

**INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS
MULTIPROPÓSITO CUENCA LA VILLA - PRESA EL GATO
VOLUMEN COSTOS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA**



CANAL DE PANAMÁ

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. PRESUPUESTO DE OBRA | 6 |
| 2.1. CANTIDADES DE OBRA | 6 |
| 2.2. PRECIOS UNITARIOS | 6 |
| 2.2.1. Precios unitarios obra civil | 6 |
| 2.2.2. Precio tubería | 7 |
| 2.2.3. Precios equipos de control | 8 |
| 2.2.4. Costos sistema eléctrico | 8 |
| 2.2.5. Equipos hidromecánicos | 8 |
| 2.2.6. Costos indirectos | 8 |
| 2.3. PRESUPUESTO | 9 |
| 2.3.1. Costos de construcción (costos directos) | 9 |
| 2.3.2. Costos indirectos | 10 |
| 3. CRONOGRAMA DE OBRA | 12 |
| 3.1. RENDIMIENTOS | 12 |
| 3.2. SECUENCIA CONSTRUCTIVA | 13 |
| 4. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS | 14 |
| 4.1. METODOLOGÍA Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA PARA LA PRESA, OBRAS ANEXAS Y SISTEMAS DE BOMBEO | 15 |
| 4.1.1. Sistema de desvío | 15 |
| 4.1.2. Descargas de fondo y usos | 16 |
| 4.1.3. Presa de Enrocado con Cara de Concreto (CFRD) | 16 |
| 4.1.3. Vertedero | 16 |
| 4.1.3. Sistemas de bombeo | 17 |
| 4.2. PROCESOS GENERALES | 17 |
| 4.2.1. Movimiento de tierras | 18 |
| 4.2.2. Fabricación de concretos | 18 |
| 4.2.3. Suministro e instalación de equipos electromecánicos | 18 |
| 4.2.4. Obras subterráneas | 19 |

| | |
|---|----|
| 4.3. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS | 19 |
| 4.3.1. Campamentos e instalaciones temporales | 19 |
| 4.3.2. Vías de acceso | 19 |
| 4.3.3. Demanda de agua y energía | 20 |
| 4.3.4. Sitios de préstamo y sitios de disposición final de material excedente | 20 |
| 4.3.5. Equipos pesados | 20 |
| 5. CONCLUSIONES | 20 |
| 5. ANEXOS | 22 |

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución costos directos por ítems representativos

Figura 2. Cronograma de obra resumido

Figura 3. Ruta crítica del proyecto

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidades por ítems representativos

Tabla 2. Precios unitarios de obra civil

Tabla 3. Precios de tuberías GRP

Tabla 4. Costos indirectos

Tabla 5. Distribución costos directos por ítems representativos

Tabla 6. Presupuesto resumido costos directo

Tabla 7. Costos indirectos y contingencia de proyecto

Tabla 8. Rendimientos

Tabla 9. Tiempo de fabricación y suministro

1. INTRODUCCIÓN

Como parte del proyecto *Multipurpose Reservoirs on Azuero Rivers*, se ha planteado el potencial desarrollo multipropósito identificado como El Gato. Este desarrollo se localiza en la cuenca del río La Villa, donde se identificó potencial de aprovechamiento como suministro de agua potable y riego.

De acuerdo a los alcances del estudio, el presente informe corresponde a la estimación del presupuesto de construcción. Igualmente se incluye la conformación del cronograma de construcción de a nivel conceptual de la alternativa seleccionada la cual comprende de manera general una presa en CFRD, con sus obras anexas como son el túnel de desviación, el sistema de descarga de fondo y el sistema de descarga de usos. Así mismo, comprende cuatro (4) zonas de bombeo conformadas principalmente por captación, vertedero, desarenador, estación de bombeo, tanque de succión, conducción y tanques de almacenamiento.

Los resultados presentados en el presente informe, presupuesto y cronograma corresponden a los diseños realizados por INGETEC en etapa de diseños conceptuales para las distintas obras requeridas en el sistema.

El informe se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo 2. Presupuesto de obra
- Capítulo 3. Cronograma de obra
- Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones
- Capítulo 5. Anexos

2. PRESUPUESTO DE OBRA

A continuación, se describen los aspectos más importantes tenidos en cuenta para la determinación de las cantidades de obra y del presupuesto para las diferentes obras como resultado del desarrollo del diseño de diseño conceptual de El Gato.

2.1. CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra para cada uno de los componentes que constituyen el proyecto El Gato corresponden al resultado de las cuantificaciones de los diseños realizados por INGETEC y se encuentran soportadas en las respectivas memorias técnicas de diseño, presentadas por las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo de los trabajos.

Las cantidades han sido calculadas mediante herramientas informáticas especializadas que brindan un alto nivel de precisión y minimizan las inconsistencias en la información. Entre las herramientas se contempla AutoCAD, ArcGis y hojas de cálculo desarrolladas por INGETEC. Igualmente, la información obtenida ha sido revisada y contrastada por diferentes métodos de forma que guarden concordancia con las características de cada obra y las condiciones de implantación.

En la Tabla 1 se presenta el estimado de cantidades para los ítems representativos de las obras principales como son: presa, estaciones de bombeo y vías de acceso (ver Tabla 1).

Tabla 1. Cantidades por ítems representativos

| Ítem representativo | Unidad | Estaciones de bombeo | Presa y obras anexas | Vías de acceso | Total general |
|------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| Acero de refuerzo | kg | 6.476.317 | 2.971.955 | | 9.448.272 |
| Concreto convencional | m ³ | 76.8816 | 64.244 | | 141.126 |
| Barras de anclaje | kg | | 96.083 | | 96.083 |
| Excavación subterránea | m ³ | | 48.133 | | 48.133 |
| Tuberías | m | 25.414 | | | 24.531 |

2.2. PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios se obtuvieron del análisis de precios referenciales de proyectos con actividades similares construidos o en construcción recientemente, de información suministrada por la ACP para las nuevas esclusas del canal de Panamá (PAC4), proyecto No. CC0905 - Canal de aproximación Norte-Pacífico, y cotizaciones de proveedores. Los precios utilizados para el estimativo de los costos incluyen todos los materiales, transportes, mano de obra y equipos necesarios para la adecuada ejecución de las obras, así como los costos indirectos del contratista constructor. Así mismo, los costos indirectos de administración, gastos generales, imprevistos y utilidad del contratista constructor. Los costos indirectos de administración, gastos generales, imprevistos y utilidad del contratista constructor. No se incluye el impuesto de transferencia de bienes muebles y servicios (ITBMS).

2.2.1. Precios unitarios obra civil

Los precios unitarios fueron actualizados basados en los costos referenciales del proyecto PAC4, proyecto No. CC0905- Canal de aproximación Norte-Pacífico, y de ofertas recientes para proyectos hidroeléctricos en Panamá. Dados que los

precios unitarios del proyecto PAC4 son del año 2009, han sido indexados al año 2019 basado en el Índice de Precios al consumidor (IPC). Este ejercicio fue realizado usando la información disponible en el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

En la Tabla 2 se presenta la información de los precios unitarios indexados julio de 2019 de los principales ítems de la obra civil:

Tabla 2. Precios unitarios de obra civil

| Ítem | Unidad | Precio unitario (USD) |
|-------------------|----------------|-----------------------|
| Acero de refuerzo | kg | 2.0 |
| Acero estructural | kg | 6,4 |
| Concreto | m ³ | 405.0 |
| Excavación | m ³ | 10.0 |
| Rellenos | m ³ | 20.4 |

2.2.2. Precio tubería

Para el componente de tubería GRP y sus accesorios se realizaron las consultas y cotizaciones correspondientes y se recibió información de la empresa O-Tek con planta de producción en México, Colombia y Argentina. A partir de la información suministrada, se establecieron los costos del suministro e instalación de la tubería por metro lineal en sus diferentes diámetros, adoptando valores porcentuales para la instalación, transporte marítimo, seguro e impuestos en función de los costos de suministro de la tubería. Así mismo, se incluyen los costos de las tuberías en polietileno de alta densidad (PEAD).

En la Tabla 3 se muestran los precios de fabricación, suministro e instalación (incluye costos de excavaciones y rellenos) por metro lineal de las tuberías:

Tabla 3. Precios de tuberías GRP y PEAD

| Descripción | Costo USD/ m |
|----------------------------|--------------|
| Tubería GRP, PN 10, D=0.8 | 560 |
| Tubería GRP, PN 10, D=1.4 | 1.178 |
| Tubería GRP, PN 10, D=1.9 | 1.911 |
| Tubería GRP, PN 16, D=0.8 | 648 |
| Tubería GRP, PN 16, D=1.4 | 1.248 |
| Tubería GRP, PN 16, D=1.9 | 2.120 |
| Tubería GRP, PN 20, D=0.8 | 737 |
| Tubería GRP, PN 6, D=1.4 | 1.067 |
| Tubería PEAD, PN 10, D=0.3 | 1.799 |
| Tubería PEAD, PN 10, D=0.4 | 2.617 |
| Tubería PEAD, PN 10, D=0.6 | 694 |
| Tubería PEAD, PN 16, D=0.3 | 1.552 |
| Tubería PEAD, PN 16, D=0.4 | 3.467 |
| Tubería PEAD, PN 16, D=0.6 | 392 |
| Tubería PEAD, PN 20, D=0.4 | 4.317 |

| | |
|---------------------------|-----|
| Tubería PEAD, PN 6, D=0.3 | 772 |
|---------------------------|-----|

2.2.3. Precios equipos de control

Para el estimativo de los costos de los elementos de control se utilizó información referencial de proyectos similares y se realizaron solicitudes de cotización a proveedores.

En el estimativo de los diferentes componentes se incluyeron los costos de fabricación, suministro, transporte, nacionalización, seguros, impuestos e instalación correspondientes que garanticen el funcionamiento adecuado de los sistemas. Los costos de instalación han sido estimados, según información referencial de proyectos similares, como un porcentaje de los costos de suministro y son presentados como un costo global.

2.2.4. Costos sistema eléctrico

Para las instalaciones y sistema eléctrico se han estimado valores globales en función de las necesidades de cada obra.

2.2.5. Equipos hidromecánicos

Los costos de los equipos hidromecánicos se estimaron de forma similar a los demás costos del proyecto, es decir, en función de precios referenciales e información suministrada por proveedores. Así mismo, se han estimado los costos de transporte, nacionalización e instalación como un porcentaje de los costos de suministro.

2.2.6. Costos indirectos

Los costos indirectos como los estudios y diseños, administración, seguros y contingencias se calcularon como un porcentaje de los costos directos. Estos valores fueron asignados de acuerdo con la experiencia de proyectos similares en los que ha participado INGETEC.

En la Tabla 4 se muestran los ítems correspondientes a los costos indirectos y su asignación porcentual con respecto al total de los costos directos.

Tabla 4. Costos indirectos

| Descripción | % de los costos directos |
|---|--------------------------|
| Infraestructura para construcción | 1,50% |
| Predios | 5,00% |
| Gestión ambiental | 6,00% |
| Diseños | 3,00% |
| Asesoría y supervisión durante construcción | 6,00% |
| Administración del propietario | 2,00% |
| Seguros y pólizas | 2,00% |
| Total costos Indirectos | 25,50% |
| Contingencias | 30,00% |
| Total | 55,50% |



2.3. PRESUPUESTO

2.3.1. Costos de construcción (costos directos)

El presupuesto a nivel de costos directos será el resultado del producto de la cantidad por precio unitario. El presupuesto presentado incluye los costos a nivel de contratista constructor, necesarios para adelantar cada actividad, es decir, incluye costos directos, mano de obra, equipos, materiales y costos indirectos, gastos administrativos, imprevistos y utilidad.

En la Tabla 5 y Figura 1 se presentan los costos del concreto, acero de refuerzo y equipos hidromecánicos de las principales estructuras de concreto.

Tabla 5. Distribución costos directos por ítems representativos

| Descripción | Total (MUSD) | % del total |
|-----------------------------|------------------|----------------|
| Excavación en corte abierto | \$59,544 | 15,80% |
| Instalaciones eléctricas | \$57,438 | 15,24% |
| Concreto convencional | \$55,226 | 14,65% |
| Tuberías | \$54,930 | 14,57% |
| Eq. hidromecánicos | \$38,781 | 10,29% |
| Rellenos presa | \$31,906 | 8,47% |
| Otros | \$79,060 | 20,98% |
| Total | \$376,886 | 100,00% |

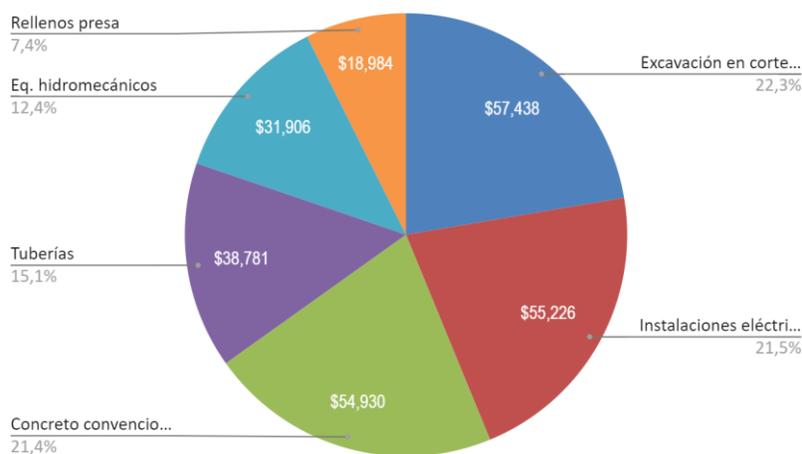


Figura 1. Distribución costos directos por ítems representativos

En la Tabla 6 se presenta de manera resumida el presupuesto por obras y en el Anexo 1 se presenta el presupuesto detallado.

Tabla 6. Presupuesto resumido costos directo

| Obra | Costo (USD) | % del Total |
|-----------------------------|----------------------|----------------|
| PRESA Y OBRAS ANEXAS | \$152.075.977 | 40,35% |
| Acceso cámara de compuertas | \$1.371.540 | 0,36% |
| Cámara de compuertas | \$1.061.771 | 0,28% |
| Descarga de fondo | \$4.884.785 | 1,30% |
| Descarga de usos | \$3.373.475 | 0,90% |
| Presa | \$60.341.533 | 16,01% |
| Túnel de desvío | \$8.002.838 | 2,12% |
| Ventana túnel de desviación | \$511.231 | 0,14% |
| Vertedero | \$72.528.804 | 19,24% |
| ESTACIONES DE BOMBEO | \$208.675.637 | 55,37% |
| Equipos eléctricos | \$13.229.900 | 3,51% |
| Estación de bombeo 1 | \$35.731.556 | 9,48% |
| Estación de bombeo 1a | \$38.784.460 | 10,29% |
| Estación de bombeo 2 | \$35.614.092 | 9,45% |
| Estación de bombeo 2a | \$31.200.728 | 8,28% |
| Estación de bombeo 3 | \$54.114.903 | 14,36% |
| VÍAS | \$16.134.653 | 4,28% |
| Estaciones de bombeo | \$4.993.296 | 1,32% |
| Presa y obras anexas | \$11.141.358 | 2,96% |
| Total general | \$376.886.267 | 100,00% |

Los costos directos de construcción ascienden a 376.89 MUSD. Los costos se distribuyen en la presa y obras anexas con 40.35%, Sistemas de bombeo con 55.37% y vías 4.28%.

2.3.2. Costos indirectos

Adicional a los costos directos de construcción se incluye el estimativo de costos indirectos relacionados con predios, diseños, gestión ambiental, asesoría y supervisión durante construcción, administración del propietario, pólizas y seguros. Así mismo, se incluyen un porcentaje de contingencias relacionadas con el nivel de estudio del proyecto. En la Tabla 7 se presentan los costos indirectos.

Tabla 7. Costos indirectos y contingencia de proyecto

| Descripción | Valor (USD) | % de los costos directos |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------|
| Infraestructura para construcción | 5.653.294 | 1,50% |

| | | |
|---|--------------------|---------------|
| Predios | 18.844.313 | 5,00% |
| Gestión ambiental | 22.613.176 | 6,00% |
| Diseños | 11.306.588 | 3,00% |
| Asesoría y supervisión durante construcción | 22.613.176 | 6,00% |
| Administración del propietario | 7.537.725 | 2,00% |
| Seguros y pólizas | 7.537.725 | 2,00% |
| Total costos Indirectos | 96.105.998 | 25,50% |
| Contingencias | 113.065.880 | 30,00% |
| Total | 209.171.878 | 55,50% |

Con estos costos indirectos y los costos directos se tiene un estimativo total de 586.06 MUSD (376.89 + 209.17), valores que deberán ser refinados en etapas posteriores de estudio y que podrán variar según el sistema de contratación y los riesgos que le sean transferidos al contratista constructor por parte del propietario

3. CRONOGRAMA DE OBRA

El cronograma de construcción para el proyecto de El Gato se elaboró en función de la configuración y cuantificación de las cantidades de obra diseñadas y metodologías constructivas comúnmente utilizadas para este tipo de proyectos.

El cronograma de construcción para el proyecto se elaboró teniendo en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- Calendario de 7 días a la semana y 365 días al año.
- Las actividades relacionadas con el suministro y transporte de las tuberías, equipos hidromecánicos y eléctricos se inician de forma temprana con el objetivo de que los mismos estén disponibles en las fechas en que se concluyan las obras requeridas para su instalación.
- En función de la facilidad de caminos de acceso a lo largo de toda la conducción se han previsto frentes simultáneos de trabajo con subfrentes igualmente simultáneos.

3.1. RENDIMIENTOS

Los rendimientos utilizados corresponden a rendimientos logrados en proyectos de similares características, acordes a las metodologías constructivas planteadas, condiciones propias de implantación de las obras del proyecto y a la información suministrada por los proveedores.

Para las obras correspondientes a la captación, desarenador, las estaciones de bombeo y tanques, se emplearon como ítem representativo la colocación de concreto. Para las conducciones se empleó como elemento de control la longitud de las tuberías y el número de frentes. En la Tabla 8 se presentan los rendimientos de los ítems representativos del proyecto.

Tabla 8. Rendimientos

| Ítem | Rendimiento |
|---|-------------------------------|
| Concreto | 75 - 100 m ³ /día |
| Instalación tubería | 18 m/día |
| Excavaciones menores | 100 - 200 m ³ /día |
| Excavaciones | 200 - 750 m ³ /día |
| Rellenos | 300 - 600 m ³ /día |
| Cara de concreto | 100 -150 m ³ /día |
| Túneles | 3,5 - 4,3 m/día |
| Montaje de equipos hidromecánicos captación | 240 días |
| Montaje de equipos hidromecánicos menores | 90 - 120 días |

Con relación a los equipos mecánicos las duraciones se establecieron de acuerdo con experiencias de proyectos similares, características y la información disponible en la base de datos de INGETEC. Estos tiempos incluyen los períodos de fabricación, suministro, transporte y montaje. En la Tabla 9 se muestra los plazos de fabricación y suministro de las tuberías y los equipos hidromecánicos y electromecánicos.

Tabla 9. Tiempo de fabricación y suministro

| Ítem | Tiempo (Meses) |
|--------------------------|----------------|
| Tuberías | 18 |
| Equipos electromecánicos | 12 |
| Equipos hidromecánicos | 12 |

A partir de las cantidades de obras resultantes de los diseños y los rendimientos definidos, se calculan las duraciones esperadas de las actividades más relevantes de cada obra.

3.2. SECUENCIA CONSTRUCTIVA

La secuencia constructiva del proyecto presenta flexibilidad debido a la facilidad de acceso a los sitios de las obras y menor dependencia entre obras. Por lo tanto, las restricciones están estrechamente asociadas entre la fabricación, suministro e instalación de las tuberías de la conducción.

La programación de las obras se ha previsto en siete áreas de trabajo general:

- Vías de acceso
- Presa y obras anexas
 - Obras de desvío
 - Presa
 - Descarga de fondo
 - Descarga de usos
- Vertedero
- Sistema de bombeo 1
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 1A
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 2
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 2A
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 3
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque

En la Figura 2 se presenta el cronograma resumido para las obras del proyecto. Adicionalmente, en el Anexo 2 se presenta el cronograma detallado. El tiempo total estimado para la construcción de las obras es de 34 meses, adicional a los tiempos de actividades de pre-construcción como estudios y diseños, licenciamiento y proceso de construcción, el cual está estimado en 15 meses.

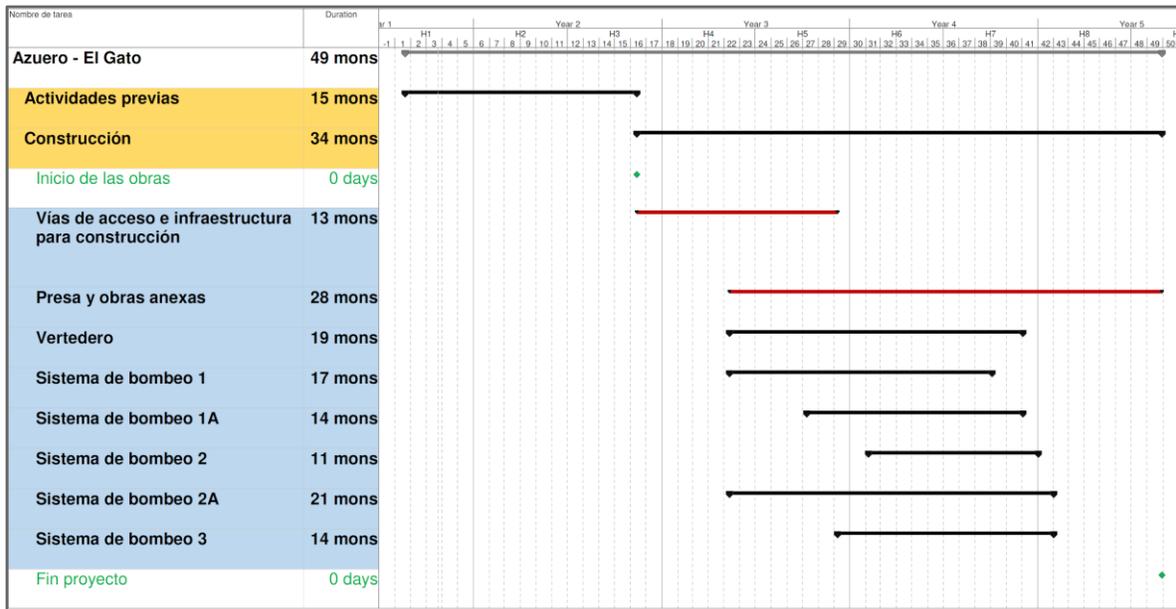


Figura 2. Cronograma de obra resumido

La ruta crítica del proyecto corresponde a las vías de acceso, infraestructura para construcción obras principales, sistema de desvío (túnel y ataguías), excavaciones, rellenos presa y cara de concreto, véase Figura 3.

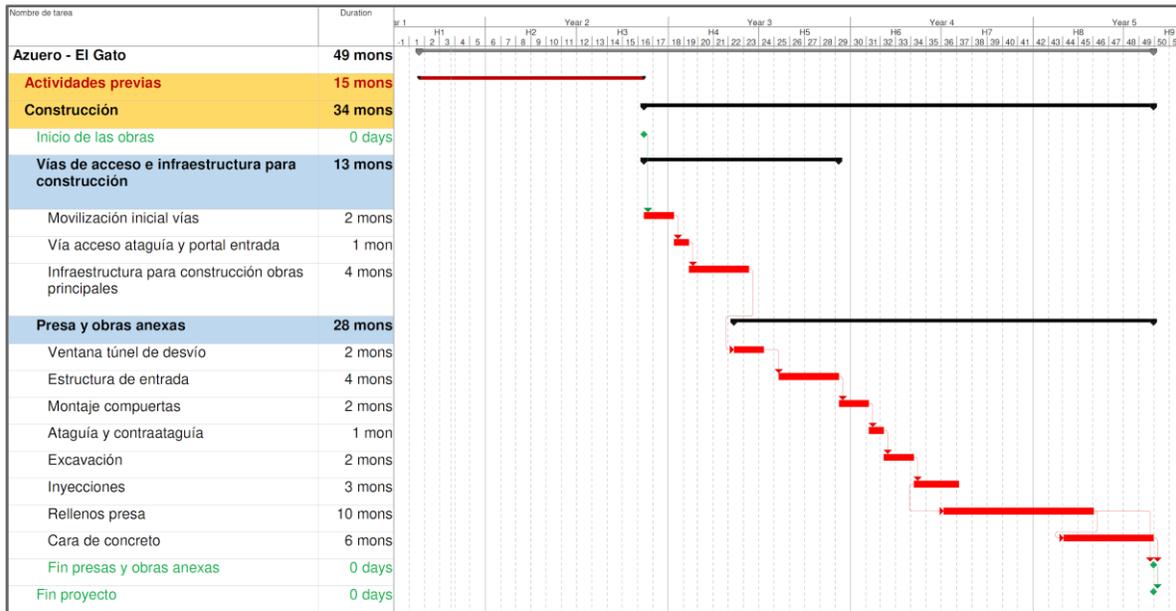


Figura 3. Ruta crítica del proyecto

4. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Las recomendaciones aquí descritas parten de un análisis de constructibilidad el cual se ha ejecutado considerando los criterios de diseño de las diferentes disciplinas de la ingeniería que intervienen en el proyecto El Gato (recursos hídricos,

estructuras, electromecánica, geología y geotecnia, y vías). Esto con el fin de desarrollar (tanto la construcción como la operación) de la presa LV_El Gato como solución ante las necesidades identificadas en la cuenca.



4.1. METODOLOGÍA Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA PARA LA PRESA, OBRAS ANEXAS Y SISTEMAS DE BOMBEO

Para dar comienzo a las obras, es necesaria inicialmente la adecuación de caminos que permitan acceder al sitio del proyecto, tanto del personal como de los equipos y materiales. La vía de acceso al sitio de presa permitirá adelantar las excavaciones en la zona donde se ubicarán la presa y el vertedero de excesos y posteriormente será el acceso permanente a la presa durante su etapa de operación. Adicionalmente, es necesaria la construcción de ramales que permitan acceder desde las vías existente más próximas hasta los tanques y bocatomas de cada sistema de bombeo.

Para la construcción de la presa, luego de construidos los acceso se continuará con las excavaciones del túnel de desvío, que una vez finalizado se podrá iniciar la construcción de la ataguía y contraataguía y seguidamente proceder con la ejecución de las excavaciones del área en la que se ubicarán tanto la presa de tierra como el vertedero de excesos. Se podrán construir paralelamente los túneles destinados a la descarga de fondo y descarga de usos. La presa se construirá iniciando por la cortina de inyecciones, seguido por la colocación de los rellenos seleccionados y la conformación de la cara de concreto. Paralelamente se podrán colocar los concretos del vertedero.

4.1.1. Sistema de desvío

Como se manifestó anteriormente para dar comienzo a las obras es necesaria la adecuación de vías de acceso para llegar a los sitios de obras. Una vez se cuente con accesos, se desarrollará en sistema de desvío el cual consiste en una túnel de desviación acompañado por una ataguía y una contraataguía, las cuales tienen como función desviar los caudales hacia el túnel y evitar el retorno de caudales hacia la zona de obras, respectivamente.

Túnel de desviación

Para las obras subterráneas se podrá utilizar el sistema de excavación convencional con perforación y voladura, o sistemas mecánicos.

Este método tema de excavación es el método más utilizado para excavar túneles y se efectúa perforando huecos en un patrón determinado, cargándose con explosivos y haciendo detonar éstos controladamente. La perforación se efectúa con un equipo tipo jumbo. Los escombros son retirados con cargadores y volquetas (dumpers). Una vez realizada la voladura y extraídos los escombros se procede con la colocación del soporte especificado para el tipo de terreno identificado en el frente de excavación.

Este método lleva generalmente la siguiente secuencia:

- **Marcado:** Definido el patrón de voladura y calculado y ajustado el factor de carga (cantidad de explosivo por metro cúbico de excavación), con la cantidad y geometría de distribución de huecos y la secuencia de ignición, se marcan los puntos sobre el terreno, en el frente de excavación.
- **Perforación:** La perforación de los huecos para la voladura se efectúa con jumbos de tres, cuatro a cinco brazos, cuya longitud se establece para una longitud efectiva de avance del tipo de terreno.
- **Cargue.** Corresponde a la colocación de explosivos en los huecos con sus fulminantes y sistemas de ignición y retardadores, así como la explosión del sistema debidamente cargado.
- **Ventilación o deshumo.** Corresponde con el tiempo necesario para permitir que los gases tóxicos producto de la explosión ventilen el frente de excavación, que depende del tipo de explosivos y de la capacidad del sistema de ventilación.
- **Rezaga.** Procedimiento de retiro de escombros para el cual se utilizan bulldozers, cargadores, palas y volquetas con equipo sobre llantas (scoops) o vagones y locomotoras con equipo sobre rieles.

Teniendo en cuenta el método de excavación con perforación y voladura, se estimó el rendimiento de excavación para cada una de las clases o tipos de terreno estimados y se obtuvo un valor promedio ponderado de rendimiento.

Una vez finalizada la construcción de la presa y como condición para la puesta en operación del proyecto, el túnel de desvío requerirá la construcción de un tapón de concreto, el cual se construirá durante la operación de cierre y llenado del reservorio. El tapón está conformado por una cabeza maciza de concreto y el cuerpo con una galería interna.

Ataguía y Contraataguía

Una vez finalizado el túnel de desvío se procederá a la construcción de la pre-ataguía, seguido de la construcción de la ataguía y contra-ataguía. La ataguía proyectada en enrocado seleccionado, se construye con el fin de desviar los caudales hacia el túnel. Por otra parte, la contra-ataguía busca proteger el área de avance de las obras por el retroceso del flujo. Esta se proyectó en enrocado de volteo.

Terminada la construcción del sistema de ataguías se puede iniciar las obras de la presa sobre el lecho del río.

4.1.2. Descargas de fondo y usos

Para este proyecto se ha definido que la descarga de fondo y la descarga de usuarios serán a través de dos túneles paralelos que estarán localizados en la margen derecha del cauce y para su construcción podrá seguirse el mismo procedimiento descrito para el túnel de desvío.

A diferencia de dicho túnel tanto la descarga de fondo como la descarga de usos estarán controladas por una compuerta radial (descarga de fondo) y por válvulas que permitan la descarga de los caudales regulados en el reservorio (Descarga de usos). Estos dispositivos estarán ubicados en cavernas subterráneas que deberán ser construidas a través de galerías de acceso con dimensiones suficientes que permitan el acceso de los equipos de construcción, así como el acceso de los equipos de montaje y operación, entre los que se cuentan, puentes grúa, válvulas, compuertas y blindaje para el tramo final a presión de cada túnel, entre otros.

4.1.3. Presa de Enrocado con Cara de Concreto (CFRD)

La construcción de la presa de enrocado con cara de concreto (CFRD) podrán iniciar tras la finalización del sistema de desvío ejecución realizando las excavaciones correspondientes de acuerdo con las especificaciones geotécnicas.

Como se indicó anteriormente las excavaciones del vertedero y del cuenco amortiguador serán la fuente de materiales para la conformación de los rellenos de la presa, motivo por el cual la excavación del vertedero y el cuenco amortiguador y la colocación de los rellenos se realizarán paralelamente.

El material seleccionado deberá colocarse en las zonificaciones indicadas en los diseños de la presa. Finalizados los rellenos, se procederá a la construcción de la cara de concreto, la cual debe contar con un sistema de cimentación o plinto construido previamente.

4.1.3. Vertedero

La excavación del vertedero y el cuenco amortiguador será la fuente principal de materiales para enrocados y agregados pétreos para ejecutar las obras que conforman el cuerpo de la presa en CFRD. En el caso del proyecto El Gato se estimó que, las excavaciones del vertedero sean suficientes para proveer los materiales requeridos.

La obra del vertedero estará compuesta por la Estructura de control, el Canal de descarga y el Deflector. Este se proyectó sin compuertas de manera que el tránsito de crecientes no dependa del accionamiento de equipos.

Teniendo en cuenta que el túnel de desvío es una obra que se requiere desde el inicio del proyecto y que el portal de salida de este coincide con la zona del deflector del vertedero y cuenco de amortiguación, será necesaria la construcción de un túnel temporal. Este túnel temporal pretende servir como como portal de salida con su correspondiente canal de entrega

al río. Adicionalmente, deberá dejarse un dique natural o tabique a lo largo de todo el cuenco de amortiguación del vertedero, cuyo objetivo es evitar que el río ingrese a los túneles. Esta medida ha sido utilizada en proyectos similares.

Realizadas las excavaciones para el vertedero podrá continuarse con la colocación de concretos del azud, la rápida y sus muros laterales y del deflector que permitirá la entrega de caudales al cauce durante la operación del proyecto.

4.1.3. Sistemas de bombeo

Los sistemas de bombeo se proyectaron aguas abajo del sitio de presa de regulación con el objetivo de captar los caudales regulados, proceder a su desarenación y posterior bombeo para disponerlo en puntos altos de las áreas donde se aprovecharán. Por lo tanto, su construcción podrá desarrollarse de manera independiente a la de las obras principales y obras anexas de la presa.

Al igual que en las obras de la presa de regulación, será necesario la adecuación de las vías de acceso para poder dar comienzo a la construcción de las obras.

La construcción de las obras se compone de dos grupos, uno de ellos compuesto por la presa de derivación canal de limpia y captación que se localizan en el cauce y el segundo compuesto por el sistema de canales, desarenación y bombeo que se localizan en zonas secas en una de las márgenes del cauce.

Para la construcción de la obras que se localizan en el cauce, se realizará el cierre parcial del mismo. Este permitirá realizar las excavaciones requeridas para cimentar la presa de derivación, así como la construcción de la bocatoma y el canal de limpia.

Terminadas estas obras se procederá al cierre parcial del lado correspondiente a la otra margen del cauce para la realización de las excavaciones, cimentación y construcción de la presa de derivación.

En el caso de las obras localizadas en zonas secas (fuera del cauce), se procederá con las excavaciones superficiales para seguir con la conformación de los muros de protección de las obras con material proveniente de excavación o muros en CCR según corresponda.

Paralelamente se realizará la colocación de concretos para la construcción de canales, desarenador y casa de máquinas del bombeo, la cual albergará lo equipos eléctricos y mecánicos requeridos para elevar los caudales a partes altas de las área donde serán aprovechados.

En cuanto a la colocación de tubería, esta se podrá realizar paralelamente al resto de las obras usando tantos frentes de construcción como sea eficiente y necesario. la colocación se realizará primero realizando las excavaciones superficiales de baja profundidad, conformación de la base de la tubería con material seleccionado, tendido de la tubería proyectada en PEAD y rellenos de excavación con material proveniente de la excavación.

Los tanques elevados se podrán construir también paralelamente al resto de las obras y consiste en la realización de las excavaciones superficiales, colocación de concretos y equipos (Válvulas y compuertas).

4.2. PROCESOS GENERALES

Las actividades generales requeridas para llevar a cabo la construcción del potencial reservorio El Gato están relacionadas a los siguientes aspectos:

- Movilización de equipos e instalaciones para el portal de entrada y de salida
- Movimiento de tierras (incluyendo excavaciones y rellenos)
 - Excavación del portal de entrada y de salida
 - Excavación del túnel de desvío desde el portal de entrada y desde el portal de salida
- Construcción de la solera
- Construcción del revestimiento en concreto convencional
- Suministro e instalación de equipos electromecánicos
- Obras subterráneas

4.2.1. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras para el proyecto El Gato se compone de excavaciones a cielo abierto en el sitio donde se construirá una presa CFRD, la cual se diseñó con una altura de 82 m. El volumen de excavación para la fundación del plinto y los rellenos es cercano a los 315,000 m³; mientras que, para el vertedero se estimó un volumen de 4,950,000 m³, aproximadamente. El área de desmonte y limpieza relacionada a la excavación de fundación del plinto y rellenos es de 95.000 m², y a la excavación del vertedero es cercana a los 180,000 m².

Por otra parte, el volumen de relleno de la presa alcanza los 2,281,500 m³. Adicionalmente, el volumen de relleno para la pre-atagüa, atagüa y contra-atagüa alcanza los 2,560 m², 78,400 m² y 4,800 m², respectivamente.

Inicialmente, es necesario llevar a cabo labores de desmonte y limpieza en la zona aledaña al cauce y posteriormente, se realiza la excavación en suelo, para lo que será necesario contar con equipo idóneo. Esto debido a que, la actividad de movimiento de tierras implica el manejo de grandes volúmenes de material producto de la excavación. Adicionalmente, es preciso tener los cuidados normales y propios derivados del manejo de excavaciones. El área de desmonte y limpieza relacionada al relleno de pre-atagüa, atagüa y contra-atagüa es de 785 m², 9,040 m² y 1,600 m², respectivamente.

Tras efectuar las excavaciones, se requerirá un mortero para sello y concreto dental para la fundación, adicional a la ejecución de inyección de consolidación en la zona, donde posteriormente se recibirán los concretos de la presa.

4.2.2. Fabricación de concretos

La fabricación de concreto considera los siguientes tipos de concretos:

- Concreto compactado con rodillo (CCR) con resistencia a compresión de 17.5 MPa a los 365 días
- Concreto convencional con resistencia a compresión mínima (f_c) de 28 MPa a los 28 días para las obras hidráulicas

Para la fabricación de estos materiales será necesario contar con una planta de fabricación de concretos en el sitio del proyecto, la cual supla la demanda de volúmenes para llevar a cabo la obra, siempre cumpliendo con las características y tiempos de colocación.

El concreto sería fabricado en la planta y se utilizaría para las siguientes obras:

- Plinto externo: localizado entre la presa y la roca de fundación de la presa.
- Muros del vertedero: Localizado en el cuerpo de la presa.
- Cara de aguas debajo de la presa.
- Concreto lanzado para la protección de taludes de excavación.

La fabricación de este tipo de concreto no ofrecería un reto técnico especial, pues es de fabricación común y su colocación consiste de procesos ampliamente conocidos en este tipo de proyectos.

4.2.3. Suministro e instalación de equipos electromecánicos

Para la presa CFRD diseñada se consideraron los siguientes equipos electromecánicos:

- Compuertas planas de ruedas
- Compuertas radiales
- Compuerta de guarda
- Blindaje de solera
- Válvulas para el sistema de descarga de usos
- Válvulas de aireación (a lo largo de las impulsiones)

El túnel de desvío contará con dos (2) compuertas planas de ruedas en el cierre para efectuar el llenado del reservorio; mientras que, para la descarga de fondo se proyectó con compuerta radial sumergida con sello periférico para el control del caudal y una compuerta de guarda de tipo tablero deslizante.

Es preciso tener presente que, para el proceso de fabricación de los equipos mencionados debe considerarse una ventana de tiempo que contemple el periodo para que el diseño de los mismos y las pruebas técnicas por parte del fabricante no afecten el cronograma de ejecución de proyecto. Es por ello que, se considera pertinente hacer la adquisición de estos equipos con el suficiente tiempo de anticipación de manera que no afecte los tiempos de construcción del proyecto.

4.2.4. Obras subterráneas

Durante la construcción de la presa, es necesario tener manejo del río para lo cual será necesaria la construcción de un túnel de desvío. Esta estructura demandará la ejecución de excavaciones subterráneas, sistemas de sostenimiento y revestimientos en concreto convencional, actividades que demandan, para su adecuada y eficiente realización, contratistas con experiencia en este tipo de obras, los cuales existen a nivel mundial y han desarrollado obra en Panamá.

Además de las excavaciones superficiales para la configuración de los portales de acceso (tanto en la entrada como en la salida del túnel), la ejecución de la obra involucra las excavaciones subterráneas por el método de perforación y voladura, los sostenimientos del contorno de excavación (según la calidad de la roca) con concreto lanzado, los arcos de acero y pernos, y finalmente el concreto convencional para el revestimiento final de la estructura.



4.3. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

4.3.1. Campamentos e instalaciones temporales

Dentro de las áreas de campamentos e instalaciones temporales se ha de contar con al menos las siguientes instalaciones y sus dotaciones:

- Oficinas de administración de los contratistas
- Casinos de la supervisión y contratistas
- Instalaciones básicas de primeros auxilios
- Sitios de almacenamiento de residuos
- Depósitos de herramientas
- Talleres de mantenimiento básica de maquinarias y equipos
- Bodegas de materiales y equipos menores
- Patio de acero de refuerzo
- Expendio de combustibles para la maquinaria
- Polvorín
- Laboratorio de materiales
- Alojamiento
- Sistema de almacenamiento de agua potable
- Sistema de tratamiento de aguas residuales
- Zonas industriales, acopio y campamentos
- Zonas de depósito y fuentes de materiales
- Centro médico.

Las áreas industriales y campamentos estarán emplazados lo más cerca a los sitios de obras principales para evitar grandes traslados y minimizar los impactos ambientales.

4.3.2. Vías de acceso

Para el ingreso a los sitios de las obras principales se han previsto vías de acceso emplazadas desde vía existentes en la zona, a partir de las cuales se podrán implantar vías industriales adicionales según los requerimientos durante la etapa de construcción.

Este tipo de obras implican movimientos de materiales para conformar la estructura de pavimento conforme a los diseños planteados para las vías de acceso a, lo que serían, las distintas estructuras del proyecto.

4.3.3. Demanda de agua y energía

En lo que respecta a la energía para la construcción, se deberá contar antes del inicio de las obras principales con la respectiva red de suministro. Así mismo, se deberá prever un sistema de respaldo a través de plantas Diesel. Para los demás servicios requeridos para construcción se deberá cumplir con las disposiciones legales, como es el caso del suministro agua potable e industrial y el manejo de aguas residuales domésticas e industriales.

4.3.4. Sitios de préstamo y sitios de disposición final de material excedente

Los sitios de préstamo de material (canteras) identificados están a una distancia menor a 5 km, de este modo se minimizan las vías requeridas, los impactos ambientales de los acarrees de material y los costos derivados del servicio de acarreo. Adicionalmente, se identificaron posibles zonas de depósito (zodmes) dentro del mismo radio ya mencionado, considerado a partir del sitio de presa.

Se buscará la utilización de la mayor cantidad de los materiales sobrantes de las excavaciones (superficiales y subterráneas) como materiales para rellenos y producción de agregados para concreto.

4.3.5. Equipos pesados

Los equipos pesados de construcción a ser empleados para la ejecución de las obras corresponden a equipos comúnmente empleados en obras de infraestructura, desarrollados y comercializados por diferentes empresas con reconocimiento a nivel mundial, lo que no representan ninguna limitante para el desarrollo de las obras. Entre los equipos requeridos se encuentran: excavadoras, tractores, cargadores, volquetas, jumbos para perforación, dumper, motoniveladora, grúas, vibro compactador, camión mezclador de concreto, planta de áridos, planta de concreto convencional y CCR y equipo menor como: compresores, bombas para concreto, equipo para inyecciones, torres de iluminación entre otros.

5. CONCLUSIONES

Los principales resultados del estimativo de presupuesto y programación de obras son los siguientes:

- El cálculo de cantidades de obra está en función de los diseños a nivel conceptual realizados por INGETEC.
- Los precios unitarios han sido definidos en función de información referencial de proyectos con actividades similares construidos o en construcción y cotizaciones realizada a proveedores. Los precios corresponden a precios de julio de 2019.
- El costo directo de construcción asciende a 376.89 MUSD, distribuido en el 55.37% en la presa y obras anexas, 40.35 % en los cuatro sistemas de bombeo y 4.28% en las vías de acceso.
- Los costos indirectos tienen un valor de 96.11 MUSD y 113.65 MUSD para contingencias, equivalente al 55.5% de los costos directos.
- El estimativo de costos podrá variar según el sistema de contratación y los riesgos que le sean transferidos al contratista constructor por parte del propietario. Así mismo, de las condiciones de mercado (oferta - demanda) al momento de la contratación.

- La secuencia constructiva del proyecto presenta flexibilidad por la menor dependencia entre las obras de la presa y los sistemas de bombeo por la facilidad de acceso a los distintos sitios de las obras.
- La secuencia constructiva fue dividida en 8 áreas generales de trabajo, las cuales a su vez tienen frentes simultáneos de trabajo.
- El proyecto tiene una duración estimada de 34 meses de construcción bajo el esquema de varios frentes simultáneos de obras para presa y sistemas de bombeo.
- La ruta crítica del proyecto corresponde principalmente a las obras de la presa, iniciando con las vías de acceso, infraestructura para construcción, sistema de desvío del río, excavaciones y presa.
- La adecuada y oportuna gestión del suministro de la tubería permitirá iniciar de manera temprana la instalación y evitará impactos en la ruta crítica.
- La implantación del potencial reservorio El Gato no presenta mayores exigencias constructivas a las que son comúnmente demandadas por proyectos de esta índole, como son grandes equipos de movimientos de tierra (a cielo abierto y subterránea), plantas de concreto, así como el suministro y la fabricación de equipos hidromecánicos. Sin embargo, al momento de la selección del contratista constructor, es importante que este cuente con la experiencia suficiente en la ejecución de proyectos de esta magnitud; de esta manera, se disminuirán los riesgos e incertidumbres durante construcción de la presa CFRD.

6. ANEXOS



Anexo 1. PRESUPUESTO DETALLADO

Anexo 2. CRONOGRAMA DE OBRA DETALLADO