las guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	60,0000	65,0000	80,0000	Horas/u
4	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	80,0000	90,0000	100,0000	Horas/u
5	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	1,0000	1,5000	2,5000	Horas/u
6	Válvula Hollow jet, (Howell Bunger) con su sistema de operación eléctrica y override manual, con amortiguador de energía y contra bridas	50,0000	60,0000	80,0000	Horas/u

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.1.6 Componente Ambiental.

Las actividades de este componente comprenden charlas de concientización y comunicación masiva para programas de plan de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales presentados en el desarrollo del proyecto.

En el Anexo V se puede observar todas las actividades que serán ejecutadas a medida que sean requeridas y de acuerdo al avance del proyecto, en la tabla XI se muestra un resumen de las actividades del componente ambiental, con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, teórica 1 y teórica 2 y unidad.

Tabla XI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
505009	Comunicación masiva	16,0000	20,0000	27,6000	Horas/u
505003	Trípticos	0,1000	0,1500	0,1700	Horas/u
506007	Fosa séptica 2x1.5x2 m	24,0000	32,0000	44,0000	Horas/u
506084	Trampa de grasa pequeña A=3 x b=4 x h=2.5 m	1,0000	1,5000	0,8500	Horas/u

Continuación

Tabla XI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
506071	Fosa para desechos sólidos especiales A=2 x b=2 x h=1.5m	24,0000	32,0000	44,0000	Horas/u
506095	Baño seco	1,0000	1,2000	1,3000	Horas/u
506078	Cubetos	0,8000	0,7500	0,7650	Horas/u
506001	Medición de ruido de maquinarias y vehículos	8,0000	5,0000	6,5000	Horas/h
506002	Medición de ruido ambiente	8,0000	5,0000	6,5000	Horas/u
506003	Medición de gases de maquinaria y vehículos	8,0000	5,0000	6,5000	Horas/u
506004	Mediciones de calidad de aire (PM10, PM2.5, SO2, NO2) durante 24 horas	8,0000	5,0000	6,5000	Horas/u
506081	Botiquín de primeros auxilios equipado	0,7000	0,7430	0,6500	Horas/u
507003	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido fumar	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
507006	Suministro y colocación de señal informativa de agua no potable	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u

Continuación

Tabla XI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	PT0	PT1	PT2	Unidad
507008	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido a persona no autorizada	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
507054	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido permanecer en el radio de acción de la maquinaria	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
507012	Suministro y colocación de señal riesgo de incendio materiales inflamables	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
507055	Suministro y colocación de señal informativa de maquina pesada en movimiento	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
507056	Suministro y colocación de señal informativa de extintor	0,5500	0,5333	0,6000	Horas/u
506074	Comunicados radiales (cuñas de 45")	0,5500	0,6000	0,5780	Horas/u

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Se debe recalcar que la propuesta de la oferta presenta rendimientos de actividades solo para el componente de obras civiles, para los demás componentes se consideró rendimientos netamente teóricos, ya que no se pueden asumir rendimientos y presentarlos como ofertados sin formar parte de los datos facilitados por la empresa constructora Gezhouba, por más que se requiera de ellos y así evitar errores en las duraciones del proyecto que se encuentra actualmente en ejecución, por ende el componente de análisis más importante para este estudio de tesis es el componente de obras civiles, ya que es el más completo y detallado, por lo tanto, las duraciones de cada actividad y del componente en conjunto serán más realistas y eficientes, sin embargo, para el estudio del resto de componentes se consideró rendimientos solo teóricos, siendo denominados como Productividad Teórica 0, Productividad Teórica 1 y Productividad Teórica 2, tomados de distintas fuentes antes mencionadas y datos de estudios basados en proyectos similares.

4.2 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO PROMEDIO

Para el estudio de esta tesis el estándar de rendimientos promedio corresponde al promedio entre la productividad teórica 1 y productividad teórica 2, por lo tanto, en las tablas a continuación se mostrara la productividad promedio que

servirá para calcular la duración promedio para realizar el cronograma de actividades en el Microsoft Project 2010 de cada uno de los componentes.

4.2.1 Componente de Obras Civiles.

A continuación se presenta en la tabla XII el resumen de las actividades con su número de rubro, descripción, productividad ofertada, promedio y unidad, siendo calculadas a partir de las productividades teórica 1 y productividades teórica 2, en el Anexo VI se muestra el componente con todas sus actividades de manera completa y detallada.

Tabla XII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	PO	PP	Unidad
2.4.1.1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	3,8258	2,8678	Horas/ha
63.4.1.1	Compuerta 2100x2100, Long. de vástago 5.4m	2,7612	2,7612	Horas/u
41.4.1.2	Hormigón f'c 280 kg/cm2	1,1466	0,8539	Horas/m3
10.4.1.2	Pasamuro de Acero D=1100mm, e=10mm	4,3364	4,1978	Horas/m
79.4.1.1	Viga de Hormigón Pretensado L=40m, f'c=350 kg/cm2y acero, incluye colocación.	1,0474	1,0000	Horas/u

Continuación

Tabla XII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	PO	PP	Unidad
63.4.1.2	Compuerta plana deslizante 1500x1300mm	7,9431	7,9431	Horas/u
81.4.1.1	Tuberías y Accesorios para descarga de riego	7,9431	7,9431	Horas/gb
1.4.1.2	Replanteo y Nivelación Lineal	0,5912	0,0544	Horas/m
64.5.1.1	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta	0,6672	0,7539	Horas/m ³
12.4.1.1	Evacuación de agua después de la excavación en forma permanente	0,7980	0,7980	Horas/día
10.4.1.3	Pasamuro de acero D=1500mm, e=10mm	0,9061	1,0495	Horas/m
38.4.1.8	Drenaje con tubo PVC rígido, C-20, D=4"	0,7887	0,8896	Horas/m
62.4.1.1	Rotura de Pavimento Asfáltico	0,3356	0,4413	Horas/m ³
41.4.1.1	Hormigón f'c 140 kg/cm ²	0,4648	0,7654	Horas/m ³
50.4.1.1	Tope Sísmico, Hormigón f'c=280 kg/cm ²	0,3750	0,3769	Horas/m ³
30.4.1.1	Compactación Dinámica	0,4071	0,2099	Horas/m
22.4.1.1	Gaviones	0,3133	1,1769	Horas/m ³

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.2.2 Componente de Equipamiento.

En la tabla XIII se presentan algunas actividades con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, promedio y unidad del componente de equipamiento y en el Anexo VII el componente completo.

Tabla XIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
48.4.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	0,4049	0,2500	Horas/m2
48.4.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	0,4049	0,2500	Horas/m2
60.4.1.1	Bordillo de hormigón f'c=210 kg/cm2 (para adoquín)	0,7400	0,5030	Horas/m
40.4.1.1	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	0,0740	0,0640	Horas/m3
55.4.1.8	Tachos de basura de acero inoxidable	0,8000	1,0750	Horas/u
60.4.1.3	Bordillo de hormigón f'c=210 kg/cm2 para acera	0,7400	1,0130	Horas/m
61.4.1.5	Tierra vegetal	1,5000	1,5400	Horas/m3

Continuación

Tabla XIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
61.4.1.2	Suministro y colocación de plantas ornamentales h=30 cm	0,0250	0,0350	Horas/u
61.4.1.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen árboles)	0,0250	0,0350	Horas/u
60.4.1.2	Bordillo de jardinera	0,7400	1,0130	Horas/m
38.4.1.3	Excavación a mano, en tierra	0,1632	2,2360	Horas/m3
19.4.1.3	Relleno con material de sitio	0,0015	0,0034	Horas/m3
24.4.1.1	Encofrado recto, y desencofrado	0,0383	0,0911	Horas/m2
43.4.1.1	Junta de construcción PVC a=0,25 m	0,0912	0,2099	Horas/m
44.4.1.1	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	0,0053	0,0478	Horas/kg
55.4.1.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.7m, incluye (malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 ½" con base de hormigón, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción) remate de alambre de púas 3 hilos	0,9200	1,0333	Horas/m

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.2.3 Componente Eléctrico.

En la siguiente tabla XIV se muestra ciertas actividades como manera de resumen con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, promedio y unidad, y en el Anexo VIII todas las actividades que forman parte del componente eléctrico.

Tabla XIV.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
1.54	Suministro e Instalación de Tablero de distribución alimentación TD01	3,0000	2,3250	Horas/u
1.63	Suministro e Instalación de Tubería EMT Conduit d=1/2'', Inc. Accesorios	0,1100	0,1488	Horas/m
1.72	Suministro e Instalación Canaleta PVC cableado estructurado 2''x1/2'', Inc. Accesorios	0,1000	0,1900	Horas/m
1.14	Suministro e Instalación Cable Trensado tipo UTP Cat. 5e, Inc. Conectores RJ45	0,0830	0,3750	Horas/m
1.14.1	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 14 AWG	0,0420	0,0876	Horas/m
1.14.2	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 8 AWG	0,0420	0,0876	Horas/m

Continuación

Tabla XIV.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
1.29	Suministro e Instalación Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36w, 120Vac., Inc. luminaria	0,7500	0,8500	Horas/u
1.18	Suministro e Instalación Interruptor simple de placa 10A, 250Vac	0,1333	0,5130	Horas/u
1.59	Suministro e Instalación Toma monofásico doble polarizado de placa 15A, 250Vac	0,6666	0,5450	Horas/u
1.74	Suministro e Instalación Toma de datos RJ45 de placa	0,3000	0,5300	Horas/u
1.13	Suministro e Instalación Conductor de cobre electrolito 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	0,050	0,0417	Horas/m
1.65	Suministro e Instalación Varilla copperweld de 1,8 m de longitud.	0,4166	0,4900	Horas/u
1.79	Suministro e Instalación Suelda exotérmica tipo cadweld, Inc. Accesorios de conexión	0,3460	0,5160	Horas/u
1.36	Suministro e Instalación Pararrayos tipo activo con precursor	2,2500	1,1250	Horas/u
1.75	Suministro e instalación de torre de vientos de 12 metros incluye arriostramientos y baliza LED	8,0000	5,8800	Horas/u

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

4.2.4 Componente Mecánico.

A continuación se detalla en la tabla XV varias actividades con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, promedio y unidad, en el Anexo IX el resto de actividades para mayor información del componente.

Tabla XV.- Componente Mecánico

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
1	Compuerta radial incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	100,0000	130,0000	Horas/u
2	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	40,0000	57,5000	Horas/u
3	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas las guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	60,0000	72,5000	Horas/u
4	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	80,0000	95,0000	Horas/u
5	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	1,0000	2,0000	Horas/u

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.2.5 Componente Ambiental.

En la tabla XVI se puede observar un resumen de las actividades que forman parte del componente ambiental con su número de rubro, descripción, productividad teórica 0, promedio y unidad, pero en el Anexo X se aprecia todo el componente de manera completa y mejor detallada.

Tabla XVI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
505009	Comunicación masiva	16,0000	23,8000	Horas/u
505003	Trípticos	0,1000	0,1600	Horas/u
506007	Fosa séptica 2x1.5x2 m	24,0000	38,0000	Horas/u
506084	Trampa de grasa pequeña A=3 x b=4 x h=2.5 m	1,0000	1,1750	Horas/u
506071	Fosa para desechos sólidos especiales A=2 x b=2 x h=1.5m	24,0000	38,0000	Horas/u
506095	Baño seco	1,0000	1,2500	Horas/u
506078	Cubetos	0,8000	0,7575	Horas/u
506001	Medición de ruido de maquinarias y vehículos	8,0000	5,7500	Horas/h

Continuación
Tabla XVI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	PT0	PP	Unidad
506002	Medición de ruido ambiente	8,0000	5,7500	Horas/u
506003	Medición de gases de maquinaria y vehículos	8,0000	5,7500	Horas/u
506004	Mediciones de calidad de aire (PM10, PM2.5, SO2, NO2) durante 24 horas	8,0000	5,7500	Horas/u
506081	Botiquín de primeros auxilios equipado	0,7000	0,6965	Horas/u
507003	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido fumar	0,5500	0,5667	Horas/u
507006	Suministro y colocación de señal informativa de agua no potable	0,5500	0,5667	Horas/u
507008	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido a persona no autorizada	0,5500	0,5667	Horas/u
507054	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido permanecer en el radio de acción de la maquinaria	0,5500	0,5667	Horas/u
507012	Suministro y colocación de señal riesgo de incendio materiales inflamables	0,5500	0,5667	Horas/u
507055	Suministro y colocación de señal informativa de maquina pesada en movimiento	0,5500	0,5667	Horas/u

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Mediante los rendimientos promedios llamados también productividades promedio para Microsoft Project 2010, se determinaran las duraciones promedio que servirán para conocer la duración total del proyecto.

4.3 DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES

Como parte de este estudio de tesis, mediante las investigaciones realizadas y tomando en cuenta los resultados de los cálculos realizados para obtener los datos de las diferentes actividades de los componentes de construcción establecidos, se requiere la integración del software de programación de obra para el desarrollo del cronograma de actividades y controlar el avance de obra, considerando las duraciones obtenidas y el tiempo total de ejecución del proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”, interviniendo los factores de afectación en estos tiempos obtenidos.

4.3.1 Selección del Software de Programación de Obra.

Programar un proyecto es lograr objetivos a corto o largo plazo dependiendo del control que se establezca a los recursos delimitados principalmente por el tiempo y costo de construcción.

En la actualidad existen varios software para programar obras civiles, en este capítulo de la tesis se elegirá el mejor modelo de acuerdo a las características y funciones que presente cada uno en virtud de las investigaciones realizadas.

Para elegir el software adecuado se consideró factores de desempeño, similitudes entre actividades y veracidad en los resultados arrojados por el software en proyectos anteriores.

De acuerdo al nivel de programación, control de avances de proyectos en especial de construcción, mediante manuales, tutoriales, el software más apropiado es el Microsoft Project, existente en varias versiones, por lo que, para el estudio de esta tesis se utilizó la versión del 2010.

4.3.2 Microsoft Office Project 2010.

La primera versión del Microsoft Project fue lanzada para el sistema operativo DOS en 1984 por una compañía que trabajaba para Microsoft, cuando Microsoft adquirió todos los derechos del software en 1985 produjo la versión 2, 3, 4 siendo esta la última para DOS, la primera

versión para Windows llamada versión 1 en 1990, contaba ya con la versión Standard y Professional, desarrollaron el Project 4.0 para Mac en 1993 hasta 1998 donde se creó una unidad de negocio llamada Microsoft Macintosh.

Este software es una aplicación que permite controlar y programar proyectos, que pueden ser simples y complejos, administrando la información y permitiendo que el manejo, organización y presentación de la misma sea ágil y fácil para el planificador del proyecto.

Se eligió la versión del 2010 ya que presenta una interfaz orientada a resultados conocidos por el usuario, es decir, reúne toda la flexibilidad y facilidad de una herramienta como Microsoft Excel 2010 pero también contiene el poder de programación del Project, siendo de fácil ingreso a la aplicación y común como los demás programas a los cuales se tiene acceso frecuentemente desde el menú inicio, como se observa en la figura 4.1.

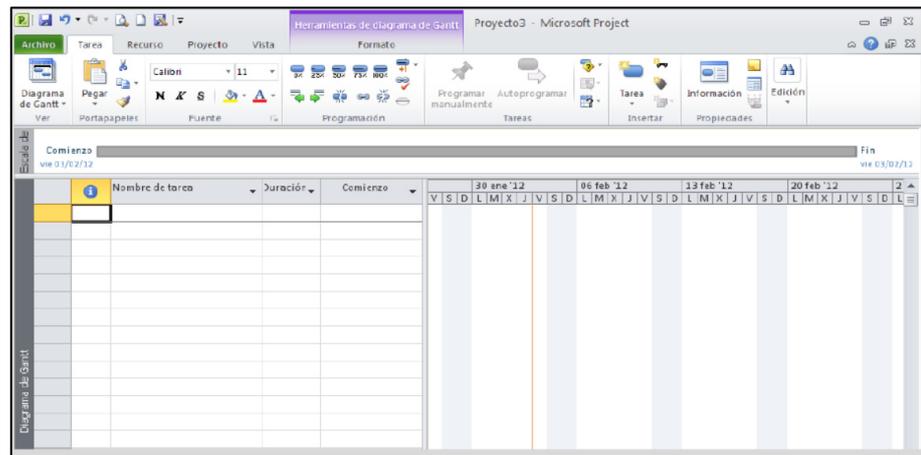


Figura 4-1.- Interfaz del Microsoft Project 2010.

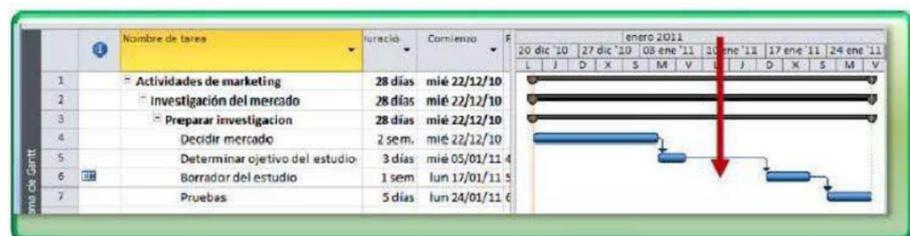
Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Debido a su nueva y atractiva interfaz, presenta nuevas y eficaces mejoras en la programación, administración de tareas y vistas, se notó un cambio en las barras con respecto a las versiones anteriores, interactuando de manera más rápida con la programación y escala de tiempo para toda la programación de la obra, además, cuenta con funciones más sencillas y de fácil acceso, permitiendo programar de manera automática y manual las tareas.

El ambiente de trabajo dentro del Microsoft Project 2010 está conformado por varios elementos que ayudan a tener una mayor productividad en el trabajo realizado con esta herramienta de

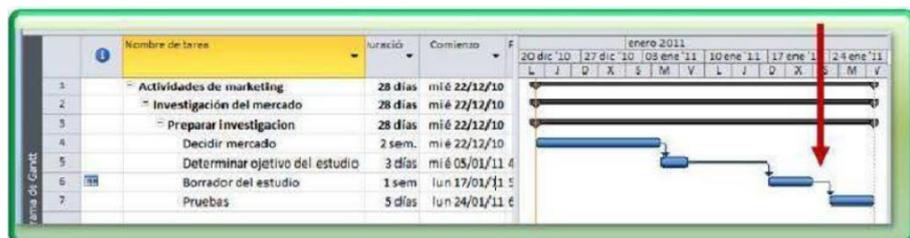
planeamiento y programación, por lo que, para crear un proyecto se requiere programarlo a partir de una fecha de comienzo, integrando duraciones, calendarios y fechas de tareas predecesoras, las dependencias entre tareas y sus delimitaciones, así como también la relación entre actividades que ayuden a organizar el proyecto.

Permite vincular actividades de manera que se pueda ver fácilmente los cambios entre ellas y reflejen realmente como se va ejecutando el proyecto, definiéndolas como actividades predecesoras o sucesoras como se muestra a continuación en las figuras 4.2 y 4.3.



Fuente: (Establecer dependencias y delimitaciones de tareas) [21]

Figura 4-2.- Actividad Predecesora.



Fuente: (Establecer dependencias y delimitaciones de tareas) [21]

Figura 4-3.- Actividad Sucesora.

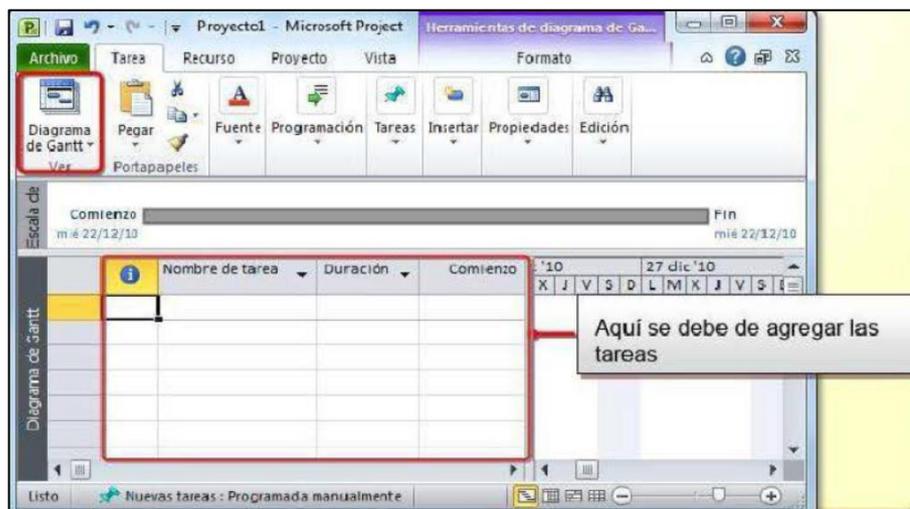
4.3.3 Definir actividades en el Software de Programación de Obra.

Las actividades también conocidas como tareas o ítems, son elementos individuales que están interrelacionadas entre sí para formar un proyecto, además, son trabajos que tienen un comienzo y un fin, que deben ser finalizadas como parte importante para que el proyecto también finalice, por lo tanto, todo proyecto está formado por pocas o muchas actividades, si alguna actividad tiene asignada una duración cero de tiempo, se coloca un punto de referencia llamado hito, el cual sirve para controlar acontecimientos importantes en un proyecto y su respectivo progreso.

Para ingresar las actividades se requiere de la opción vista diagrama de Gantt para introducir las duraciones calculadas anteriormente, la fecha de inicio y el nombre de la actividad o rubro, si la tarea es repetitiva es posible especificarla para tener un mayor control en el transcurso del proyecto.

Programar las actividades del proyecto significa hacerlo de forma predeterminada definiendo excepciones únicas o específicas, utilizando

calendarios y aplicando recursos para que el Microsoft Project pueda controlar las tareas asignadas, como se puede observar en la figura 4.4.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-4.- Actividad Sucesora.

Las actividades deben ser agrupadas de manera que establezcan un orden o jerarquía, dependiendo de los componentes o etapas existentes en el proyecto, por lo tanto, al ingresar las actividades en el software se lo hizo de tal manera que se encuentren agrupadas por componentes, mediante códigos se logró una estructura de descomposición de trabajo ordenada y detallada, las cuales se muestran a continuación como ejemplo en las figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 para cada uno de los componentes del proyecto y de manera detallada en los Anexos XI, XII, XIII, XIV y XV de todas las actividades de los componentes.

EDT	Actividades
0	PROYECTO BULUBULU CAÑAR SENAGUA TESIS
1	CIV OBRAS CIVILES
2	CIV-A OBRAS DE PROTECCIÓN EN RÍOS
3	CIV-A-1 DIQUES
4	CIV-A-1.1 Replanteo y nivelación lineal
5	CIV-A-1.2 Desbroce, Desbosque y limpieza
6	CIV-A-1.3 Retiro y acopio de capa vegetal
7	CIV-A-1.4 Conformación y compactación de subrasante
8	CIV-A-1.5 Relleno con material de banco local; incluye excavación, material y compactación, no se paga transporte.
9	CIV-A-1.6 Relleno con material importado de canteras; incluye material, explotación y compactación, no incluye transporte.
10	CIV-A-1.7 Protección de taludes con capa vegetal excavada
11	CIV-A-1.8 Protección de taludes con capa vegetal y pasto
12	CIV-A-1.9 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua
13	CIV-A-1.10 Excavación a máquina, en tierra, en seco
14	CIV-A-1.11 Excavación a mano, en tierra
15	CIV-A-1.12 Enrocado de protección de talud, D=700mm, no incluye transporte de material.
16	CIV-A-1.13 Enrocado de protección de talud, D=900mm, no incluye transporte de material.
17	CIV-A-1.14 Relleno con material de mejoramiento, no incluye transporte de material
18	CIV-A-1.15 Suministro y colocación de material de filtro
19	CIV-A-1.16 Geotextil no tejido punzonado con agujas para control de erosión
20	CIV-A-1.17 Acarreo de materiales
21	CIV-A-2 MURO DE HORMIGÓN
22	CIV-A-2.1 Replanteo y nivelación
23	CIV-A-2.2 Desbroce, Desbosque y limpieza
24	CIV-A-2.3 Retiro y acopio de capa vegetal
25	CIV-A-2.4 Excavación a máquina, en tierra, en seco para estructuras
26	CIV-A-2.5 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua, para estructuras

Fuente: (Elaborado por los Autores)
Figura 4-5.- Componente de Obras Civiles.

EDT	Actividades
272	ARQ OBRAS ARQUITECTÓNICAS (EQUIPAMIENTO)
273	ARQ-A DERIVADORA LAS MARAVILLAS
274	ARQ-A-1 PATIO DE MANIOBRAS 1
275	ARQ-A-1.1 CIRCULACIÓN - PISOS
276	ARQ-A-1.1.1 Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular
277	ARQ-A-1.1.2 Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular
278	ARQ-A-1.1.3 Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 (para adoquín)
279	ARQ-A-1.1.4 Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa
280	ARQ-A-1.1.5 Tachos de basura de acero inoxidable
281	ARQ-A-1.1.6 Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 para acera
282	ARQ-A-1.2 ÁREAS VERDES
283	ARQ-A-1.2.1 Tierra vegetal
284	ARQ-A-1.2.2 Suministro y colocación de césped o pasto
285	ARQ-A-1.2.3 Suministro y colocación de plantas ornamentales h= 30 cm.
286	ARQ-A-1.2.4 Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen arboles)
287	ARQ-A-1.2.5 Bordillo de jardinería
288	ARQ-A-1.3 CERRAMIENTO
289	ARQ-A-1.3.1 Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.70 m. Incluye(malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 1/2 con base de hormigón , pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte y accesorios de sujeción)
290	ARQ-A-1.3.2 Suministro e instalación de puerta de ingreso doble hoja de 2.7 x 6.00 m incluye (perfiles tubulares 2 1/2 e=3mm. , malla electrosoldada, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción)
291	ARQ-A-1.4 TANQUE DE COMBUSTIBLE
292	ARQ-A-1.4.1 Excavación a mano, en tierra
293	ARQ-A-1.4.2 Hormigón fc 140 kg/cm2
294	ARQ-A-1.4.3 Encofrado recto, y desencofrado

Fuente: (Elaborado por los Autores)
Figura 4-6.- Componente de Equipamiento.

EDT	Actividades
443	ELE ▢ OBRAS ELÉCTRICAS
444	ELE-A ▢ CENTRO DE CONTROL SCADA
445	ELE-A-1 ▢ TABLEROS
446	ELE-A-1.1 Sum. e Inst. Tablero de distribución alimentación TD01
447	ELE-A-2 ▢ TUBERÍAS, CANALES Y CABLES ELÉCTRICOS Y DE TELECOMUNICACIONES
448	ELE-A-2.1 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1/2, Inc. Accesorios
449	ELE-A-2.2 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=3/4, Inc. Accesorios
450	ELE-A-2.3 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1, Inc. Accesorios
451	ELE-A-2.4 Sum. e Inst. Canaleta PVC cableado estructurado 2 x 1/2, Inc. Accesorios
452	ELE-A-2.5 Sum. e Inst. Cable trenzado tipo UTP Cat. 5e, Inc. conectores RJ45
453	ELE-A-2.6 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 14 AWG
454	ELE-A-2.7 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 12 AWG
455	ELE-A-2.8 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 10 AWG
456	ELE-A-2.9 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 8 AWG
457	ELE-A-3 ▢ EQUIPOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA
458	ELE-A-3.1 Sum. e Inst. Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36 W, 120 Vac, incluye luminaria.
459	ELE-A-3.2 Sum. e Inst. Interruptor simple de placa 10 A, 250 Vac
460	ELE-A-3.3 Sum. e Inst. Toma monofásico doble polarizado de placa 15 A, 250 Vac
461	ELE-A-3.4 Sum. e Inst. Toma de datos RJ45 de placa
462	ELE-A-4 ▢ MALLA DE PUESTA A TIERRA_MPT
463	ELE-A-4.1 Sum. e Inst. Conductor de cobre electrolítico 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG
464	ELE-A-4.2 Sum. e Inst. Varilla copperweld de 1,8 metros de longitud
465	ELE-A-4.3 Sum. e Inst. Suelda exotérmica tipo cadweld, incluye accesorios de conexión
466	ELE-A-4.4 Sum. e Inst. Pararrayos tipo Activo con precursor.

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-7.- Componente Eléctrico.

EDT	Actividades
714	MEC ▢ MECÁNICO Y EQUIPAMIENTO
715	MEC-A ▢ DERIVADORA LAS MARAVILLAS
716	MEC-A-1 ▢ DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO
717	MEC-A-1.1 Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado
718	MEC-A-1.2 Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto
719	MEC-A-1.3 Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento
720	MEC-A-1.4 Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo
721	MEC-A-1.5 Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas
722	MEC-A-2 ▢ INSTALACIÓN
723	MEC-A-2.1 Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado
724	MEC-A-2.2 Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto
725	MEC-A-2.3 Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento
726	MEC-A-2.4 Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo
727	MEC-B ▢ COMPUERTAS Y EQUIPOS EMBLASE LAS MARAVILLAS
728	MEC-B-1 ▢ DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO
729	MEC-B-1.1 Válvula Hollow jet, (Howell Bunger) con su sistema de operación eléctrica y over-ride manual, con amortiguador de energía y contra bridas

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-8.- Componente Mecánico.

EDT	Actividades	
733	AMB	▢ AMBIENTAL
734	AMB-A	▢ FASE PREVIA
735	AMB-A-1	Charlas de concientización
736	AMB-A-2	Comunicación Masiva
737	AMB-A-3	Tripticos
738	AMB-B	▢ FASE DE CONSTRUCCIÓN
739	AMB-B-1	▢ PROGRAMA DE MEDIDAS PARA PROTEGER LOS CUERPOS DE AGUA, ARRASTRE DE SEDIMENTOS
740	AMB-B-1.1	Fosa séptica (2x1.5x2 m)
741	AMB-B-1.2	Trampa de grasa pequeña (A=3,00 x b=4,00 x h=2.5 m)
742	AMB-B-1.3	Fosa para Desechos Sólidos Especiales (A=2,00 x b=2,00 x h=1.5 m)
743	AMB-B-1.4	Baño Seco
744	AMB-B-1.5	Cubetos
745	AMB-B-2	▢ PROGRAMA DE MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS
746	AMB-B-2.1	Medición de Ruido de Maquinaria y vehículos
747	AMB-B-2.2	Medición de Ruido Ambiente
748	AMB-B-2.3	Medición de gases de maquinaria y vehículos
749	AMB-B-2.4	Mediciones de calidad del aire (PM10, PM2.5, SO2, NO2) durante 24 horas
750	AMB-B-3	▢ PLAN DE SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y CONTINGENCIAS
751	AMB-B-3.1	Botiquín de primeros auxilios equipado
752	AMB-B-3.2	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido Fumar
753	AMB-B-3.3	Sum. y colocación Señal informativo de Agua no Potable
754	AMB-B-3.4	Sum. y colocación Señal informativo de Prohibido entrada a Persona no Autorizada
755	AMB-B-3.5	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido permanecer en el Radio de Acción de la Maquinaria
756	AMB-B-3.6	Sum. y colocación Señal Riesgo de incendio materiales inflamables
757	AMB-B-3.7	Sum. y colocación Señal informativa de Máquina Pesada en movimiento

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*
Figura 4-9.- Componente Ambiental.

4.3.4 Definir relaciones entre actividades en el Software de Programación de Obra.

Es importante conocer la relación que existe entre las actividades ya que son definidas de acuerdo al procedimiento empleado sabiendo si son actividades predecesora o sucesora, mediante esta vinculación se puede conocer fácilmente los cambios en el comienzo, el fin y la duración que una actividad puede afectar en otra que esté relacionada de diferentes maneras, creando de esta forma dependencia entre las actividades para observar realmente como trabaja el proyecto.

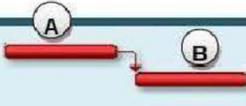
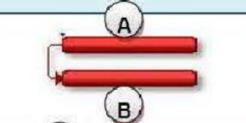
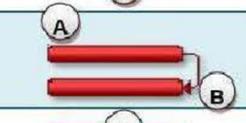
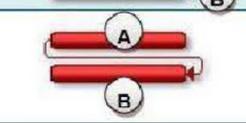
Al vincular las actividades se define el grado de relación que existe entre ellas, una actividad que culmina antes que otra se denomina predecesora, mientras que otra que ocurre después se denomina sucesora, por medio de las líneas trazadas por el diagrama de Gantt se proporciona cuatro tipos diferentes de relaciones entre las actividades que son importante para conectar toda la programación, y así, lograr un modelo realista de programación que refleje lo que sucede durante la ejecución del proyecto.

Los tipos de relación se clasifican en:

- Fin a Comienzo (FC)
- Comienzo a Comienzo (CC)
- Fin a Fin (FF)
- Comienzo a Fin (CF)

Esta vinculación se logra por medio de las fechas de comienzo y fin de las actividades o conociendo el tiempo de ejecución de la actividad, sin importar el procedimiento o tipo de relación que se utilice al final el resultado obtenido de esta relación es el mismo.

En la figura 4.10 se observa los tipos de relación que existe en el Microsoft Project 2010.

Tipo de relación		Descripción
Fin a comienzo(FC)		La tarea (B) no se puede comenzar hasta que la tarea (A) finalice.
Comienzo a comienzo(CC)		La tarea (B) no se puede comenzar hasta que la tarea (A) comience.
Fin a fin(FF)		La tarea (B) no se puede finalizar hasta que la tarea(A) finalice.
Comienzo a fin(CF)		La tarea (B) no se puede finalizar hasta que la tarea(A) comience.

Fuente: (*Tipos de relaciones entre tareas*) [21]

Figura 4-10.- Relaciones entre tareas.

Del mismo modo existirán actividades que pueden comenzar antes de que finalice otra o que no puedan comenzar hasta que haya pasado un periodo de tiempo, por lo tanto, al establecer la relación de dependencia se especifica que se requiere un solapamiento de actividad, es decir, que la actividad sucesora comience antes que la actividad predecesora finalice, del mismo modo se logra una posposición de actividad, lo que significa, que la actividad sucesora comienza unos días después de que finalice la actividad predecesora, sin embargo, ciertas actividades

requieren límites de fechas ya que son inamovibles y deben ejecutarse en el periodo de tiempo establecido, evitando de esta manera retrasos en la programación para que el proyecto culmine en el tiempo estimado.

La relación entre las actividades depende de la importancia de ejecución que se establezca para cada actividad, la interrelación que tengan entre si y la necesidad de que finalice una actividad para que comience otra, por lo tanto, existirán actividades que inicien o finalicen al mismo tiempo así como también actividades que inicien cuando otras hayan finalizado.

En las figuras 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15 que se presentan a continuación, se mostrara un resumen de las actividades relacionadas entre sí en el software de programación de obra, en los Anexos XVI, XVII, XVIII, XIX y XX se detalla con claridad todas las actividades de los componentes estudiados.

EDT	Actividades	Predecesoras
0	PROYECTO BULUBULU CAÑAR SENAGUA TESIS	
1	CIV OBRAS CIVILES	
2	CIV-A OBRAS DE PROTECCIÓN EN RÍOS	
3	CIV-A-1 DIQUES	
4	CIV-A-1.1 Replanteo y nivelación lineal	6CC+15 días
5	CIV-A-1.2 Desbroce, Desbosque y limpieza	
6	CIV-A-1.3 Retiro y acopio de capa vegetal	5CC+15 días
7	CIV-A-1.4 Conformación y compactación de subrasante	4CC+30 días
8	CIV-A-1.5 Relleno con material de banco local; incluye excavación, material y compactación, no se paga transporte.	7
9	CIV-A-1.6 Relleno con material importado de canteras; incluye material, explotación y compactación, no incluye	8CC+15 días
10	CIV-A-1.7 Protección de taludes con capa vegetal excavada	9CC+40 días
11	CIV-A-1.8 Protección de taludes con capa vegetal y pasto	10CC+40 días
12	CIV-A-1.9 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua	11CC+40 días
13	CIV-A-1.10 Excavación a máquina, en tierra, en seco	12CC+20 días
14	CIV-A-1.11 Excavación a mano, en tierra	13CC+28 días
15	CIV-A-1.12 Enrocado de protección de talud, D=700mm, no incluye transporte de material.	14CC+8 días
16	CIV-A-1.13 Enrocado de protección de talud, D=900mm, no incluye transporte de material.	15CC
17	CIV-A-1.14 Relleno con material de mejoramiento, no incluye transporte de material	16CC+25 días
18	CIV-A-1.15 Suministro y colocación de material de filtro	17CC+25 días
19	CIV-A-1.16 Geotextil no tejido punzonado con agujas para control de erosión	18CC+25 días
20	CIV-A-1.17 Acarreo de materiales	5CC
21	CIV-A-2 MURO DE HORMIGÓN	3CC+60 días
22	CIV-A-2.1 Replanteo y nivelación	24
23	CIV-A-2.2 Desbroce, Desbosque y limpieza	
24	CIV-A-2.3 Retiro y acopio de capa vegetal	23
25	CIV-A-2.4 Excavación a máquina, en tierra, en seco para estructuras	22
26	CIV-A-2.5 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua, para estructuras	25CC+30 días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*
Figura 4-11.- Componente de Obras Civiles.

EDT	Task Name	Predecesoras
272	ARQ OBRAS ARQUITECTÓNICAS (EQUIPAMIENTO)	1CC+1500 días
273	ARQ-A DERIVADORA LAS MARAVILLAS	
401	ARQ-B EMBALSE LAS MARAVILLAS	273CC+600 días
402	ARQ-B-1 CASETA DE CONTROL	
403	ARQ-B-1.1 CONTRAPISOS	
404	ARQ-B-1.1.1 Relleno con material de sitio	
405	ARQ-B-1.1.2 Hormigón fc 210 kg/cm2	404CC+5 días
406	ARQ-B-1.1.3 Bordillo Fc=210 kg/cm2	405CC+2 días
407	ARQ-B-1.2 PAREDES	403CC+20 días
408	ARQ-B-1.2.1 Mampostería de bloque de hormigón de 9x19x39 cm.	
409	ARQ-B-1.2.2 Hormigón fc 210 kg/cm2	408CC+3 días
410	ARQ-B-1.3 SOBREPISOS	407CC+20 días
411	ARQ-B-1.3.1 Hormigón fc 210 kg/cm2	
412	ARQ-B-1.4 ENLUCIDOS	407CC+20 días
413	ARQ-B-1.4.1 Enlucido	
414	ARQ-B-1.5 REVESTIMIENTOS	412CC+20 días
415	ARQ-B-1.5.1 Revestimiento para paredes con fachaletas de arcilla	
416	ARQ-B-1.5.2 Pintura interior de caucho con empaste	415
417	ARQ-B-1.5.3 Pintura exterior con empaste	416
418	ARQ-B-1.6 VENTANAS	414CC+20 días
419	ARQ-B-1.6.1 Suministro e instalación de ventana de malla tipo rombo incluye marco de tubo galvanizado, accesorios y malla antimosquito dimensión	
420	ARQ-B-1.7 PUERTAS	418CC+20 días
421	ARQ-B-1.7.1 Suministro e instalación de puerta de. Doble hoja de malla tipo rombo incluye tubo galvanizado 2 1/2 e=3mm, pintura anticorrosiva, chapa viro original, malla antimosquito, picaporte de sujeción a tierra y	
422	ARQ-B-1.8 INSTALACIONES SANITARIAS	420CC+20 días
423	ARQ-B-1.8.1 Instalación de punto de A.A. P. P.	
424	ARQ-B-1.8.2 Instalación de puntos de cajas de registro	423CC
425	ARQ-B-1.8.3 Bajante de PVC 4	424
426	ARQ-B-1.8.4 Instalación de puntos eléctricos (incluye lámpara fluores) 425	

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*
Figura 4-12.- Componente de Equipamiento.

EDT	Actividades	Predecesoras
443	ELEC = OBRAS ELÉCTRICAS	
444	ELEC-A = CENTRO DE CONTROL SCADA	
445	ELEC-A-1 = TABLEROS	
446	ELEC-A-1.1 Sum. e Inst. Tablero de distribución alimentación TD01	
447	ELEC-A-2 = TUBERÍAS, CANALETES Y CABLES ELÉCTRICOS Y DE TELECOMUNICACIONES	445CC+30 días
448	ELEC-A-2.1 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1/2, Inc. Accesorios	
449	ELEC-A-2.2 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=3/4, Inc. Accesorios	448
450	ELEC-A-2.3 Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1, Inc. Accesorios	449
451	ELEC-A-2.4 Sum. e Inst. Canaleta PVC cableado estructurado 2 x 1/2, Inc. Accesorios	450
452	ELEC-A-2.5 Sum. e Inst. Cable trenzado tipo UTP Cat. 5e, Inc. conectores RJ45	451
453	ELEC-A-2.6 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 14 AWG	452
454	ELEC-A-2.7 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 12 AWG	453
455	ELEC-A-2.8 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 10 AWG	454
456	ELEC-A-2.9 Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 ºC, calibre 8 AWG	455
457	ELEC-A-3 = EQUIPOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA	447CC+30 días
458	ELEC-A-3.1 Sum. e Inst. Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36 W, 120 Vac, incluye luminaria.	
459	ELEC-A-3.2 Sum. e Inst. Interruptor simple de placa 10 A, 250 Vac	458
460	ELEC-A-3.3 Sum. e Inst. Toma monofásico doble polarizado de placa 15 A, 250 Vac	459
461	ELEC-A-3.4 Sum. e Inst. Toma de datos RJ45 de placa	460
462	ELEC-A-4 = MALLA DE PUESTA A TIERRA_MPT	457CC+30 días
463	ELEC-A-4.1 Sum. e Inst. Conductor de cobre electrolítico 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	
464	ELEC-A-4.2 Sum. e Inst. Varilla copperweld de 1,8 metros de longitud	463
465	ELEC-A-4.3 Sum. e Inst. Suelda exotérmica tipo cadweld, incluye accesorios de conexión	464

Fuente: (Elaborado por los Autores)
Figura 4-13.- Componente Eléctrico.

EDT	Actividades	Predecesoras
714	MEC = MECÁNICO Y EQUIPAMIENTO	
715	MEC-A = DERIVADORA LAS MARAVILLAS	
716	MEC-A-1 = DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO	
717	MEC-A-1.1 Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	
718	MEC-A-1.2 Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	717CC+15 días
719	MEC-A-1.3 Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	718CC+20 días
720	MEC-A-1.4 Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días
721	MEC-A-1.5 Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	717CC+10 días
722	MEC-A-2 = INSTALACIÓN	716CC+250 días
723	MEC-A-2.1 Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	
724	MEC-A-2.2 Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	723CC+15 días
725	MEC-A-2.3 Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	724CC+20 días
726	MEC-A-2.4 Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días
727	MEC-B = COMPUERTAS Y EQUIPOS EMBLASE LAS MARAVILLAS	715CC+800 días
728	MEC-B-1 = DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO	
729	MEC-B-1.1 Válvula Hollow jet, (Howell Bunger) con su sistema de operación eléctrica y over-ride manual, con amortiguador de energía y contra bridas	

Fuente: (Elaborado por los Autores)
Figura 4-14.- Componente Mecánico.

EDT	Actividades	Predecesoras
733	AMB	
	▫ AMBIENTAL	
734	AMB-A	
	▫ FASE PREVIA	
735	AMB-A-1	736
736	AMB-A-2	
737	AMB-A-3	735
738	AMB-B	
	▫ FASE DE CONSTRUCCIÓN	
739	AMB-B-1	
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS PARA PROTEGER LOS CUERPOS DE AGUA, ARRASTRE DE SEDIMENTOS	
740	AMB-B-1.1	
741	AMB-B-1.2	742
742	AMB-B-1.3	740CC+2 días
743	AMB-B-1.4	741
744	AMB-B-1.5	743
745	AMB-B-2	
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	
746	AMB-B-2.1	
747	AMB-B-2.2	746CC+5 días
748	AMB-B-2.3	747CC+5 días
749	AMB-B-2.4	748CC+5 días durante 24 horas
750	AMB-B-3	
	▫ PLAN DE SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y CONTINGENCIAS	
751	AMB-B-3.1	
752	AMB-B-3.2	751
753	AMB-B-3.3	752CC
754	AMB-B-3.4	753CC
755	AMB-B-3.5	754CC
756	AMB-B-3.6	755CC
757	AMB-B-3.7	756CC

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*
Figura 4-15.- Componente Ambiental.

4.4 DETERMINACIÓN DE DURACIONES TEÓRICAS DE ACUERDO A PRODUCTIVIDADES PROPUESTAS EN LOS APU

Para continuar con el desarrollo de esta tesis se requiere calcular duraciones ofertadas, duraciones teóricas 0, duraciones teóricas 1 y duraciones teóricas 2 para obtener finalmente obtener entre ellas, las duraciones mínimas, duraciones promedio y duraciones máximas llamadas también como duraciones óptimas, duraciones promedio y duraciones pésimas.

Para comprender mejor la importancia de estas duraciones en el estudio del proyecto, se presentan las actividades de cada componente con sus respectivas duraciones, que servirán para realizar el análisis mediante el software de programación de obra y el modelo de programación probabilístico.

4.4.1 Componente de Obras Civiles.

A continuación se presenta en la tabla XVII el resumen de las actividades con su número de rubro, descripción, duración ofertada, teórica 1, teóricas 2 y unidad, siendo calculadas a partir de la productividad ofertada, teóricas 1 y teórica 2, incluyendo la duración promedio para el Microsoft Project, considerando las cantidades de obra existentes, en el Anexo XXI se muestra el componente con todas sus actividades de manera completa y detallada.

Tabla XVII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	DO	DT1	DT2	DPMP	Unidad
2.4.1.1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	15	17	5	8	Días
63.4.1.1	Compuerta 2100x2100, Long. de vástago 5.4m	2	2	2	2	Días

Continuación

Tabla XVII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	DO	DT1	DT2	DPMP	Unidad
41.4.1.2	Hormigón f'c 280 kg/cm ²	31	27	19	17	Días
10.4.1.2	Pasamuro de Acero D=1100mm, e=10mm	3	3	3	3	Días
79.4.1.1	Viga de Hormigón Pretensado L=40m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	2	2	2	2	Días
79.4.1.4	Viga de Hormigón Pretensado L=11.15m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	4	4	4	4	Días
63.4.1.2	Compuerta plana deslizante 1500x1300mm	1	1	1	1	Días
81.4.1.1	Tuberías y Accesorios para descarga de riego	2	2	2	2	Días
1.4.1.2	Replanteo y Nivelación Lineal	1	1	1	1	Días
64.5.1.1	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta	5	6	5	6	Días
12.4.1.1	Evacuación de agua después de la excavación en forma permanente	6	6	6	6	Días

Continuación

Tabla XVII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	DO	DT1	DT2	DPMP	Unidad
10.4.1.3	Pasamuro de acero D=1500mm, e=10mm	4	4	4	4	Días
38.4.1.8	Drenaje con tubo PVC rígido, C-20, D=4"	4	4	4	4	Días
62.4.1.1	Rotura de Pavimento Asfáltico	9	10	12	11	Días
41.4.1.1	Hormigón f'c 140 kg/cm ²	2	3	2	3	Días
50.4.1.1	Tope Sísmico, Hormigón f'c=280 kg/cm ²	1	1	1	1	Días
30.4.1.1	Compactación Dinámica	408	200	220	210	Días
22.4.1.1	Gaviones	7	41	8	25	Días
55.4.1.19	Peldaño 20mm de varilla de hierro	5	5	5	5	Días
41.4.1.3	Hormigón f'c=280 kg/cm ² , puente	101	269	191	230	Días

Fuente: (Elaborado por los Autores)

4.4.2 Componente de Equipamiento.

En la tabla XVIII se presentan algunas actividades con su número de rubro, descripción, duración teórica 0, teórica 1, teóricas 2 y unidad del componente de equipamiento, además la duración promedio para el Microsoft Project y en el Anexo XXII el componente completo.

Tabla XVIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DPMP	Unidad
48.4.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	36	9	36	23	Días
48.4.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	3	1	3	2	Días
60.4.1.1	Bordillo de hormigón $f'c=210$ kg/cm ² (para adoquín)	33	5	40	23	Días
40.4.1.1	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	1	1	1	1	Días
55.4.1.8	Tachos de basura de acero inoxidable	1	1	1	1	Días
60.4.1.3	Bordillo de hormigón $f'c=210$ kg/cm ² para acera	30	41	40	41	Días

Continuación

Tabla XVIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DPMP	Unidad
61.4.1.2	Suministro y colocación de plantas ornamentales h=30 cm	1	1	1	1	Días
61.4.1.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen árboles)	1	1	1	1	Días
60.4.1.2	Bordillo de jardinera	3	4	4	4	Días
38.4.1.3	Excavación a mano, en tierra	5	55	80	67	Días
19.4.1.3	Relleno con material de sitio	1	1	1	1	Días
24.4.1.1	Encofrado recto, y desencofrado	2	5	1	3	Días
43.4.1.1	Junta de construcción PVC a=0,25 m	1	2	2	2	Días
44.4.1.1	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm ²	4	60	8	34	Días
55.4.1.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.7m, incluye (malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 ½" con base de hormigón, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción) remate de alambre de púas 3 hilos	10	3	10	7	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

4.4.3 Componente Eléctrico.

En la siguiente tabla XIX se muestra ciertas actividades como manera de resumen con su número de rubro, descripción, duración teórica 0, teórica 1, teóricas 2, unidad y duración promedio que será ingresada en el Microsoft Project, por lo que en el Anexo XXIII se tiene todas las actividades que forman parte del componente eléctrico.

Tabla XIX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DP MP	Unidad
1.54	Suministro e Instalación de Tablero de distribución alimentación TD01	1	1	1	1	Días
1.63	Suministro e Instalación de Tubería EMT Conduit d=1/2'', Inc. Accesorios	1	1	1	1	Días
1.72	Suministro e Instalación Canaleta PVC cableado estructurado 2''x1/2'', Inc. Accesorios	1	1	1	1	Días
1.14	Suministro e Instalación Cable Trensado tipo UTP Cat. 5e, Inc. Conectores RJ45	1	3	3	3	Días
1.14.1	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 14 AWG	1	2	1	2	Días

Continuación

Tabla XIX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DP MP	Unidad
1.14.2	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 8 AWG	1	1	1	1	Días
1.29	Suministro e Instalación Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36w, 120Vac., Inc. luminaria	1	2	1	1	Días
1.18	Suministro e Instalación Interruptor simple de placa 10A, 250Vac	1	1	1	1	Días
1.59	Suministro e Instalación Toma monofásico doble polarizado de placa 15A, 250Vac	2	1	2	2	Días
1.74	Suministro e Instalación Toma de datos RJ45 de placa	1	1	1	1	Días
1.13	Suministro e Instalación Conductor de cobre electrolito 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	1	1	1	1	Días
1.65	Suministro e Instalación Varilla copperweld de 1,8 m de longitud.	1	1	1	1	Días
1.79	Suministro e Instalación Suelda exotérmica tipo cadweld, Inc. Accesorios de conexión	1	1	1	1	Días

Continuación

Tabla XIX.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DPMP	Unidad
1.75	Suministro e instalación de torre de vientos de 12 metros incluye arriostramientos y baliza LED	1	1	1	1	Días
1.54	Suministro e instalación de tablero de medición TM2Ø	1	1	1	1	Días
1.77	Suministro e instalación de puesta a tierra vehículos.	1	1	1	1	Días
1.81	Suministro e instalación de estructura UR (sin neutro)	2	3	3	3	Días
1.73	Suministro e instalación de tensor tipo TT en MT, no incluye excavación	1	2	2	2	Días
1.12	Suministro e instalación de conductor de aluminio reforzado tipo ACSR calibre N° 4 AWG	63	75	47	61	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

4.4.4 Componente Mecánico.

A continuación se detalla en la tabla XX varias actividades con su número de rubro, descripción, duración teórica 0, teórica 1, teóricas 2,

unidad y promedio para el Microsoft Project, además en el Anexo XXIV el resto de actividades para mayor información del componente.

Tabla XX.- Componente Mecánico

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DP MP	Unidad
1	Compuerta radial incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	38	45	53	49	Días
2	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	15	19	24	22	Días
3	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas las guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	15	17	20	19	Días
4	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	10	12	13	12	Días
5	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	1	1	1	1	Días
6	Válvula Hollow jet, (Howell Bunger) con su sistema de operación eléctrica y over-ride manual, con amortiguador de energía y contra bridas	19	23	30	27	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

4.4.5 Componente Ambiental.

En la tabla XXI se puede observar un resumen de las actividades que forman parte del componente ambiental, pero en el Anexo XXV se aprecia todo el componente de manera completa y mejor detallada, mostrando su número de rubro, descripción, duración teórica 0, teórica 1, teóricas 2, unidad y promedio para el Microsoft Project de cada actividad.

Tabla XXI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DPMP	Unidad
505009	Comunicación masiva	10	13	18	15	Días
505003	Trípticos	3	4	5	4	Días
506007	Fosa séptica 2x1.5x2 m	21	28	39	34	Días
506084	Trampa de grasa pequeña A=3 x b=4 x h=2.5 m	1	2	1	2	Días
506071	Fosa para desechos sólidos especiales A=2 x b=2 x h=1.5m	21	28	39	34	Días
506095	Baño seco	2	3	3	3	Días
506078	Cubetos	1	1	1	1	Días
506001	Medición de ruido de maquinarias y vehículos	14	9	12	11	Días
506002	Medición de ruido ambiente	14	9	12	11	Días
506003	Medición de gases de maquinaria y vehículos	9	6	8	7	Días

Continuación

Tabla XXI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	DT0	DT1	DT2	DPMP	Unidad
506004	Mediciones de calidad de aire (PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂) durante 24 horas	3	2	3	3	Días
506081	Botiquín de primeros auxilios equipado	1	1	1	1	Días
507003	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido fumar	1	1	2	1	Días
507006	Suministro y colocación de señal informativa de agua no potable	1	1	2	1	Días
507008	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido a persona no autorizada	1	1	2	1	Días
507054	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido permanecer en el radio de acción de la maquinaria	1	1	2	1	Días
507012	Suministro y colocación de señal riesgo de incendio materiales inflamables	2	2	2	2	Días
507055	Suministro y colocación de señal informativa de maquina pesada en movimiento	5	5	6	5	Días
507056	Suministro y colocación de señal informativa de extintor	1	1	2	1	Días
506074	Comunicados radiales (cuñas de 45'')	5	5	5	5	Días

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Con el resultado de las duraciones calculadas en horas y luego en días para las actividades de cada componente, se realiza un análisis a partir de los rendimientos obtenidos, integrando estos datos al análisis probabilístico para realizar el modelo de simulación estocástica, podemos obtener las funciones de probabilidad de las actividades relacionadas entre sí de todos los componentes del proyecto, para conocer el rango de incertidumbre del tiempo que tomara la ejecución parcial y total de la obra, sabiendo aproximadamente el número de días que se tomara en culminar el proyecto “Control de Inundaciones del Río Bulubulu”.

4.5 INTEGRACIÓN DEL CRONOGRAMA MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE

Mediante el software de programación de obra se logrará realizar el cronograma de ejecución del proyecto con las duraciones promedio obtenidas e ingresadas en el Microsoft Project en la unidad de días, para lo cual se trabaja bajo la opción de diagrama de Gantt y así obtener con rapidez los gráficos de tiempo de cada actividad propuesta en el proyecto.

4.5.1 Duraciones en el Software de Programación de Obra.

Cuando se definen las actividades en el software, se crea automáticamente una duración estimada de forma predeterminada para un día de trabajo, por lo que las duraciones reales de las actividades se ingresan manualmente en el software de la misma manera como se ingresaron las actividades anteriormente, asignando a cada una la duración correspondiente calculada en las tablas anteriores.

El software de programación de obra nos permite cambiar las duraciones de las tareas definidas y denotarlas en minutos, horas, días, semanas o meses, sin realizar conversiones, es decir, si la duración de la actividad es de un día y se desea expresarla en horas, se debe calcular primero la cantidad en horas de trabajo en un día y luego ingresarlas como un nuevo valor en horas, lo que proporciona realizar mejores estimaciones en la duración total del proyecto.

Para definir las duraciones de las actividades se consideró varios datos calculados a partir de rendimientos ofertados, teóricos 0, teóricos 1 y teóricos 2, los cuales fueron estimados de ofertas realizadas por la empresa constructora Gezhouba, manuales de análisis de precios

unitarios de la cámara de construcción de Quito, Zamora Chinchipe y Loja, libros y manuales basados en la experiencia laboral de quienes son responsables, estudios realizados y proyectos con actividades similares ejecutados anteriormente.

Se consideró ingresar las duraciones manualmente con dos decimales como formato elegido y la unidad en horas, con este método se crea las barras del diagrama de Gantt, calculándose automáticamente las fechas en el diagrama según como se definieron inicialmente en el proyecto, las fechas varían dependiendo de la dependencia y relación entre actividades.

A continuación se presenta mediante las figuras 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 y 4.25 un resumen de las duraciones ingresadas tanto ofertadas como promedio, cabe recalcar que solo para el componente de obras civiles contamos con duraciones ofertadas, por lo que, para los demás componentes se consideró duraciones tomadas de estudios y proyectos con actividades similares como duración teórica 0, por falta de información proporcionada por la empresa constructora Gezhoubu, en los Anexos XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX y XXX se encuentra de manera general las actividades con sus duraciones para cada componente.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
0	PROYECTO BULUBULU CAÑAR SENAGUA TESIS		2921 días	lun 10/06/13	mar 09/02/16
1	OBRAS CIVILES		2898 días	lun 10/06/13	lun 01/02/16
2	OBRAS DE PROTECCIÓN EN RÍOS		2264,13 días	lun 10/06/13	dom 05/07/15
3	DIQUES		1021,13 días	lun 10/06/13	vie 16/05/14
4	CIV-A-1.1 Replanteo y nivelación lineal	6CC+15 días	2 días	jue 20/06/13	vie 21/06/13
5	CIV-A-1.2 Desbroce, Desbosque y limpieza		15 días	lun 10/06/13	sáb 15/06/13
6	CIV-A-1.3 Retiro y acopio de capa vegetal	5CC+15 días	28 días	sáb 15/06/13	lun 24/06/13
7	CIV-A-1.4 Conformación y compactación de subrasante	4CC+30 días	96 días	dom 30/06/13	jue 01/08/13
8	CIV-A-1.5 Relleno con material de banco local; incluye excavación, material y compactación, no se paga transporte.	7	185 días	jue 01/08/13	mié 02/10/13
9	CIV-A-1.6 Relleno con material importado de canteras; incluye material, explotación y compactación, no incluye transporte.	8CC+15 días	160 días	mar 06/08/13	sáb 28/09/13
10	CIV-A-1.7 Protección de taludes con capa vegetal excavada	9CC+40 días	455 días	lun 19/08/13	sáb 18/01/14
11	CIV-A-1.8 Protección de taludes con capa vegetal y pasto	10CC+40 días	34 días	lun 02/09/13	vie 13/09/13
12	CIV-A-1.9 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua	11CC+40 días	27 días	dom 15/09/13	mar 24/09/13
13	CIV-A-1.10 Excavación a máquina, en tierra, en seco	12CC+20 días	101 días	dom 22/09/13	vie 25/10/13
14	CIV-A-1.11 Excavación a mano, en tierra	13CC+28 días	21 días	mar 01/10/13	mar 08/10/13
15	CIV-A-1.12 Enrocado de protección de talud, D=700mm, no incluye transporte de material.	14CC+8 días	561 días	vie 04/10/13	mié 09/04/14
16	CIV-A-1.13 Enrocado de protección de talud, D=900mm, no incluye transporte de material.	15CC	131 días	vie 04/10/13	sáb 16/11/13
17	CIV-A-1.14 Relleno con material de mejoramiento, no incluye transporte de material	16CC+25 días	91 días	sáb 12/10/13	lun 11/11/13
18	CIV-A-1.15 Suministro y colocación de material de filtro	17CC+25 días	20 días	dom 20/10/13	dom 27/10/13
19	CIV-A-1.16 Geotextil no tejido punzonado con agujas para control de erosión	18CC+25 días	560 días	mar 29/10/13	sáb 03/05/14
20	CIV-A-1.17 Acarreo de materiales	5CC	659 días	lun 10/06/13	jue 16/01/14
21	MURO DE HORMIGON	3CC+60 días	2010 días	dom 30/06/13	vie 01/05/15
22	CIV-A-2.1 Replanteo y nivelación	24	177 días	lun 01/07/13	jue 29/08/13
23	CIV-A-2.2 Desbroce, Desbosque y limpieza		2 días	dom 30/06/13	lun 01/07/13
24	CIV-A-2.3 Retiro y acopio de capa vegetal	23	2 días	lun 01/07/13	lun 01/07/13
25	CIV-A-2.4 Excavación a máquina, en tierra, en seco para estructuras	22	98 días	jue 29/08/13	mar 01/10/13

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-16.- Componente de Obras Civiles – Duración Ofertada.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
0	PROYECTO BULUBULU CAÑAR SENAGUA TESIS		3996 días	lun 10/06/13	mié 01/02/17
1	OBRAS CIVILES		3996 días	lun 10/06/13	mié 01/02/17
2	OBRAS DE PROTECCIÓN EN RÍOS		3168 días	lun 10/06/13	dom 01/05/16
3	DIQUES		2253 días	lun 10/06/13	mié 01/07/15
4	CIV-A-1.1 Replanteo y nivelación lineal	6CC+15 días	1 día	jue 20/06/13	jue 20/06/13
5	CIV-A-1.2 Desbroce, Desbosque y limpieza		11 días	lun 10/06/13	vie 14/06/13
6	CIV-A-1.3 Retiro y acopio de capa vegetal	5CC+15 días	48 días	sáb 15/06/13	lun 01/07/13
7	CIV-A-1.4 Conformación y compactación de subrasante	4CC+30 días	114 días	dom 30/06/13	mié 07/08/13
8	CIV-A-1.5 Relleno con material de banco local; incluye excavación, material y compactación, no se paga transporte.	7	138 días	mié 07/08/13	dom 22/09/13
9	CIV-A-1.6 Relleno con material importado de canteras; incluye material, explotación y compactación, no incluye transporte.	8CC+15 días	2000 días	lun 12/08/13	mié 10/06/15
10	CIV-A-1.7 Protección de taludes con capa vegetal excavada	9CC+40 días	500 días	dom 25/08/13	sáb 08/02/14
11	CIV-A-1.8 Protección de taludes con capa vegetal y pasto	10CC+40 días	738 días	dom 08/09/13	lun 12/05/14
12	CIV-A-1.9 Excavación a máquina, en tierra, con presencia de agua	11CC+40 días	225 días	sáb 21/09/13	jue 05/12/13
13	CIV-A-1.10 Excavación a máquina, en tierra, en seco	12CC+20 días	450 días	sáb 28/09/13	mar 25/02/14
14	CIV-A-1.11 Excavación a mano, en tierra	13CC+28 días	280 días	lun 07/10/13	mié 08/01/14
15	CIV-A-1.12 Enrocado de protección de talud, D=700mm, no incluye transporte de material.	14CC+8 días	1267 días	jue 10/10/13	sáb 06/12/14
16	CIV-A-1.13 Enrocado de protección de talud, D=900mm, no incluye transporte de material.	15CC	448 días	jue 10/10/13	sáb 08/03/14
17	CIV-A-1.14 Relleno con material de mejoramiento, no incluye transporte de material	16CC+25 días	795 días	vie 18/10/13	jue 10/07/14
18	CIV-A-1.15 Suministro y colocación de material de filtro	17CC+25 días	25 días	sáb 26/10/13	lun 04/11/13
19	CIV-A-1.16 Geotextil no tejido punzonado con agujas para control de erosión	18CC+25 días	595 días	lun 04/11/13	mié 21/05/14
20	CIV-A-1.17 Acarreo de materiales	5CC	2253 días	lun 10/06/13	mié 01/07/15
21	MURO DE HORMIGON	3CC+60 días	3108 días	dom 30/06/13	dom 01/05/16
22	CIV-A-2.1 Replanteo y nivelación	24	254 días	lun 01/07/13	mar 24/09/13
23	CIV-A-2.2 Desbroce, Desbosque y limpieza		1 día	dom 30/06/13	dom 30/06/13
24	CIV-A-2.3 Retiro y acopio de capa vegetal	23	3 días	dom 30/06/13	lun 01/07/13
25	CIV-A-2.4 Excavación a máquina, en tierra, en seco para estructuras	22	617 días	mar 24/09/13	vie 18/04/14

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-17.- Componente de Obras Civiles – Duración Promedio.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin	
272	ARQ	▫ OBRAS ARQUITECTÓNICAS (EQUIPAMIENTO)	1CC+1500 días	1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
273	ARQ-A	▫ DERIVADORA LAS MARAVILLAS		1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
274	ARQ-A-1	▫ PATIO DE MANIOBRAS 1		1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
275	ARQ-A-1.1	▫ CIRCULACIÓN - PISOS		38 días	jue 23/10/14	mié 05/11/14
276	ARQ-A-1.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	281CC	36 días	jue 23/10/14	mar 04/11/14
277	ARQ-A-1.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	281CC	3 días	jue 23/10/14	vie 24/10/14
278	ARQ-A-1.1.3	Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 (para adoquín)	277CC+5 días	33 días	sáb 25/10/14	mié 05/11/14
279	ARQ-A-1.1.4	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	278CC+5 días	1 día	dom 26/10/14	lun 27/10/14
280	ARQ-A-1.1.5	Tachos de basura de acero inoxidable	279CC+5 días	1 día	mar 28/10/14	mar 28/10/14
281	ARQ-A-1.1.6	Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 para acera		30 días	jue 23/10/14	dom 02/11/14
282	ARQ-A-1.2	▫ ÁREAS VERDES	275CC+100 días	52 días	mar 25/11/14	sáb 13/12/14
283	ARQ-A-1.2.1	Tierra vegetal	287CC	52 días	mar 25/11/14	sáb 13/12/14
284	ARQ-A-1.2.2	Suministro y colocación de césped o pasto	283CC+5 días	18 días	jue 27/11/14	mié 03/12/14
285	ARQ-A-1.2.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales h= 30 cm.	284CC+5 días	1 día	sáb 29/11/14	sáb 29/11/14
286	ARQ-A-1.2.4	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen arboles)	285CC+5 días	1 día	dom 30/11/14	lun 01/12/14
287	ARQ-A-1.2.5	Bordillo de jardinera		3 días	mar 25/11/14	mié 26/11/14
288	ARQ-A-1.3	▫ CERRAMIENTO	282CC	183 días	sáb 01/11/14	jue 01/01/15
289	ARQ-A-1.3.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.70 m. Incluye(malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 1/2 con base de hormigón , pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte y accesorios de sujeción)		30 días	sáb 22/11/14	mar 02/12/14
290	ARQ-A-1.3.2	Suministro e instalación de puerta de ingreso doble hoja de 2.7 x 6.00 m incluye (perfiles tubulares 2 1/2 e=3mm. , malla electrosoldada, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción)	289CC+8 días	2 días	mar 25/11/14	mar 25/11/14
291	ARQ-A-1.4	▫ TANQUE DE COMBUSTIBLE	288	33 días	jue 01/01/15	lun 12/01/15
292	ARQ-A-1.4.1	Excavación a mano, en tierra		5 días	jue 01/01/15	sáb 03/01/15
293	ARQ-A-1.4.2	Hormigón fc 140 kg/cm2	294CC+8 días	1 día	lun 05/01/15	mar 06/01/15

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-18.- Componente de Equipamiento – Duración Ofertada.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin	
272	ARQ	▫ OBRAS ARQUITECTÓNICAS (EQUIPAMIENTO)	1CC+1500 días	1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
273	ARQ-A	▫ DERIVADORA LAS MARAVILLAS		1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
274	ARQ-A-1	▫ PATIO DE MANIOBRAS 1		1306,13 días	jue 23/10/14	vie 01/01/16
275	ARQ-A-1.1	▫ CIRCULACIÓN - PISOS		41 días	jue 23/10/14	jue 06/11/14
276	ARQ-A-1.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	281CC	23 días	jue 23/10/14	vie 31/10/14
277	ARQ-A-1.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	281CC	2 días	jue 23/10/14	vie 24/10/14
278	ARQ-A-1.1.3	Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 (para adoquín)	277CC+5 días	23 días	sáb 25/10/14	sáb 01/11/14
279	ARQ-A-1.1.4	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	278CC+5 días	1 día	dom 26/10/14	lun 27/10/14
280	ARQ-A-1.1.5	Tachos de basura de acero inoxidable	279CC+5 días	1 día	mar 28/10/14	mar 28/10/14
281	ARQ-A-1.1.6	Bordillo de hormigón f'c = 210 kg/cm2 para acera		41 días	jue 23/10/14	jue 06/11/14
282	ARQ-A-1.2	▫ ÁREAS VERDES	275CC+100 días	53 días	mar 25/11/14	sáb 13/12/14
283	ARQ-A-1.2.1	Tierra vegetal	287CC	53 días	mar 25/11/14	sáb 13/12/14
284	ARQ-A-1.2.2	Suministro y colocación de césped o pasto	283CC+5 días	23 días	jue 27/11/14	vie 05/12/14
285	ARQ-A-1.2.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales h= 30 cm.	284CC+5 días	1 día	sáb 29/11/14	sáb 29/11/14
286	ARQ-A-1.2.4	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen arboles)	285CC+5 días	2 días	dom 30/11/14	lun 01/12/14
287	ARQ-A-1.2.5	Bordillo de jardinera		4 días	mar 25/11/14	jue 27/11/14
288	ARQ-A-1.3	▫ CERRAMIENTO	282CC	183 días	sáb 01/11/14	jue 01/01/15
289	ARQ-A-1.3.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.70 m. Incluye(malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 1/2 con base de hormigón , pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte y accesorios de sujeción)		33 días	sáb 22/11/14	mié 03/12/14
290	ARQ-A-1.3.2	Suministro e instalación de puerta de ingreso doble hoja de 2.7 x 6.00 m incluye (perfiles tubulares 2 1/2 e=3mm. , malla electrosoldada, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción)	289CC+8 días	2 días	mar 25/11/14	mar 25/11/14
291	ARQ-A-1.4	▫ TANQUE DE COMBUSTIBLE	288	67 días	jue 01/01/15	vie 23/01/15
292	ARQ-A-1.4.1	Excavación a mano, en tierra		67 días	jue 01/01/15	vie 23/01/15
293	ARQ-A-1.4.2	Hormigón fc 140 kg/cm2	294CC+8 días	1 día	lun 05/01/15	mar 06/01/15

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-19.- Componente de Equipamiento – Duración Promedio.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
443	ELEC	▫ OBRAS ELÉCTRICAS	1440 días	lun 08/09/14	vie 01/01/16
444	ELEC-A	▫ CENTRO DE CONTROL SCADA	185 días	lun 08/09/14	dom 09/11/14
445	ELEC-A-1	▫ TABLEROS	5 días	lun 08/09/14	mié 10/09/14
446	ELEC-A-1.1	Sum. e Inst. Tablero de distribución alimentación TD01	1 día	lun 08/09/14	lun 08/09/14
447	ELEC-A-2	▫ TUBERÍAS, CANALES Y CABLES ELÉCTRICOS Y DE TELECOMUNICACIONES	445CC+30 días	37,13 días	jue 18/09/14 mar 30/09/14
448	ELEC-A-2.1	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1/2, Inc. Accesorios	1 día	jue 18/09/14	jue 18/09/14
449	ELEC-A-2.2	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=3/4, Inc. Accesorios	448	jue 18/09/14	vie 19/09/14
450	ELEC-A-2.3	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1, Inc. Accesorios	449	vie 19/09/14	vie 19/09/14
451	ELEC-A-2.4	Sum. e Inst. Canaleta PVC cableado estructurado 2 x 1/2, Inc. Accesorios	450	vie 19/09/14	vie 19/09/14
452	ELEC-A-2.5	Sum. e Inst. Cable trenzado tipo UTP Cat. 5e, Inc. conectores RJ45	451	vie 19/09/14	sáb 20/09/14
453	ELEC-A-2.6	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 14 AWG	452	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
454	ELEC-A-2.7	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 12 AWG	453	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
455	ELEC-A-2.8	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 10 AWG	454	sáb 20/09/14	dom 21/09/14
456	ELEC-A-2.9	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 8 AWG	455	dom 21/09/14	dom 21/09/14
457	ELEC-A-3	▫ EQUIPOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA	447CC+30 días	14 días	dom 28/09/14 vie 03/10/14
458	ELEC-A-3.1	Sum. e Inst. Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36 W, 120 Vac, incluye luminaria.	1 día	dom 28/09/14	dom 28/09/14
459	ELEC-A-3.2	Sum. e Inst. Interruptor simple de placa 10 A, 250 Vac	458	dom 28/09/14	lun 29/09/14
460	ELEC-A-3.3	Sum. e Inst. Toma monofásico doble polarizado de placa 15 A, 250 Vac	459	lun 29/09/14	lun 29/09/14
461	ELEC-A-3.4	Sum. e Inst. Toma de datos RJ45 de placa	460	lun 29/09/14	lun 29/09/14
462	ELEC-A-4	▫ MALLA DE PUESTA A TIERRA_MPT	457CC+30 días	14 días	mié 08/10/14 lun 13/10/14
463	ELEC-A-4.1	Sum. e Inst. Conductor de cobre electrolítico 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	1 día	mié 08/10/14	mié 08/10/14
464	ELEC-A-4.2	Sum. e Inst. Varilla copperweld de 1,8 metros de longitud	463	mié 08/10/14	jue 09/10/14
465	ELEC-A-4.3	Sum. e Inst. Suelda exotérmica tipo cadweld, incluye accesorios de conexión	464	jue 09/10/14	jue 09/10/14

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-20.- Componente Eléctrico – Duración Ofertada.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
443	ELEC	▫ OBRAS ELÉCTRICAS	1713 días	lun 08/09/14	vie 01/04/16
444	ELEC-A	▫ CENTRO DE CONTROL SCADA	185 días	lun 08/09/14	dom 09/11/14
445	ELEC-A-1	▫ TABLEROS	5 días	lun 08/09/14	mié 10/09/14
446	ELEC-A-1.1	Sum. e Inst. Tablero de distribución alimentación TD01	3 días	lun 08/09/14	mar 09/09/14
447	ELEC-A-2	▫ TUBERÍAS, CANALES Y CABLES ELÉCTRICOS Y DE TELECOMUNICACIONES	445CC+30 días	37,13 días	jue 18/09/14 mar 30/09/14
448	ELEC-A-2.1	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1/2, Inc. Accesorios	3 días	jue 18/09/14	vie 19/09/14
449	ELEC-A-2.2	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=3/4, Inc. Accesorios	448	vie 19/09/14	sáb 20/09/14
450	ELEC-A-2.3	Sum. e Inst. Tubería EMT Conduit d=1, Inc. Accesorios	449	sáb 20/09/14	dom 21/09/14
451	ELEC-A-2.4	Sum. e Inst. Canaleta PVC cableado estructurado 2 x 1/2, Inc. Accesorios	450	dom 21/09/14	lun 22/09/14
452	ELEC-A-2.5	Sum. e Inst. Cable trenzado tipo UTP Cat. 5e, Inc. conectores RJ45	451	lun 22/09/14	mar 23/09/14
453	ELEC-A-2.6	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 14 AWG	452	mar 23/09/14	mié 24/09/14
454	ELEC-A-2.7	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 12 AWG	453	mié 24/09/14	jue 25/09/14
455	ELEC-A-2.8	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 10 AWG	454	jue 25/09/14	vie 26/09/14
456	ELEC-A-2.9	Sum. e Inst. Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60 °C, calibre 8 AWG	455	vie 26/09/14	sáb 27/09/14
457	ELEC-A-3	▫ EQUIPOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA	447CC+30 días	14 días	dom 28/09/14 vie 03/10/14
458	ELEC-A-3.1	Sum. e Inst. Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36 W, 120 Vac, incluye luminaria.	3 días	dom 28/09/14	lun 29/09/14
459	ELEC-A-3.2	Sum. e Inst. Interruptor simple de placa 10 A, 250 Vac	458	lun 29/09/14	mar 30/09/14
460	ELEC-A-3.3	Sum. e Inst. Toma monofásico doble polarizado de placa 15 A, 250 Vac	459	mar 30/09/14	mié 01/10/14
461	ELEC-A-3.4	Sum. e Inst. Toma de datos RJ45 de placa	460	mié 01/10/14	jue 02/10/14
462	ELEC-A-4	▫ MALLA DE PUESTA A TIERRA_MPT	457CC+30 días	14 días	mié 08/10/14 lun 13/10/14
463	ELEC-A-4.1	Sum. e Inst. Conductor de cobre electrolítico 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	3 días	mié 08/10/14	jue 09/10/14
464	ELEC-A-4.2	Sum. e Inst. Varilla copperweld de 1,8 metros de longitud	463	jue 09/10/14	vie 10/10/14
465	ELEC-A-4.3	Sum. e Inst. Suelda exotérmica tipo cadweld, incluye accesorios de conexión	464	vie 10/10/14	sáb 11/10/14

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-21.- Componente Eléctrico – Duración Promedio.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin	
714	MEC					
	▫ MECÁNICO Y EQUIPAMIENTO		162 días	lun 08/06/15	sáb 01/08/15	
715	MEC-A					
	▫ DERIVADORA LAS MARAVILLAS		108 días	lun 08/06/15	mar 14/07/15	
716	MEC-A-1					
	▫ DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO		70 días	lun 08/06/15	mié 01/07/15	
717	MEC-A-1.1					
	Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado		38 días	lun 08/06/15	dom 21/06/15	
718	MEC-A-1.2					
	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	717CC+15 días	15 días	sáb 13/06/15	jue 18/06/15	
719	MEC-A-1.3					
	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	718CC+20 días	15 días	sáb 20/06/15	jue 25/06/15	
720	MEC-A-1.4					
	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días	10 días	dom 28/06/15	mié 01/07/15	
721	MEC-A-1.5					
	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	717CC+10 días	1 día	jue 11/06/15	vie 12/06/15	
722	MEC-A-2					
	▫ INSTALACIÓN		716CC+250 días	58 días	jue 25/06/15	mar 14/07/15
723	MEC-A-2.1					
	Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado		38 días	jue 25/06/15	mar 07/07/15	
724	MEC-A-2.2					
	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	723CC+15 días	15 días	mar 30/06/15	dom 05/07/15	
725	MEC-A-2.3					
	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	724CC+20 días	15 días	lun 06/07/15	sáb 11/07/15	
726	MEC-A-2.4					
	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días	10 días	dom 28/06/15	mié 01/07/15	

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-22.- Componente Mecánico – Duración Ofertada.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin	
714	MEC					
	▫ MECÁNICO Y EQUIPAMIENTO		162 días	lun 08/06/15	sáb 01/08/15	
715	MEC-A					
	▫ DERIVADORA LAS MARAVILLAS		130 días	lun 08/06/15	mar 21/07/15	
716	MEC-A-1					
	▫ DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO		72 días	lun 08/06/15	jue 02/07/15	
717	MEC-A-1.1					
	Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado		49 días	lun 08/06/15	mié 24/06/15	
718	MEC-A-1.2					
	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	717CC+15 días	22 días	sáb 13/06/15	sáb 20/06/15	
719	MEC-A-1.3					
	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	718CC+20 días	19 días	sáb 20/06/15	vie 26/06/15	
720	MEC-A-1.4					
	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días	12 días	dom 28/06/15	jue 02/07/15	
721	MEC-A-1.5					
	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	717CC+10 días	1 día	jue 11/06/15	vie 12/06/15	
722	MEC-A-2					
	▫ INSTALACIÓN		716CC+250 días	80 días	jue 25/06/15	mar 21/07/15
723	MEC-A-2.1					
	Compuerta radial completa incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado		54 días	jue 25/06/15	lun 13/07/15	
724	MEC-A-2.2					
	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	723CC+15 días	22 días	mar 30/06/15	mar 07/07/15	
725	MEC-A-2.3					
	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	724CC+20 días	19 días	lun 06/07/15	lun 13/07/15	
726	MEC-A-2.4					
	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	719CC+25 días	12 días	dom 28/06/15	jue 02/07/15	

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-23.- Componente Mecánico – Duración Promedio.

EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
733	AMB		2898 días	lun 10/06/13	lun 01/02/16
	▫ AMBIENTAL				
734	AMB-A		17 días	lun 10/06/13	dom 16/06/13
	▫ FASE PREVIA				
735	AMB-A-1		2 días	jue 13/06/13	vie 14/06/13
	Charlas de concientización	736			
736	AMB-A-2		10 días	lun 10/06/13	jue 13/06/13
	Comunicación Masiva				
737	AMB-A-3		3 días	vie 14/06/13	sáb 15/06/13
	Tripticos	735			
738	AMB-B		708 días	lun 08/07/13	sáb 01/03/14
	▫ FASE DE CONSTRUCCIÓN				
739	AMB-B-1		27 días	lun 08/07/13	mié 17/07/13
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS PARA PROTEGER LOS CUERPOS DE AGUA, ARRASTRE DE SEDIMENTOS				
740	AMB-B-1.1		21 días	lun 08/07/13	lun 15/07/13
	Fosa séptica (2x1.5x2 m)				
741	AMB-B-1.2		1 día	mar 16/07/13	mar 16/07/13
	Trampa de grasa pequeña (A=3,00 x b=4,00 x h=2.5 m)	742			
742	AMB-B-1.3		21 días	mar 09/07/13	mar 16/07/13
	Fosa para Desechos Sólidos Especiales (A=2,00 x b=2,00 x h=1.5 m)	740CC+2 días			
743	AMB-B-1.4		2 días	mar 16/07/13	mié 17/07/13
	Baño Seco	741			
744	AMB-B-1.5		1 día	mié 17/07/13	mié 17/07/13
	Cubetos	743			
745	AMB-B-2		19 días	lun 08/07/13	dom 14/07/13
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS				
746	AMB-B-2.1		14 días	lun 08/07/13	sáb 13/07/13
	Medición de Ruido de Maquinaria y vehículos				
747	AMB-B-2.2		14 días	mié 10/07/13	dom 14/07/13
	Medición de Ruido Ambiente	746CC+5 días			
748	AMB-B-2.3		9 días	jue 11/07/13	dom 14/07/13
	Medición de gases de maquinaria y vehículos	747CC+5 días			
749	AMB-B-2.4		3 días	sáb 13/07/13	dom 14/07/13
	Mediciones de calidad del aire (PM10, PM2.5, SO2, NO2) durante 24 horas	748CC+5 días			
750	AMB-B-3		617 días	lun 08/07/13	jue 30/01/14
	▫ PLAN DE SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y CONTINGENCIAS				
751	AMB-B-3.1		1 día	lun 08/07/13	lun 08/07/13
	Botiquín de primeros auxilios equipado				
752	AMB-B-3.2		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido Fumar	751			
753	AMB-B-3.3		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativo de Agua no Potable	752CC			
754	AMB-B-3.4		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativo de Prohibido entrada a Persona no Autorizada	753CC			
755	AMB-B-3.5		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido permanecer en el Radio de Acción de la Maquinaria	754CC			
756	AMB-B-3.6		2 días	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal Riesgo de incendio materiales inflamables	755CC			
757	AMB-B-3.7		5 días	lun 08/07/13	mié 10/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Máquina Pesada en movimiento	756CC			

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-24.- Componente Ambiental – Duración Ofertada.

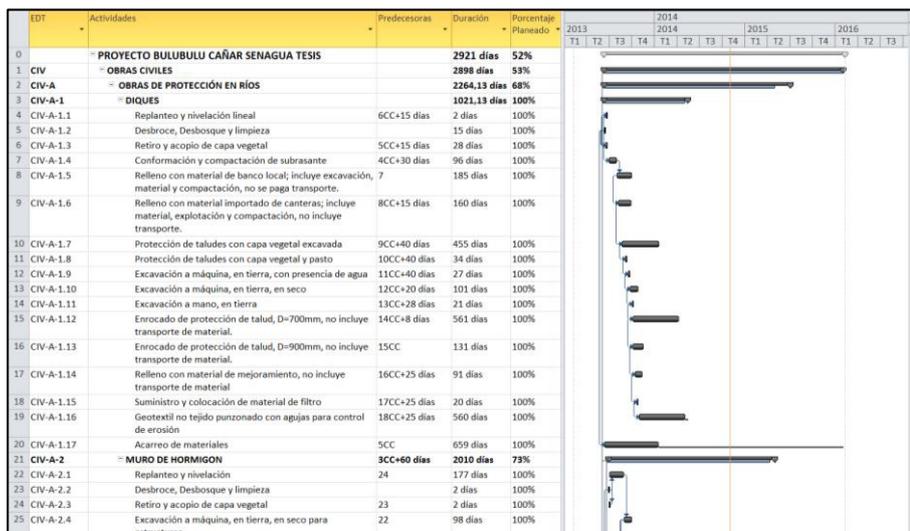
EDT	Actividades	Predecesoras	Duración	Comienzo	Fin
733	AMB		3996 días	lun 10/06/13	mié 01/02/17
	▫ AMBIENTAL				
734	AMB-A		24 días	lun 10/06/13	mar 18/06/13
	▫ FASE PREVIA				
735	AMB-A-1		4 días	sáb 15/06/13	dom 16/06/13
	Charlas de concientización	736			
736	AMB-A-2		15 días	lun 10/06/13	sáb 15/06/13
	Comunicación Masiva				
737	AMB-A-3		4 días	dom 16/06/13	mar 18/06/13
	Tripticos	735			
738	AMB-B		708 días	lun 08/07/13	sáb 01/03/14
	▫ FASE DE CONSTRUCCIÓN				
739	AMB-B-1		87 días	lun 08/07/13	mar 06/08/13
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS PARA PROTEGER LOS CUERPOS DE AGUA, ARRASTRE DE SEDIMENTOS				
740	AMB-B-1.1		34 días	lun 08/07/13	vie 19/07/13
	Fosa séptica (2x1.5x2 m)				
741	AMB-B-1.2		2 días	sáb 20/07/13	dom 21/07/13
	Trampa de grasa pequeña (A=3,00 x b=4,00 x h=2.5 m)	742			
742	AMB-B-1.3		34 días	mar 09/07/13	sáb 20/07/13
	Fosa para Desechos Sólidos Especiales (A=2,00 x b=2,00 x h=1.5 m)	740CC+2 días			
743	AMB-B-1.4		3 días	dom 21/07/13	lun 22/07/13
	Baño Seco	741			
744	AMB-B-1.5		1 día	lun 22/07/13	lun 22/07/13
	Cubetos	743			
745	AMB-B-2		18 días	lun 08/07/13	dom 14/07/13
	▫ PROGRAMA DE MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS				
746	AMB-B-2.1		11 días	lun 08/07/13	vie 12/07/13
	Medición de Ruido de Maquinaria y vehículos				
747	AMB-B-2.2		11 días	mié 10/07/13	sáb 13/07/13
	Medición de Ruido Ambiente	746CC+5 días			
748	AMB-B-2.3		7 días	jue 11/07/13	dom 14/07/13
	Medición de gases de maquinaria y vehículos	747CC+5 días			
749	AMB-B-2.4		3 días	sáb 13/07/13	dom 14/07/13
	Mediciones de calidad del aire (PM10, PM2.5, SO2, NO2) durante 24 horas	748CC+5 días			
750	AMB-B-3		703 días	lun 08/07/13	jue 27/02/14
	▫ PLAN DE SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y CONTINGENCIAS				
751	AMB-B-3.1		1 día	lun 08/07/13	lun 08/07/13
	Botiquín de primeros auxilios equipado				
752	AMB-B-3.2		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido Fumar	751			
753	AMB-B-3.3		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativo de Agua no Potable	752CC			
754	AMB-B-3.4		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativo de Prohibido entrada a Persona no Autorizada	753CC			
755	AMB-B-3.5		1 día	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Prohibido permanecer en el Radio de Acción de la Maquinaria	754CC			
756	AMB-B-3.6		2 días	lun 08/07/13	mar 09/07/13
	Sum. y colocación Señal Riesgo de incendio materiales inflamables	755CC			
757	AMB-B-3.7		5 días	lun 08/07/13	mié 10/07/13
	Sum. y colocación Señal informativa de Máquina Pesada en movimiento	756CC			

Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-25.- Componente Ambiental – Duración Promedio.

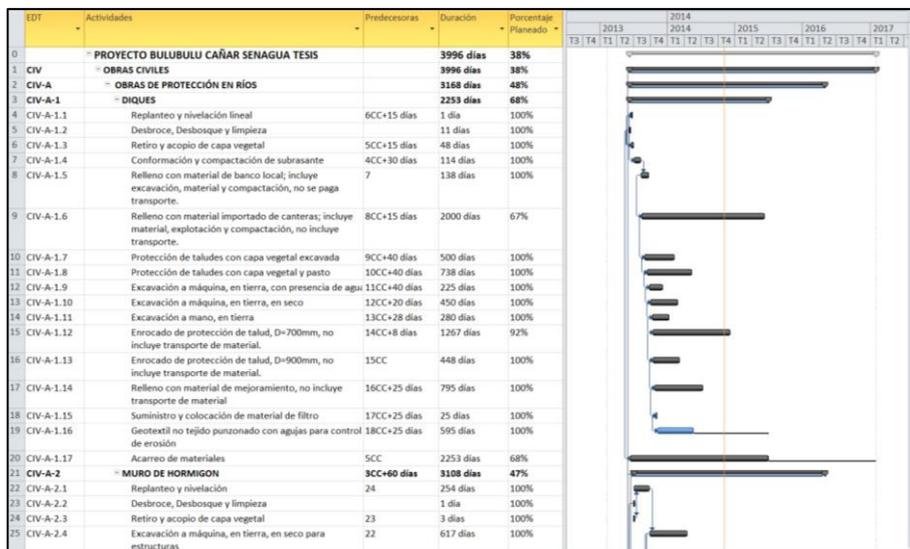
4.5.2 Cronograma de Actividades Valorado por el Microsoft Office Project 2010.

Luego de ingresar y vincular las actividades entre sí, asignar las duraciones obtenidas para cada actividad, el Microsoft Project calcula automáticamente el cronograma y la programación requerida, proporcionando información coherente y funcionando exactamente de acuerdo al avance de obra ejecutado, por medio de porcentajes completados se calcula la duración restante y real de una o más actividades actualizadas en el diagrama de Gantt como se muestra en las figuras 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 y 4.35 a continuación, en los Anexos XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV y XXXV se puede observar de manera completa el cronograma de todas las actividades en cada uno de los componentes del proyecto.



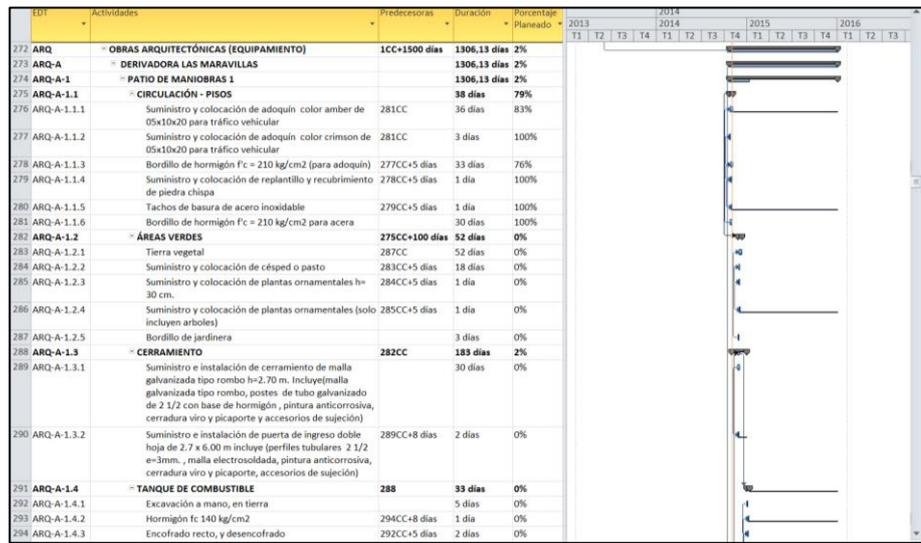
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-26.- Componente de Obras Civiles – Cronograma Ofertado.



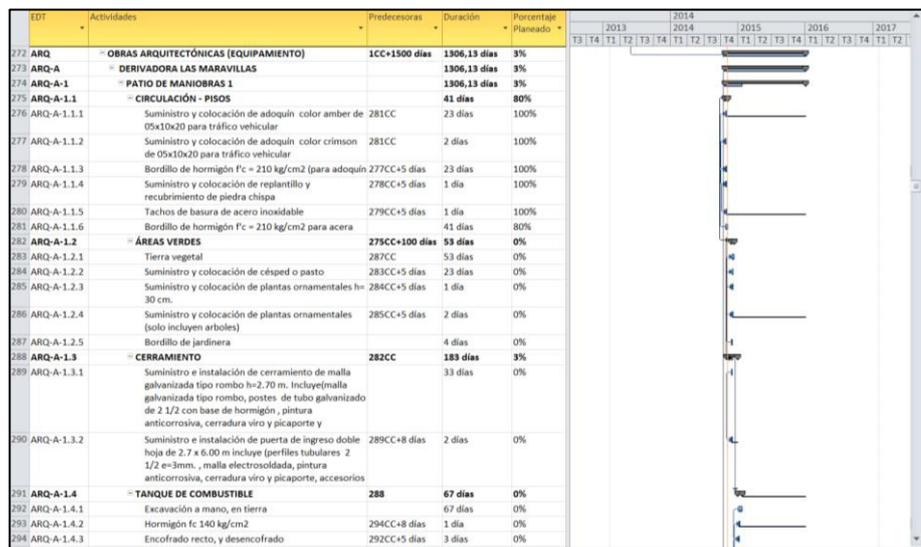
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-27.- Componente de Obras Civiles – Cronograma Promedio.



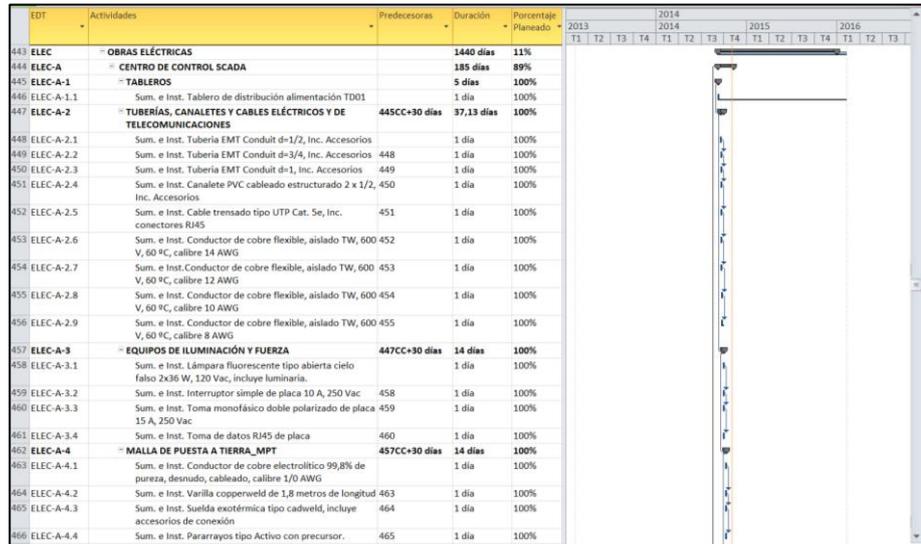
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-28.- Componente de Equipamiento – Cronograma Ofertado.



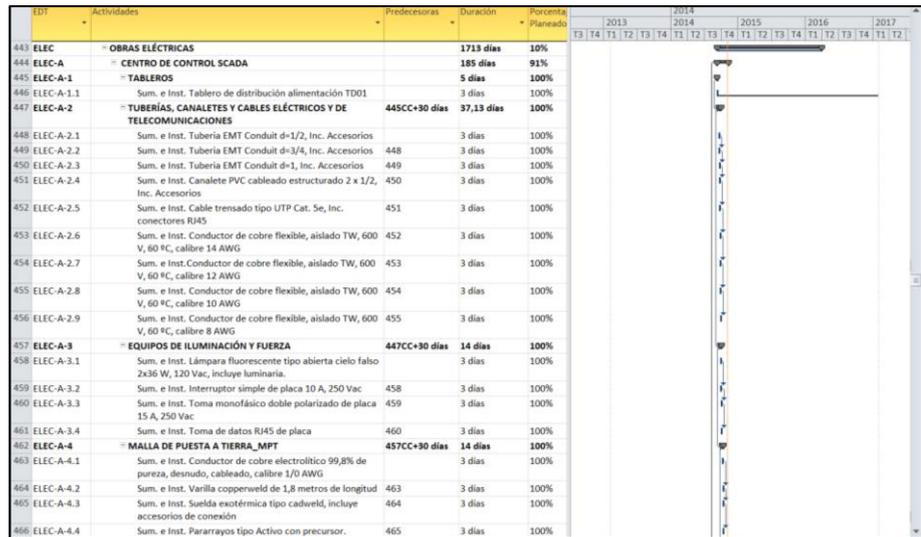
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-29.- Componente de Equipamiento – Cronograma Promedio.



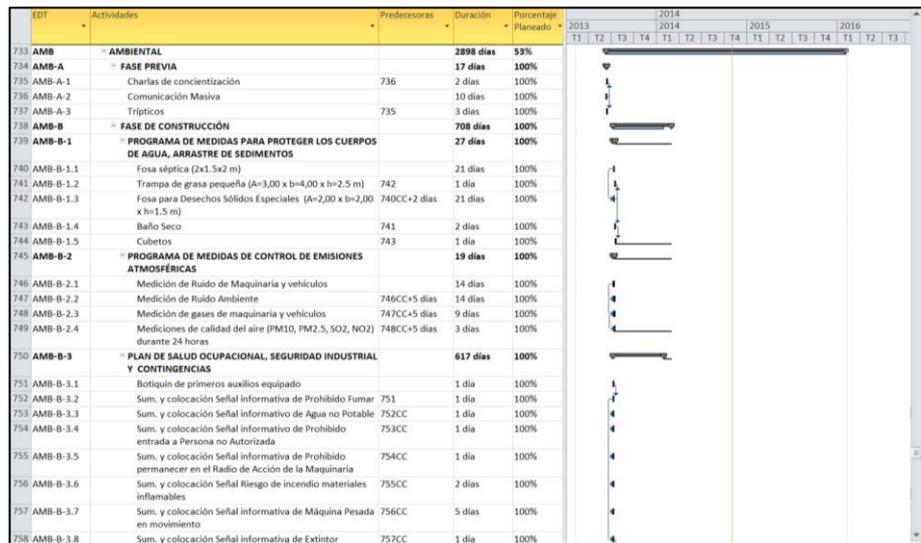
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-30.- Componente Eléctrico – Cronograma Ofertado.



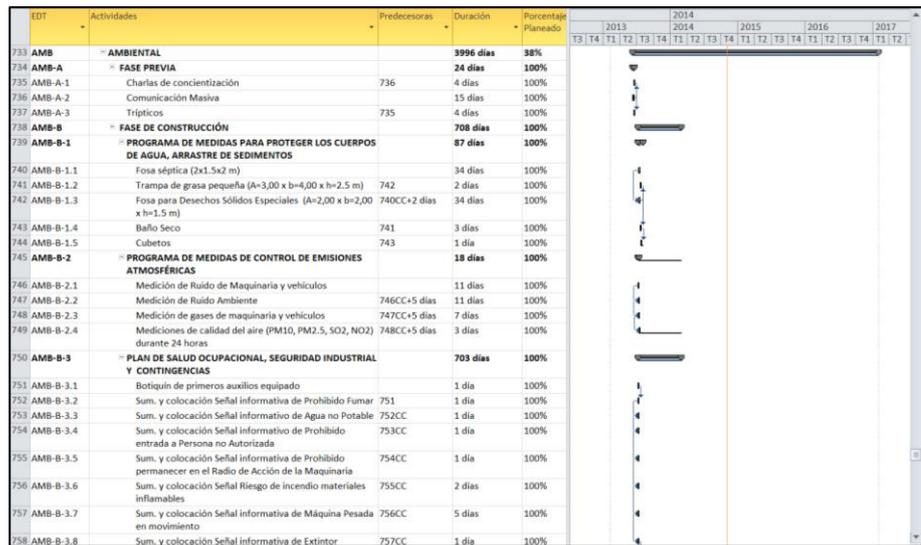
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-31.- Componente Eléctrico – Cronograma Promedio.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-34.- Componente Ambiental – Cronograma Ofertado.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 4-35.- Componente Ambiental – Cronograma Promedio.

Cabe recalcar que las duraciones ingresadas son reales, por lo tanto, el porcentaje calculado a la fecha es completado de manera real, para supervisar mejor la fecha de culminación de todo el proyecto, considerando las actividades críticas que dependen de los factores ocurrentes en obra.

4.6 ACTUALIZACION DEL AVANCE DE OBRA

Para continuar con la realización de este estudio de tesis, por medio de la empresa fiscalizadora ACSAM del Consorcio de la Universidad de Cuenca, se obtuvo el avance de ejecución de la obra actualizado al mes de octubre, para comparar el trabajo real completado y el cronograma elaborado con las duraciones y cantidades de obra proporcionada en el transcurso del desarrollo de la tesis para cada actividad de los componentes del proyecto.

A continuación se muestra mediante las figuras 4.36, 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40 el avance de obra actualizado de algunas actividades como resumen, proporcionado por la SENAGUA hasta el mes de octubre, ya que en los Anexos XXXVI, XXXVII, XXXVIII, XXXIX y XL se aprecian de forma completa las actividades de todos los componentes del proyecto.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-36.- Componente de Obras Civiles – Avance de Obra Actualizado.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-37.- Componente de Equipamiento – Avance de Obra Actualizado.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-38.- Componente Eléctrico – Avance de Obra Actualizado.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-39.- Componente Mecánico – Avance de Obra Actualizado.



Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Figura 4-40.- Componente Ambiental - Avance de Obra Actualizado.

Las actividades que a la fecha actual se encuentran incompletas, el Microsoft Project automáticamente se encargara de calcularlas hasta la fecha que se le asigne como fecha de culminación del proyecto, siendo este el tiempo total calculado en base a las duraciones obtenidas para cada componente.

Durante la visita técnica se observó que hasta el mes de octubre el avance de obra total del proyecto oscila entre el 60% - 65% de obra culminado, para el componente de Obras Civiles se calcula un avance del 70%, el componente de equipamiento posee un 25% de avance de obra, mientras que el componente eléctrico tiene un avance de obra del 25% sin considerar el cableado, en el

componente mecánico se estima un 35% de obras ejecutadas y en el componente ambiental se pudo observar que el 80% de las medidas y señalizaciones están colocadas en la obra como medidas de protección, además se comprobó que las charlas de concientización se han realizado con éxito y el control de polvo, material particulado y emisión de gases han sido controlados constantemente.

Capítulo 5

5. MODELO DE PROGRAMACIÓN PROBABILÍSTICO DEL PROYECTO “CONTROL DE INUNDACIONES DEL RÍO BULUBULU”

5.1 INVENTARIO DE DURACIONES TEÓRICAS, PROPUESTAS Y PROMEDIO DE LAS ACTIVIDADES

El proyecto de tesis en estudio, puede ser considerado como un sistema cuyo proceso no es determinista por lo que entra en la categoría de las simulaciones estocásticas, porque está constituido por acciones predecibles y aleatorias, ya que los tiempos de duración de cada actividad puede variar de acuerdo a los

factores de incidencia estudiados anteriormente y solo se conoce tiempos estimados con certeza.

A continuación se presentan las duraciones óptimas, duraciones promedios y duraciones pésimas ingresadas en el complemento del Microsoft Project que utilizaremos para determinar las funciones de probabilidad de cada actividad denominado Full Monte utilizando la distribución de Beta Pert.

5.1.1 Componente de Obras Civiles.

En la tabla XXII se muestra el número de rubro, descripción, unidad, duración óptima, promedio y pésima de algunas actividades en una unidad de días para ingresarlas en el complemento del Microsoft Project llamado Full Monte para obtener las funciones de probabilidad y el modelo de simulación total del proyecto del componente de obras civiles, en el Anexo XLI se muestra todas las actividades con sus respectivas duraciones en días.

Tabla XXII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
2.4.1.1	Desbroce, Desbosque y Limpieza	5	12	17	Días
63.4.1.1	Compuerta 2100x2100, Long. de vástago 5.4m	1	1	2	Días
41.4.1.2	Hormigón f'c 280 kg/cm ²	1429	1984	2649	Días
10.4.1.2	Pasamuro de Acero D=1100mm, e=10mm	3	3	4	Días
79.4.1.1	Viga de Hormigón Pretensado L=40m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	2	2	3	Días
79.4.1.4	Viga de Hormigón Pretensado L=11.15m, f'c=350 kg/cm ² y acero, incluye colocación.	3	4	4	Días
63.4.1.2	Compuerta plana deslizante 1500x1300mm	1	1	2	Días
81.4.1.1	Tuberías y Accesorios para descarga de riego	2	2	3	Días
1.4.1.2	Replanteo y Nivelación Lineal	177	229	302	Días
64.5.1.1	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta	5	6	6	Días
12.4.1.1	Evacuación de agua después de la excavación en forma permanente	6	6	7	Días

Continuación

Tabla XXII.- Componente de Obras Civiles

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
10.4.1.3	Pasamuro de acero D=1500mm, e=10mm	1	1	2	Días
38.4.1.8	Drenaje con tubo PVC rígido, C-20, D=4"	4	4	5	Días
62.4.1.1	Rotura de Pavimento Asfáltico	9	11	13	Días
41.4.1.1	Hormigón f'c 140 kg/cm ²	70	100	150	Días
50.4.1.1	Tope Sísmico, Hormigón f'c=280 kg/cm ²	1	1	2	Días
30.4.1.1	Compactación Dinámica	200	276	408	Días
22.4.1.1	Gaviones	16	19	27	Días
55.4.1.19	Peldaño 20mm de varilla de hierro	5	5	6	Días
41.4.1.3	Hormigón f'c=280 kg/cm ² , puente	101	187	269	Días

Fuente: (Elaborado por los Autores)

5.1.2 Componente de Equipamiento.

En la tabla XXIII se presentan algunas de las actividades con el número de rubro, descripción, unidad, duración óptima, promedio y pésima del componente de equipamiento y en el Anexo XLII el componente completo con las duraciones en días.

Tabla XXIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
48.4.1.1	Suministro y colocación de adoquín color amber de 05x10x20 para tráfico vehicular	22	27	36	Días
48.4.1.2	Suministro y colocación de adoquín color crimson de 05x10x20 para tráfico vehicular	1	2	3	Días
60.4.1.1	Bordillo de hormigón f'c=210 kg/cm ² (para adoquín)	10	13	17	Días
40.4.1.1	Suministro y colocación de replantillo y recubrimiento de piedra chispa	1	1	2	Días
55.4.1.8	Tachos de basura de acero inoxidable	1	1	2	Días
60.4.1.3	Bordillo de hormigón f'c=210 kg/cm ² para acera	30	37	41	Días
61.4.1.5	Tierra vegetal	48	53	59	Días

Continuación

Tabla XXIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
61.4.1.3	Suministro y colocación de plantas ornamentales (solo incluyen árboles)	1	1	2	Días
60.4.1.2	Bordillo de jardinera	3	4	4	Días
38.4.1.3	Excavación a mano, en tierra	21	24	29	Días
19.4.1.3	Relleno con material de sitio	1	1	2	Días
24.4.1.1	Encofrado recto, y desencofrado	2	3	4	Días
43.4.1.1	Junta de construcción PVC a=0,25 m	1	2	2	Días
44.4.1.1	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm ²	9	12	15	Días
55.4.1.1	Suministro e instalación de cerramiento de malla galvanizada tipo rombo h=2.7m, incluye (malla galvanizada tipo rombo, postes de tubo galvanizado de 2 ½” con base de hormigón, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción) remate de alambre de púas 3 hilos	29	32	38	Días

Continuación

Tabla XXIII.- Componente de Equipamiento

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
55.4.1.2	Suministro e instalación de puerta de ingreso doble hoja de 2.7x6.0 m, incluye (perfiles tubulares 2 ½" e=3mm, malla electrosoldada, pintura anticorrosiva, cerradura viro y picaporte, accesorios de sujeción)	2	2	3	Días
60.4.1.4	Bordillo f'c=210 kg/cm ²	2	3	3	Días
51.4.1.1	Enlucido	6	7	9	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

5.1.3 Componente Eléctrico.

En la siguiente tabla XXIV se muestra ciertas actividades como manera de resumen con el número de rubro, descripción, unidad, duración óptima, promedio y pésima, por lo que en el Anexo XLIII se tiene todas las actividades que forman parte del componente eléctrico con las duraciones en días.

Tabla XXIV.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
1.54	Suministro e Instalación de Tablero de distribución alimentación TD01	1	1	1,1	Días
1.63	Suministro e Instalación de Tubería EMT Conduit d=1/2'', Inc. Accesorios	1	1	1,1	Días
1.72	Suministro e Instalación Canaleta PVC cableado estructurado 2''x1/2'', Inc. Accesorios	1	1	1,1	Días
1.14	Suministro e Instalación Cable Trensado tipo UTP Cat. 5e, Inc. Conectores RJ45	1	2	3	Días
1.14.1	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 14 AWG	1	1	2	Días
1.14.2	Suministro e Instalación Conductor de cobre flexible, aislado TW, 600 V, 60°C, calibre 8 AWG	1	1	1,1	Días
1.29	Suministro e Instalación Lámpara fluorescente tipo abierta cielo falso 2x36w, 120Vac,, Inc. luminaria	1	1	2	Días
1.18	Suministro e Instalación Interruptor simple de placa 10A, 250Vac	1	1	1,1	Días

Continuación

Tabla XIV.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
1.59	Suministro e Instalación Toma monofásico doble polarizado de placa 15A, 250Vac	1	2	2	Días
1.74	Suministro e Instalación Toma de datos RJ45 de placa	1	1	1,1	Días
1.13	Suministro e Instalación Conductor de cobre electrolito 99,8% de pureza, desnudo, cableado, calibre 1/0 AWG	1	1	1,1	Días
1.65	Suministro e Instalación Varilla copperweld de 1,8 m de longitud.	1	1	1,1	Días
1.79	Suministro e Instalación Suelta exotérmica tipo cadweld, Inc. Accesorios de conexión	1	1	1,1	Días
1.36	Suministro e Instalación Pararrayos tipo activo con precursor	1	1	1,1	Días
1.75	Suministro e instalación de torre de vientos de 12 metros incluye arriostramientos y baliza LED	1	1	1,1	Días
1.54	Suministro e instalación de tablero de medición TM2Ø	1	1	1,1	Días

Continuación

Tabla XIV.- Componente Eléctrico

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
1.77	Suministro e instalación de puesta a tierra vehículos.	1	1	1,1	Días
1.81	Suministro e instalación de estructura UR (sin neutro)	1	1	2	Días
1.73	Suministro e instalación de tensor tipo TT en MT, no incluye excavación	1	1	1,1	Días
1.12	Suministro e instalación de conductor de aluminio reforzado tipo ACSR calibre N° 4 AWG	47	62	75	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

5.1.4 Componente Mecánico.

A continuación se detalla en la tabla XXV varias actividades con el número de rubro, descripción, unidad, duración óptima, promedio y pésima, además en el Anexo XLIV el resto de actividades para mayor información del componente con las duraciones en días.

Tabla XXV.- Componente Mecánico

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
1	Compuerta radial incluyendo todos los equipos relacionados, sistemas de apoyo y anclado	41	45	52	Días
2	Sistema de operación oleo hidráulico completa para operar la compuerta incluyendo equipos comunes a varias compuertas y sistema de mando y control y su conexión al sistema de control remoto del proyecto	15	20	25	Días
3	Juego completo de tableros de cierre incluyendo todas las guías y marcos a ser instaladas en cada luz de compuerta, marcos metálicos de cubiertas y las cubiertas, incluyendo también la viga de levantamiento	15	18	20	Días
4	Sistema completo de aire acondicionado del edificio de control y manejo	10	12	13	Días
5	Repuestos según los requisitos de las especificaciones técnicas	1	1	1,1,	Días
6	Válvula Hollow jet, (Howell Bungler) con su sistema de operación eléctrica y over-ride manual, con amortiguador de energía y contra bridas	19	24	30	Días

Fuente: (Elaborado por los Autores)

5.1.5 Componente Ambiental.

En la tabla XXVI se puede observar un resumen de las actividades que forman parte del componente ambiental con el número de rubro, descripción, unidad, duración óptima, promedio y pésima, pero en el Anexo XLV se aprecia todo el componente de manera completa y mejor detallada con duraciones en días, también mostrando las duraciones optimistas, promedio y pesimistas de cada actividad.

Tabla XXVI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	D _{Op}	D _{PFM}	D _P	Unidad
505009	Comunicación masiva	10	14	18	Días
505003	Trípticos	3	4	5	Días
506007	Fosa séptica 2x1.5x2 m	21	30	39	Días
506084	Trampa de grasa pequeña A=3 x b=4 x h=2.5 m	1	1	2	Días
506071	Fosa para desechos sólidos especiales A=2 x b=2 x h=1.5m	21	30	39	Días
506095	Baño seco	2	3	3	Días
506078	Cubetos	1	1	1,1	Días

Continuación

Tabla XXVI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
506001	Medición de ruido de maquinarias y vehículos	9	12	14	Días
506002	Medición de ruido ambiente	9	12	14	Días
506003	Medición de gases de maquinaria y vehículos	6	8	9	Días
506004	Mediciones de calidad de aire (PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂) durante 24 horas	2	3	3	Días
506081	Botiquín de primeros auxilios equipado	1	1	1,1	Días
507003	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido fumar	1	1	2	Días
507006	Suministro y colocación de señal informativa de agua no potable	1	1	2	Días
507008	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido a persona no autorizada	1	1	2	Días
507054	Suministro y colocación de señal informativa de prohibido permanecer en el radio de acción de la maquinaria	1	1	2	Días
507012	Suministro y colocación de señal riesgo de incendio materiales inflamables	2	2	2,1	Días

Continuación

Tabla XXVI.- Componente Ambiental

Rubro N°	Descripción	DOp	DPFM	DP	Unidad
507055	Suministro y colocación de señal informativa de maquina pesada en movimiento	5	5	6	Días
507056	Suministro y colocación de señal informativa de extintor	1	1	2	Días
506074	Comunicados radiales (cuñas de 45")	5	5	5,1	Días

Fuente: *(Elaborado por los Autores)*

Con la duración óptima, promedio y pésima ingresadas en el Full Monte en unidad de días, se determinan las funciones de probabilidad de cada una de las actividades de los componentes que forman parte del proyecto “Control de Inundaciones del río Bulubulu”.

5.2 DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD DE LAS ACTIVIDADES

Inicialmente se propuso para este estudio de tesis un proceso para encontrar un modelo de simulación estocástica que nos permita conocer mediante funciones

de probabilidad la duración de cada actividad que forma parte del proyecto y por ende el tiempo total de ejecución para culminar la obra.

El proceso de simulación se basa en la aplicación del complemento del Microsoft Project denominado Full Monte, mediante el cual se obtienen resultados muy eficientes, siendo éstos la base para un análisis probabilístico aplicado específicamente con un grado de confianza aproximadamente de 90% que dará seguridad al momento de obtener los resultados en la simulación del proyecto.

La función de probabilidad que predomina en el cálculo y programación de obras civiles por medio de diferentes software de programación de obras es la BetaPert [25], ya que es la forma de distribución que se basa en estimados de tiempo más probable, más optimista y más pesimista, proporcionando una medida de incertidumbre inherente en la actividad considerando al tiempo más probable como el tiempo requerido para completar cierta actividad en condiciones normales y a los tiempos optimistas y pesimistas como los tiempos estimados incluyendo los diferentes factores de ocurrencia en la obra como desperfectos de los equipos, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales, etc.

En el estudio de esta tesis el promedio integrado al software Full Monte se calcula a partir de las duraciones mínimas, máximas y promedio llamada también duración más probable, que es el tiempo correspondiente al promedio de las duraciones ofertadas, teórica 1 y teórica 2 para el componente de obras civiles, para los demás componentes será el promedio de las duraciones teórica 0, teórica 1 y teórica 2 según corresponda, siendo la media esperada el tiempo de finalización de cada actividad y posteriormente del proyecto total calculada considerando factores para cada duración optima, promedio y pésima, dividido entre 6, mientras que la desviación estándar será la resta algebraica de la duración optima y pésima respectivamente tomada de las duraciones antes mencionadas elevadas al cuadrado dividido entre 36 según sea el caso, tomando en cuenta el grado de incertidumbre y riesgo de la estimación, ya que el tiempo de la actividad es considerada como una variable aleatoria, por lo tanto, en la figura 5.1 se observa las fórmulas de aproximación para encontrar la media esperada y la desviación estándar de la distribución BetaPert para programación de obras civiles.

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{36}$$

Fuente: (*Diagrama Pert*) [24]

Figura 5-1.- Formulas de Media μ y Desviación Estándar σ para Distribución BetaPert.

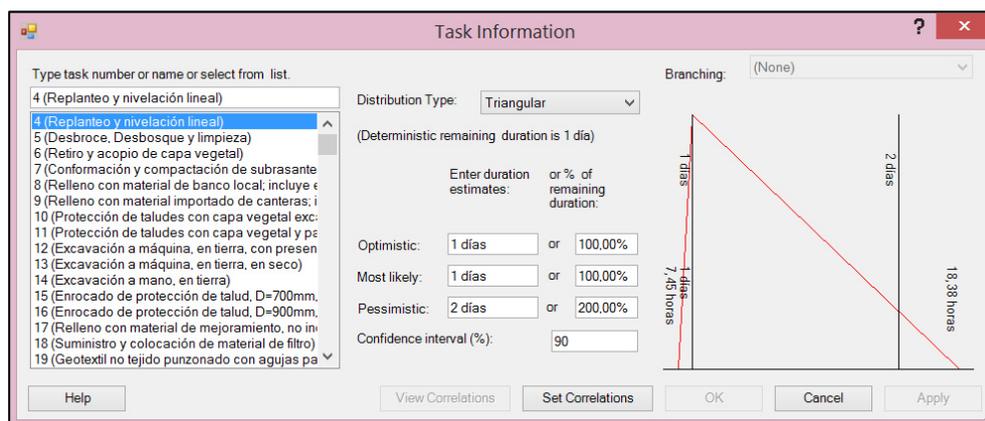
La distribución BetaPert suele pedir un estimado de grado de 95% de confianza como valor máximo [25], por lo que, para determinar las funciones de probabilidad de cada actividad se utilizará un grado de 90% de confianza como parámetro conservador.

Dentro de las actividades existen algunas que no se ajustan a la función de probabilidad BetaPert debido a la dispersión que existe entre la duración optima, promedio y pésima, por lo tanto, se opta por considerar a la distribución triangular como función alterna por su ajuste perfecto para dichas actividades con un grado de 90% de confianza, generando de esta manera una desviación estándar positiva apropiada para cada actividad como resultado de 1000 simulaciones dentro del software Full Monte establecidas para este estudio de tesis.

La importancia de un análisis de riesgo se basa en todas las decisiones de gestión que tienen que ver con el futuro de la obra teniendo una mayor o menor medida de incierto, incluso se podría decir que lo único cierto en una programación de proyectos es que se va a estar equivocado en el cálculo exacto de la duración total del proyecto, por lo tanto, las duraciones obtenidas son consideradas como estimadas, esperadas o aproximadas.

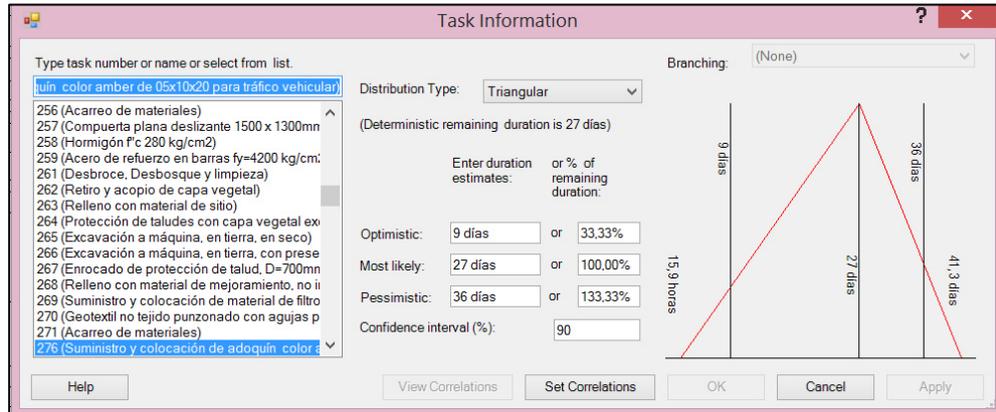
El tiempo esperado de finalización del proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica, del mismo modo, la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.

A continuación se ingresa la duración óptima, promedio y pésima en el complemento del Microsoft Project llamado Full Monte, para determinar las funciones de probabilidad correspondiente a cada una de las actividades que forman parte de los componentes del proyecto, ver en las figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 la función de probabilidad determinada para esa actividad, sin embargo, en el Anexo XLVI, XLVII, XLVIII, XLIX y L se presenta todas las funciones de probabilidad determinadas para cada una de las actividades del proyecto.



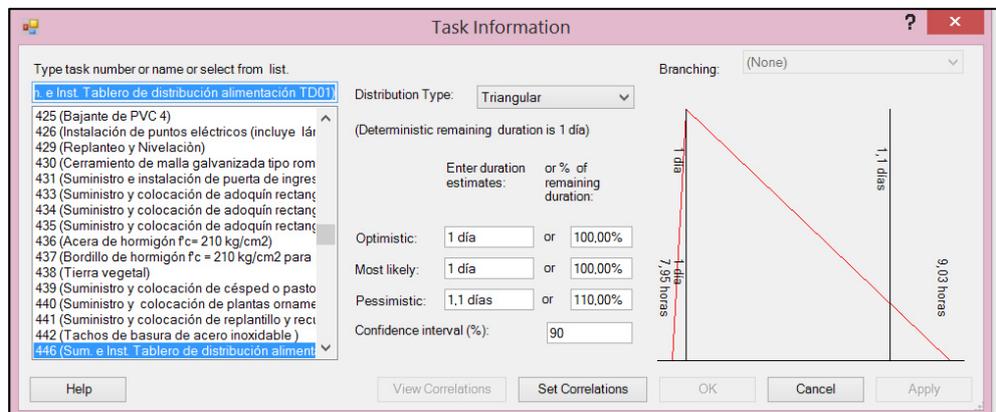
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-2.- Función de Probabilidad de Replanteo y Nivelación Lineal en Componente de Obras Civiles.



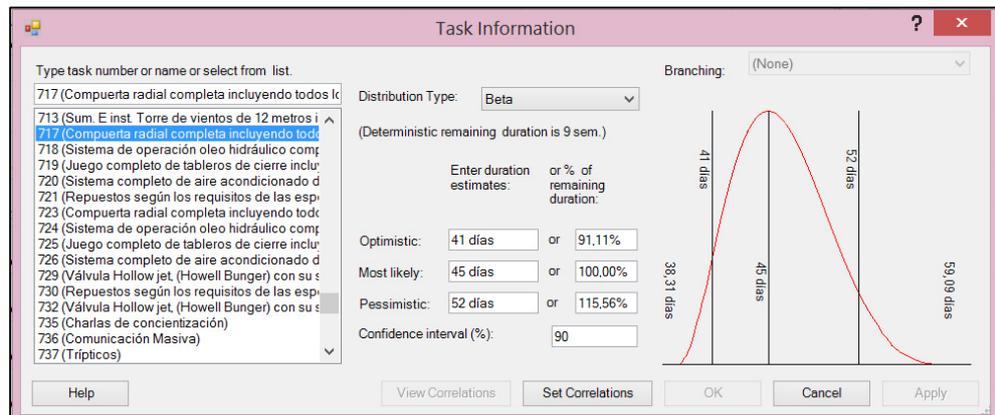
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-3.- Función de Probabilidad de Suministro y Colocación de Adoquín en Componente de Equipamiento.



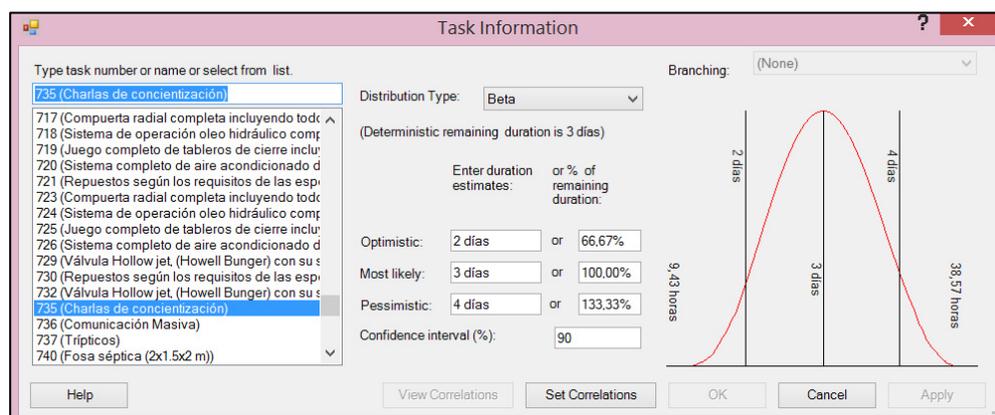
Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-4.- Función de Probabilidad de Suministro e Instalación de tablero de distribución en Componente Eléctrico.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-5.- Función de Probabilidad de Compuerta Radial completa en Componente Mecánico.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-6.- Función de Probabilidad de Charlas de Concientización en Componente Ambiental.

Mediante análisis estadísticos se determinó las funciones de probabilidad para cada una de las actividades de acuerdo al tipo de distribución que se ajustaba a cada una considerando las duraciones calculas anteriormente, teniendo como

resultado una serie de simulaciones tomadas en cuenta para simular el modelo estocástico y conocer la duración total del proyecto.

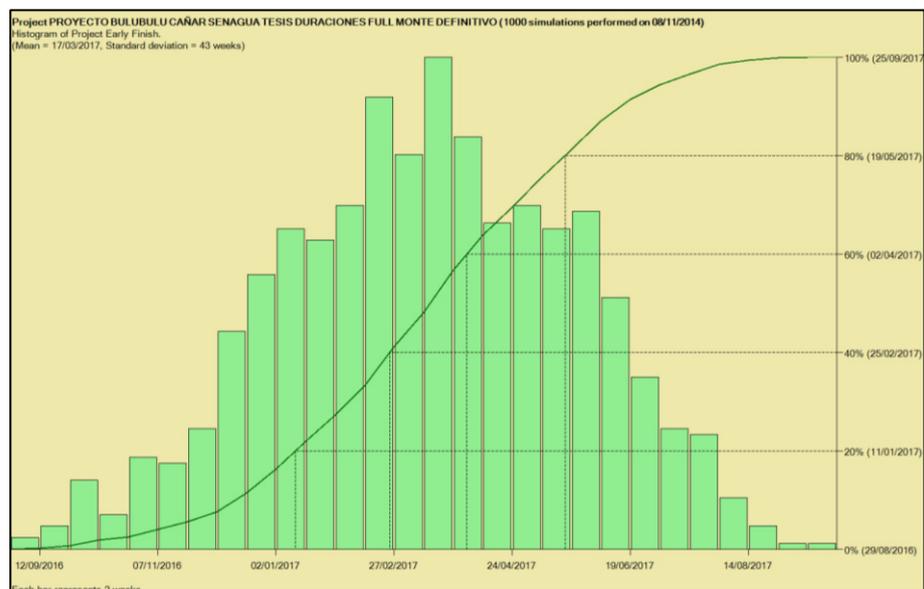
5.3 MODELO DE SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO

El modelo de simulación estocástica considerado en el Full Monte, nos permite tomar en cuenta el riesgo a la que están sujetas todas las actividades que forman parte del proyecto de una manera cuantitativa, basada en el método de simulación de Monte Carlo con el que se obtienen resultados más eficientes y veraces que los resultados obtenidos a partir de modelos deterministas, por lo que, se necesita partir de una caracterización probabilística tomando variables consideradas como aleatorias, las cuales definirán el resultado de la duración final del proyecto.

Mediante 1000 simulaciones consideradas para cada actividad, se logra convertir las duraciones ingresadas como óptima, más probable y pésima, en valores puntuales que representan finalmente la duración final del proyecto basándose en probabilidades que mantienen un grado de permisibilidad con una desviación estándar acumulada.

Las distribuciones de probabilidad usadas para determinar las funciones de las actividades fueron Beta y Triangular, ya que se ajustaban mejor a los datos ingresados con un intervalo de grado de confianza que oscilaba entre el 90% y 96%, siendo el valor máximo de 95% para la distribución Beta y el 96% para la distribución Triangular, teniendo como resultado una función de distribución acumulada con histogramas de frecuencias que determinan la fecha máxima con un 100% de probabilidad de que no se extenderá más allá de la misma.

Del resultado del análisis de riesgo del estudio de esta tesis se obtiene la función de distribución acumulada indicando las posibles fechas de culminación del proyecto, como se muestra en la figura 5.7.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 5-7.- Función de Probabilidad Acumulada del Proyecto.

La Función de Probabilidad Acumulada obtenida indica que la culminación del proyecto será el 25/09/2017 con 100% de seguridad, es decir, no existe alguna probabilidad de que el proyecto se extienda más allá de la fecha calculada.

La fecha óptima de culminación del proyecto calculada con el software Full Monte es aproximadamente el 29/08/16, sin embargo, el Consorcio de la Universidad de Cuenca ACSAM, encargado de la fiscalización del sistema Bulubulu, cuenta con una fecha de culminación del proyecto estimada para el 15/03/16 aproximadamente basado en su cronograma de obra actualizado.

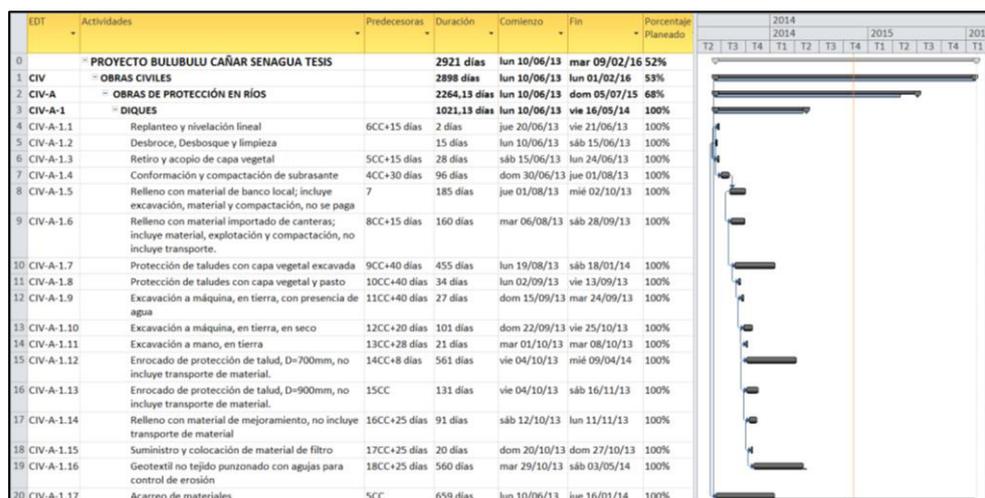
Capítulo 6

6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1 COMPARACIÓN ENTRE DURACIONES PROPUESTAS, TEÓRICAS Y PROMEDIO

Del análisis de las duraciones propuestas u ofertadas por la Empresa Constructora CGCG (China Gezhouba Company Group) para el componente de Obras Civiles, se obtuvo como resultado que el componente ofertado tiene una duración de 2898 días laborables, siendo la fecha de inicio del componente el

10/06/2013 y la fecha de culminación del componente el 01/02/2016, para los demás componentes se obtuvo duraciones teórica 0 basadas en productividades a partir de fuentes antes mencionadas, de proyecto anteriores similares y bases de datos considerados manuales internos de diferentes empresas, por lo que, todos los componentes tanto ofertados como teórica 0 dan como resultado una duración total del proyecto de 2921 días laborables, indicando como inicio del proyecto la fecha de 10/06/2013 y culminación del proyecto 09/02/2016, con un porcentaje de 53% de avance de obra a la fecha actual, ver figura 6.1.

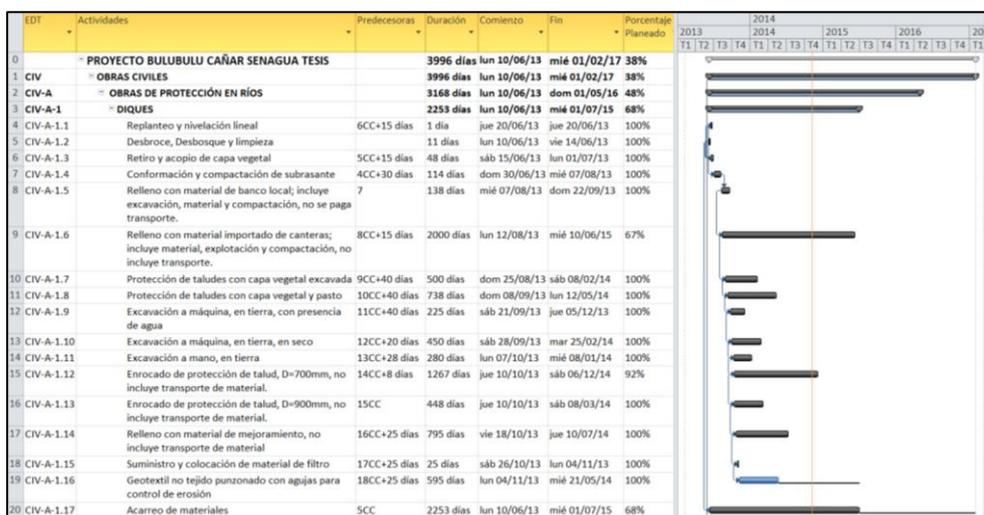


Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 6-1.- Duración Propuesta u Ofertada.

Para la duración teórica del proyecto se consideró un promedio entre duraciones teórica 1 y duraciones teórica 2, tomadas de diferentes fuentes, para todos los

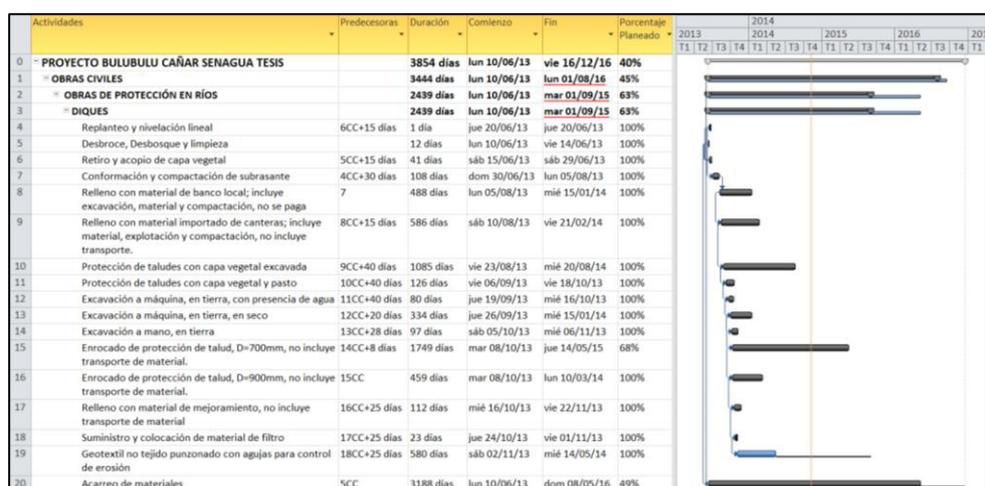
componentes del proyecto, obteniendo como duración total 3996 días laborables, con fecha de inicio del proyecto de 10/06/2013 y fecha de culminación del proyecto de 01/04/2017, con un porcentaje del 38% de avance de obra teórico a la fecha actual, superando con un periodo de 1 año aproximadamente a la duración propuesta u ofertada, ver la figura 6.2.



Fuente: (Elaborado por los Autores)
Figura 6-2.- Duración Teórica.

Mediante la duración promedio calculada a partir del promedio entre la duración teórica 0 u ofertada, duración teórica 1 y duración teórica 2, se logró calcular y determinar en base a una simulación estocástica la duración más probable del proyecto, generando una serie de funciones para cada actividad de los componentes que dieron como resultado una duración acumulada de 3854

días laborables, con una fecha de inicio del proyecto de 10/06/2013 y una fecha de culminación del proyecto de 16/12/16, con un porcentaje probable de avance de obra del 40% a la fecha actual, ver figura 6.3, determinando mediante porcentajes de probabilidad una fecha máxima de culminación del proyecto de 25/09/2017 con un 100% de certeza.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 6-3.- Duración Promedio.

6.2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

Luego de realizar los respectivos estudios preliminares y definitivos, diseños preliminares y definitivos, presupuestos y cronogramas, se estimó la fecha de inicio de ejecución del proyecto para el 01/06/12, pero se presentaron inconvenientes por la falta de recursos, materiales, fiscalización y mano de obra

siendo factores importantes para el proyecto, por lo que, la fecha de inicio de ejecución del proyecto real es el 06/06/13.

En el transcurso de la ejecución de la obra se han realizado cambios en los diseños definitivos, afectando de esta manera al tiempo estimado de culminación de la obra calculado por la empresa constructora Gezhouba, además ocurrieron cambios en las empresas de fiscalización, contratando nuevo personal tanto administrativo como técnico, por lo tanto, se realizó un nuevo cronograma dando como resultado nuevos tiempos estimados de finalización del proyecto, siendo la fecha estimada por la empresa fiscalizadora ACSAM el 15/03/16.

El componente de Obras Civiles debido a su magnitud, cantidad de obra y porcentaje en avance de obra, es el componente más importante, ya que el 60% de las obras que contiene el proyecto son civiles, comprendiendo el 40% restante los componentes de equipamiento, eléctrico, mecánico y ambiental, que actualmente existen en ellos actividades sin ejecutar, en ejecución y ejecutadas.

La programación del proyecto y el nuevo cronograma fiscalizado por la empresa ACSAM, actualmente se encuentra en ejecución, partiendo desde lo

ejecutado y fiscalizado por la empresa anterior, para poder continuar y entregar el sistema de control de inundaciones del río Bulubulu en la fecha estimada.

6.3 ANÁLISIS DE LA RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO

La ruta crítica del proyecto es determinada de acuerdo a las duraciones ingresadas para cada actividad, conocida así porque representa en ciertas ocasiones la ruta más larga de la obra determinando la duración total del calendario requerido para el proyecto, si las actividades que se encuentran fuera de la ruta crítica se retrasan o aceleran sin cambiar la duración total del proyecto se denomina tiempo flojo, por lo tanto, se considera que de vincular las actividades se tiene como resultado la formación de holguras entre ellas, por lo que se trata de evitar al máximo la formación de la ruta crítica en el proyecto.

Mediante el análisis de la ruta crítica se conoce las actividades que afectan directamente el tiempo de finalización del proyecto y las actividades con holguras o tiempo flojo que pueden prestar recursos a las actividades que se encuentran dentro de la ruta crítica.

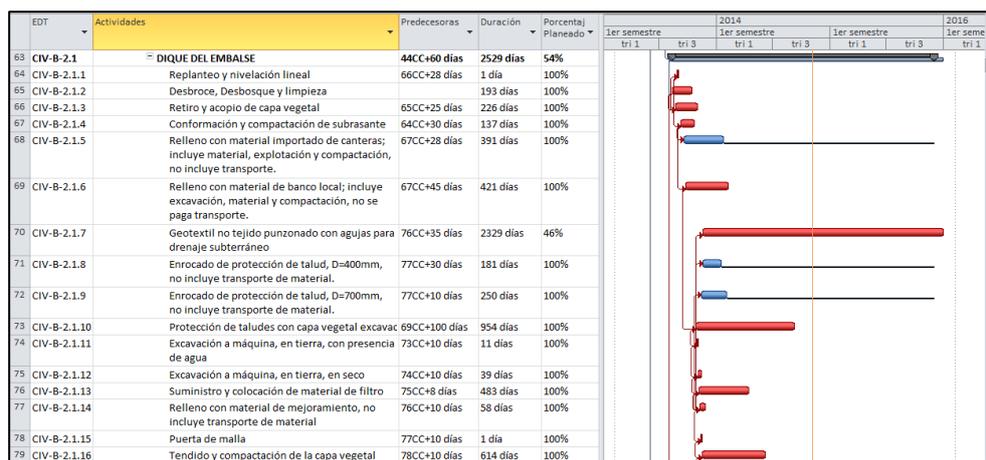
En nuestro estudio hemos tomado como referencia las duraciones ofertadas para analizar la ruta crítica la misma que se muestra en la figura 6.1, estando marcada de color rojo como una secuencia de actividades en los siguientes rubros:

1. Derivadora las Maravillas
2. Dique del Embalse

Ambos rubros presentan una cadena de actividades que no deberían de retrasarse en el transcurso del proyecto porque afectan de manera directa la fecha de finalización de la obra; todas las demás actividades tendrán un tiempo de holgura es decir presentan cierto grado de permisibilidad para su culminación, siempre y cuando no exceda la fecha de finalización del proyecto.

Es muy importante tener mayor cuidado con estas actividades ubicadas en la ruta crítica si se quiere terminar dentro del tiempo indicado ya que estas determinaran un retraso directamente a la fecha de entrega del proyecto o en su debido caso que ocurra lo contrario culminándose en un tiempo menor estas actividades, la entrega del proyecto también ocurrirá antes.

Después de hacer los respectivos análisis dentro de la actividad Derivadora Las Maravillas - Dique del Embalse se encuentra el rubro “Geotextil no tejido punzonado” que tiene una duración de 2529 días siendo este uno de los principales indicadores en nuestro estudio de ruta crítica por su extenso tiempo de ejecución, este rubro debe de tener un mayor seguimiento y resaltar su importancia en la obra ya que será el termómetro dentro de la ejecución del proyecto, en la figura 6.4 se muestra la ruta crítica del proyecto.



Fuente: (Elaborado por los Autores)

Figura 6-4.- Ruta Crítica Derivadora Las Maravillas.

En el análisis de la ruta crítica de la duración promedio teórica no existen actividades dentro de ella, por lo que teóricamente el proyecto debe marchar sin inconvenientes y finalizar en la fecha exacta estimada por el software.

6.4.1 Ventajas y Desventajas de usar Full Monte para el modelo de simulación estocástica del proyecto.

Ventajas

- La simulación que utiliza el software llamada Montecarlo es indispensable debido a la cantidad de datos que se requieren analizar dependiendo de la magnitud del proyecto, la cantidad de actividades que se ingresan con los datos obtenidos, muestra gráficos estadísticos de manera acumulada y total, que resultan del análisis de una serie de eventos generados a partir de un número de simulaciones establecidas por el usuario y ejecutadas por el mismo programa.

Desventajas

- Debido a que es un método probabilístico, es un método aproximado, basado en estadística numérica, no es exacto sino probable, lo cual se puede comprender claramente en los resultados obtenidos, arrojando algunas variaciones en las fechas de culminación del proyecto, siendo estas diferencias de aproximadamente un año en relación con el método de software de programación de obra.

Capítulo 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. Debido a que las productividades ofertadas inicialmente son inferiores a las productividades existentes actualmente en las cámaras de construcción de diferentes ciudades, se demuestra que la programación en el Microsoft Project es real ya que el tiempo teórico estimado de culminación del proyecto es mayor al tiempo ofertado de culminación del proyecto, por lo tanto, los datos obtenidos de diferentes fuentes son confiables.

2. De acuerdo a la actualización del avance de obra, realmente no se cumple el cronograma obtenido por el Microsoft Project en base a las productividades ofertadas inicialmente, sucediendo lo contrario en el cronograma obtenido mediante el Microsoft Project en base a productividades teóricas proporcionadas por diferentes fuentes mencionadas anteriormente.

3. Conforme a lo estipulado en el Plan de Manejo Ambiental para la correcta ejecución del componente Ambiental, además de las acciones ejecutadas por la Contratista, se puede concluir que empresa constructora CGCG, durante el periodo de ejecución del proyecto hasta el mes de Octubre del 2014, ejecutó de manera aceptable las disposiciones emitidas por la fiscalización ambiental.

4. De la simulación estocástica se obtuvieron fechas consideradas como fecha de culminación del proyecto óptima, probable y pésima, por lo que, fue considerada la fecha probable como resultado final del análisis probabilístico, estableciendo de esta manera que el método de simulación mediante funciones de probabilidad puede resultar poco real ya que se basa en estimaciones y varia sus resultados estadísticamente.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a la empresa constructora Gezhoubu revisar las productividades ofertadas, revisar con detalles sobre todo los rubros que presentan cantidades muy altas, ya que tendrán una mayor influencia en la estimación del tiempo de construcción del proyecto.
2. Para las actividades que están por ejecutarse, se recomienda mayor énfasis en el control y monitoreo ambiental de gases, ruidos y material particulado, en los diferentes frentes de trabajo, para prevenir inconformidades y molestias en los habitantes con viviendas cercanas a la obra.
3. Para evitar riesgos de retrasos en la ejecución de la obra, es recomendable que se creen holguras entre las actividades, permitiendo de esta manera la vinculación simultánea y utilización correcta de recursos, considerando las cantidades de obra a ejecutar y el tiempo estimado que tardará en ser finalizada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2011, 05). Programación de obras. *BuenasTareas.com*.
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Programacion-De-obras/2262007.html>
- [2] H.L. Gantt, *Work, Wages and Profit*, published by The Engineering Magazine, Nueva York, 1910; republicado como *Work, Wages and Profits*, Easton, Pennsylvania, Hive Publishing Company, 1974, ISBN 0879600489.
- [3] Kioskea, 2014, Diagrama de GANTT, fuente:
<http://es.kioskea.net/contents/580-diagrama-de-gantt>
- [4] PELLICER, E.; YEPES, V. (2007). Gestión de recursos, en Martínez, G.; Pellicer, E. (ed.): *Organización y gestión de proyectos y obras*. Ed. McGraw-Hill. Madrid, pp. 13-44. ISBN: 978-84-481-5641-1.

- [5] Moskowitz, Herbert y Gordon P. Wright. Investigación de Operaciones. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México. 1982
- [6] Ahuja (1983), Project Management – Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, Wiley Series Edition.
- [7] Programación de proyectos, sin fecha, fuente:
<http://www.spw.cl/proyectos/programacion.htm>
- [8] Edelstein, Isaac. Programación de obras: técnicas Gantt, CPM, PERT aplicada a la construcción. Editorial Mitre. Argentina. 1972.
- [9] Haidar, A., & Ellis, R. (2010). Analysis and Improvement of Megaprojects Performance. Engineering Projects Organizations Conference Proceedings.
- [10] Asesoría de Proyectos, sin fecha, fuente:
asesoriap6.com/informacion/PAPER/nuevos/MONTE%20CARLO%20-%20EMONZON.pdf
- [11] Peña Sánchez de Rivera, Daniel (2001). «Deducción de distribuciones: el método de Monte Carlo», en Fundamentos de Estadística. Madrid: Alianza Editorial.
- [12] Portal de Arquitectura y Construcción, 2013, Administrar y realizar un seguimiento - CURSO DE MICROSOFT PROJECT GRATIS, fuente:
<http://www.arquba.com/curso-microsoft-project-gratis/administrar-y-realizar-un-seguimiento/>

- [13] Julio Sánchez (1997). Manual de Programación y control de Proyectos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- [14] Cámara de la Construcción de Quito (2006). Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales, Viales, Ambientales, Parques y Jardines, Ecuador.
- [15] Cámara de la Construcción de Quito (2006). Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales, Comunes de Construcción, Ecuador.
- [16] Cámara de la Construcción de Quito (2006). Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales, Edificación, Ecuador.
- [17] RsMeans Heavy Construction Cost Data.
- [18] Estimator's General Construction man – hour Manual, John S. Page.
- [19] Cámara de la Construcción de Loja (2006). Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales, Comunes de Construcción, Ecuador.
- [20] Cámara de la Construcción de Zamora Chinchipe (2006). Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales, Comunes de Construcción, Ecuador.
- [21] Proyectos Empresariales con MS Project.
- [22] Ing. Co. Freddy Sejas Cruz. Manual de uso de Microsoft Office Project 2010.
- [23] Ing. Mecánico. ESPOL. Welmer Vicente Toro Marín. Coordinador de Fiscalización de Estación y Poliducto de la vía Pascuales – Cuenca, Egis Internacional, 6 meses.

- [24] Slide Share, 2010, fuente: <http://es.slideshare.net/julis1890/trabajo-final-pert-cpm>.
- [25] Sistemas de planificación estocástica de proyectos: implicaciones en la gestión de riesgos. Iñaki Agirre Pérez. Universidad de La Rioja. Tesis Doctoral. 2007.
- [26] DUMAS DE RAULY, D. (1968).L 'estimation statistique .Gauthier-Villars.
- [27] FARNUM, N.R y STANTON, L.W. (1987).Some Results Concerning the Estimation of Beta Distribution Parameters in PERT.J Opl.Res.Soc. Vol 38 n °3 pp 287-290.
- [28] GOLENKO-GINZBURG, D. (1988).On the Distribution of Activity Time in PERT .J.Opl.Soc.Vol.39 n °8 pp 767-771.
- [29] HERRERÍAS, (1989).Modelos probabilísticos alternativos para el método PERT. Aplicación al Análisis de Inversiones. Estudios de Economía Aplicada, pp.89-112.Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid.
- [30] HERRERÍAS, R. (1992).Utilización de modelos probabilísticos para el PERT que permiten una ponderación variable del valor más probable, en análisis de inversiones. Ponencias de la III Reunión anual de la Asociación Científica Europea de Economía Aplicada .Biblioteca de Socio economía Sevillana (Diputación de Sevilla) pp: 557 -562.
- [31] HILLIER, I Y LIEBERMAN G.J. (1982).Introducción a la Investigación de Operaciones .McGraw-Hill.

- [32] LITTLEFIELD, T.K Y RANDOLPH, P.H. (1987).An Answer to Sasieni's Question on PERT Times. Management Sci.33 pp 1357-1359.
- [33] MOITRA, S.D. (1990). Skwness and the beta distribution.J.Opl.Res.Soc .Vol 41 n °10 pp.953-961.
- [34] SASIENI, M.W. (1986).A note on PERT Times .Management Sci .32 pp 1652-1653.
- [35] YU CHUEN-TAO, L. (1980).Aplicaciones prácticas del PERT y CPM. Gestión-Deusto.
- [36] Ing. Electrónica y Telecomunicaciones. ESPOL. Hans Alberto Alulima Fuentes. Profesional Técnico 1. SUPERTEL DELEGACIÓN REGIONAL GALAPAGOS. (6 meses). Manual de precios unitarios interno de telecomunicaciones para concursos y ofertas.
- [37] Ing. Telemática. ESPOL. Jarol Paul Alulima Fuentes. Responsable de base de datos y servicios. DIRECCION DEL PARQUE NACIONAL GALAPAGOS. (6 meses). Base de datos de ofertas para el Parque Nacional Galápagos.
- [38] Ing. Electrónica y Telecomunicaciones. ESPOL. Lenin Wagner Franco Vinces, Gerente General. INMOCONSULTEC S.A. (6 años). Certificado de información de datos de proyectos eléctricos y de telecomunicaciones.

- [39] FENTON, G. A. y D. V. GRIFFITHS, (2000) "Bearing Capacity of Spatially Random Soils" en 8th ASCE Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability.
- [40] HOSPITALER, A.; CANO, J. J. y J. CANTÓ, (1997). Hipótesis de carga. Coeficientes de seguridad de los materiales. Departamento de Ingeniería de la Construcción, Universidad Politécnica de Valencia, pp. 27.
- [41] KORIS, K y SZALAI, K., (1998) "Stochastic Distribution of Structural Resistance in Reinforced Concrete Beams" en 2do Simposio de Phds. en Ingeniería Civil. Universidad de Budapest, 1998.
- [42] LEUANGTHON, O. et al. (2006). The principles of Monte Carlo Simulation. Canada, University of Alberta.
- [43] LU, Y. y X. GU, (2004) "Probability analysis of RC member deformation limits for different performance levels and reliability of their deterministic calculations" in Structural Safety. Vol. 26, pp. 367-389.