

# **INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO CUENCA PERALES - PRESA GUARARE**

## **VOLUMEN COSTOS, PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN**

**JUNIO 2020**

---

# **INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVARIOS MULTIPROPÓSITO CUENCA PERALES - PRESA GUARARE**

## **VOLUMEN COSTOS, PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN**



**CANAL DE PANAMÁ**

**JUNIO 2020**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>2 PRESUPUESTO DE OBRA</b>	6
2.1 CANTIDADES DE OBRA	6
2.2 PRECIOS UNITARIOS	6
2.2.1 Precios unitarios obra civil	7
2.2.2 Precio tubería GRP	7
2.2.3 Precios equipos de control	7
2.2.4 Costos sistema eléctrico	8
2.2.5 Equipos hidromecánicos	8
2.2.6 Costos indirectos	8
2.3 PRESUPUESTO	8
2.3.1 Costos de construcción (costos directos)	9
2.3.2 Costos indirectos	10
<b>3 CRONOGRAMA DE OBRA</b>	11
3.1 RENDIMIENTOS	12
3.2 SECUENCIA CONSTRUCTIVA	13
<b>4 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS</b>	15
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 en Concreto Compactado con Rodillo	17
4.1.4 Sistemas de bombeo	17
4.2 PROCESOS GENERALES	18
4.2.1 Movimiento de tierras	19
4.2.2 Fabricación de concretos	19
4.2.3 Suministro e instalación de equipos electromecánicos	20
4.2.4 Obras subterráneas	20
4.3 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	20
4.3.1 Campamentos e instalaciones temporales	20
4.3.2 Vías de acceso	21
4.3.3 Demanda de agua y energía	21
4.3.4 Sitios de préstamo y sitios de disposición final de material excedente	21
4.3.5 Equipos pesados	22
<b>5 CONCLUSIONES</b>	23
<b>6 ANEXOS</b>	24

## 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 *Reservorios Multipropósitos en Azuero*, se ha planteado el potencial desarrollo identificado como Guararé. Este desarrollo se localiza en la cuenca del río Perales, donde se identificó potencial de aprovechamiento como suministro de agua potable y riego.

De acuerdo con 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 CCR, 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 conceptual de Guararé.

### 2.1 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra para cada uno de los componentes que constituyen el proyecto Guararé 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	Presa y obras anexas	Estaciones de bombeo	Vías de acceso	Total general
Acero de refuerzo	kg	823.006	5.239.764	537.354	<b>6.600.123</b>
Concreto CCR	m <sup>3</sup>	851.973	86.730		<b>938.703</b>
Concreto convencional	m <sup>3</sup>	26.658	60.152	866	<b>87.677</b>
Barras de anclaje	kg	269.559			<b>269.559</b>
Excavación subterránea	m <sup>3</sup>	11,633			<b>11,633</b>
Tuberías	m		8,655		<b>8,655</b>

### 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, entre otros proyectos. 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. 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 con actividades similares en Panamá los cuales fueron indexados a julio de 2019 empleando el Índice de Precios al consumidor (IPC), según 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 <sup>3</sup>	405.0
Excavación	m <sup>3</sup>	10.0
Rellenos	m <sup>3</sup>	13.0

### 2.2.2 Precio tubería GRP

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.

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

Descripción	Costo USD/ m
Tubería para riego, GRP, PN 6, D=1.4	1,067
Tubería para riego, GRP, PN 10, D=1.4	1,178
Tubería para abastecimiento, PEAD, PN 6, D=0.6	368
Tubería para abastecimiento, GRP, PN 10, D=0.6	392
Tubería para riego, GRP, PN 6, D=1.0	694
Tubería para riego, GRP, PN 10, D=1.0	749

### 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 de 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 a 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

Costos indirectos	% de los costos directos
Predios	5%
Gestión ambiental	6%
Diseños	3%
Asesoría y supervisión durante construcción	6%
Administración del propietario	2%
Seguros y pólizas	2%
Contingencias	30%



### 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
CCR	140,81	48,7%
Concreto convencional	33,17	11,5%
Instalaciones eléctricas	22,89	7,9%
Equipos hidromecánicos	16,86	5,8%
Excavación en corte abierto	13,84	4,8%
Acero de refuerzo	12,83	4,4%
Otros	48,68	16,8%
<b>Total</b>	<b>289,07</b>	<b>100,0%</b>

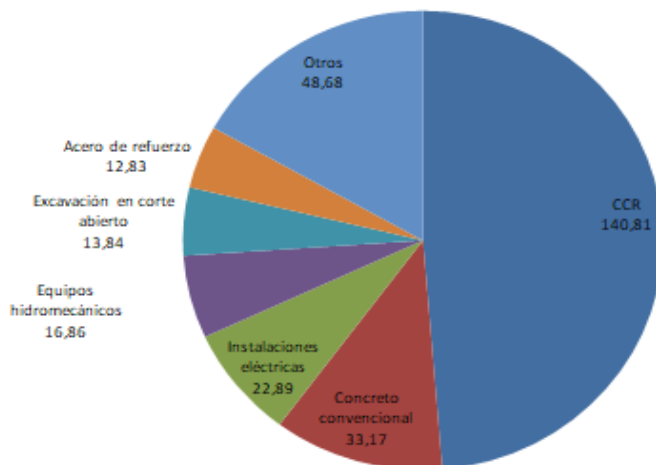


Figura 1. Distribución costos directos por ítems representativos

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	Total (USD)	% del total
<b>Presa y obras anexas</b>	<b>180.864.649</b>	<b>62,57%</b>

Presa	2.961.007	1,02%
Vertedero	779.484	0,27%
Túnel de desvío	158.171.417	54,72%
Descarga de fondo	3.788.089	1,31%
Descarga de usos	15.164.652	5,25%
<b>Estaciones de bombeo</b>	<b>99.377.149</b>	<b>34,38%</b>
Estación de bombeo 1	4.140.459	1,43%
Estación de bombeo 2	33.048.867	11,43%
Estación de bombeo 3	24.641.041	8,52%
Estación de bombeo 4	19.341.104	6,69%
Equipos eléctricos	18.205.678	6,30%
<b>Vías</b>	<b>8.827.288</b>	<b>3,05%</b>
Presa y obras anexas	7.096.026	2,45%
Sistema de bombeo	1.731.262	0,60%
<b>Total costos directos</b>	<b>289.069.085</b>	<b>100,00%</b>

Los costos directos de construcción ascienden a 289.07 MUSD. Los costos se distribuyen en la presa y obras anexas con 62.57%, Sistemas de bombeo con 34,38% y vías 3.05%.

### 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	4.336.036	1.50%
Predios	14.453.454	5.00%
Gestión ambiental	17.344.145	6.00%
Diseños	8.672.073	3.00%
Asesoría y supervisión durante construcción	17.344.145	6.00%
Administración del propietario	5.781.382	2.00%
Seguros y pólizas	5.781.382	2.00%
<b>Total costos indirectos</b>	<b>73.712.617</b>	<b>26.00%</b>
Contingencias	86.720.725	30.00%

---

<b>Total</b>	<b>160.433.342</b>	<b>55.50%</b>
--------------	--------------------	---------------

Con estos costos indirectos y contingencias el presupuesto estimado asciende a 449.50 MUSD (289,07 + 160,43 MUSD), 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 Guararé 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, tanques de carga, estructura de entrega y la PTAP, 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 <sup>3</sup> /día
Instalación tubería	18 m/día
Excavaciones menores	100 - 200 m <sup>3</sup> /día
Excavaciones	200 - 750 m <sup>3</sup> /día
Rellenos	300 - 600 m <sup>3</sup> /día
CCR	1400 - 2000 m <sup>3</sup> /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 CCR
  - Descarga de fondo
  - Descarga de usos
- Sistema de bombeo 1
  - Obras de captación
  - Impulsión y tanques
- Sistema de bombeo 2
  - Obras de captación
  - Impulsión y tanques
- Sistema de bombeo 3
  - Obras de captación
  - Impulsión y tanques
- Sistema de bombeo 4
  - Obras de captación
  - Conducción y tanques

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 42 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.

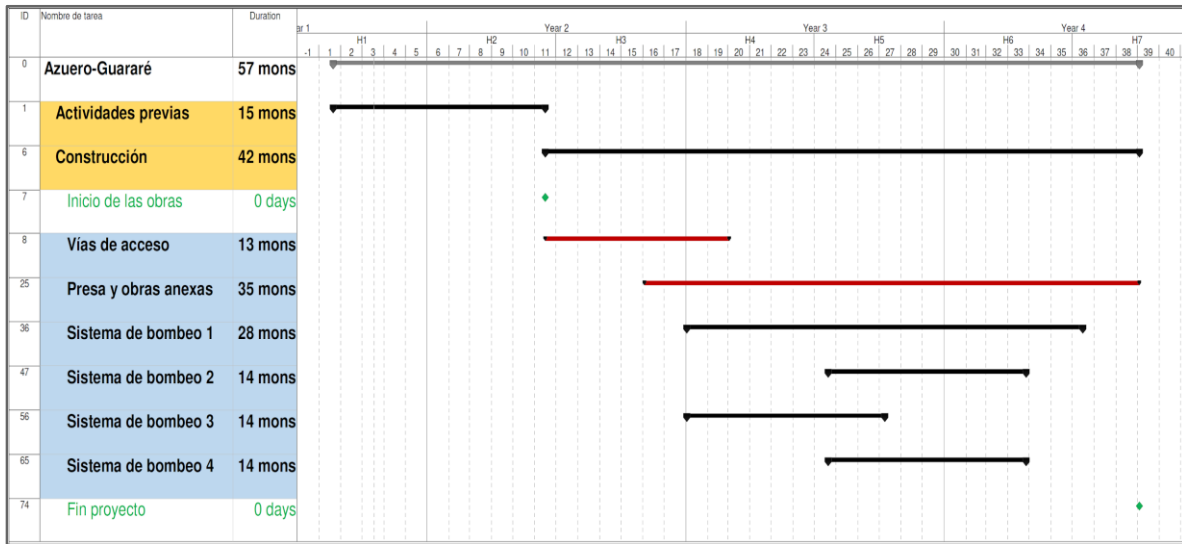


Figura 2. Cronograma de obra resumido

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

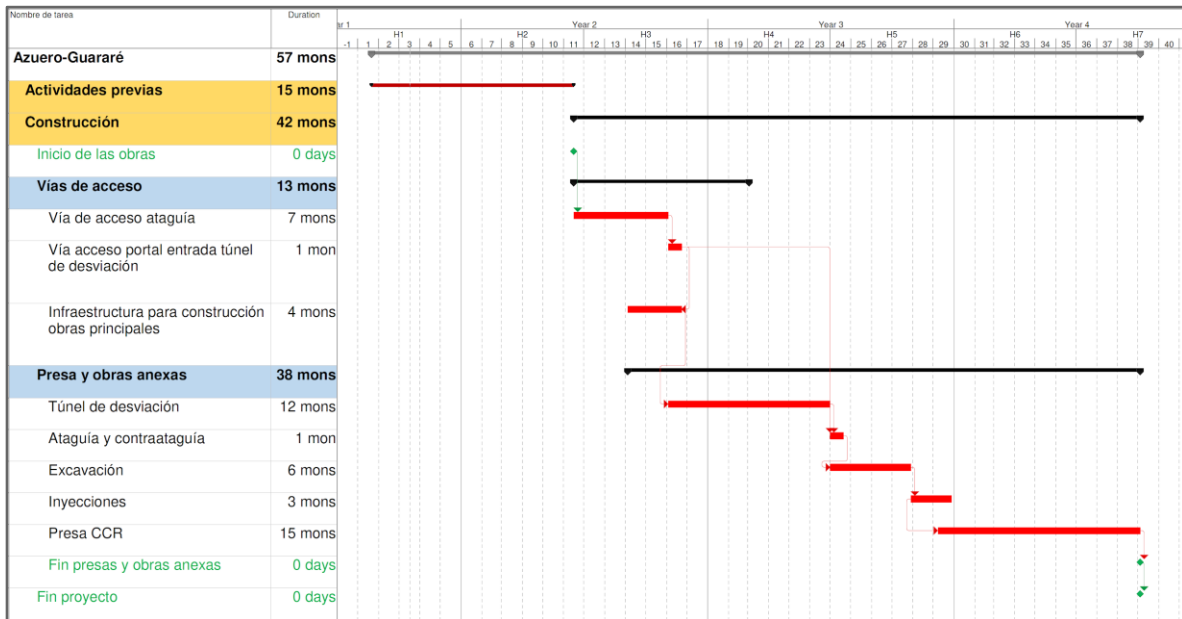


Figura 3. Ruta crítica del proyecto

## 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 Guararé (recursos hídricos, estructuras, electromecánica, geología y geotecnia, y vías). Esto con el fin de desarrollar (tanto la construcción como la operación) de la presa PE\_Guararé 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 de los estribos 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 de presas y acometer la cortina de inyecciones y colocar el CCR de la presa. Terminados los mismos se iniciará con la colocación de los concretos convencionales del vertedero para finalmente montar las respectivas compuertas de control.

Paralelamente a la construcción de la presa se podrán adelantar los trabajos de la descarga de fondo, esto incluye la instalación de tuberías de acero y sus accesorios.

#### 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. También se sugiere el uso de martillos neumáticos y/o hidráulicos para rocas de menores características geomecánicas.

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.

#### Ataguía y Contraataguía

Una vez finalizado el túnel de desvío se procederá a la construcción de la ataguía con el fin de direccionar los caudales naturales hacia dicho túnel. La ataguía se conformará inicialmente a través del volteo de material al cauce preferiblemente en época de caudales de estiaje, para finalmente conformar el relleno de las características definidas desde el punto de vista geotécnico (volumen, taludes, compactación, etc).

La Contraataguía seguirá un procedimiento similar garantizando sus características.

#### 4.1.2 Descargas de fondo y usos

Para este proyecto se han definido la descarga de fondo y descargas de usuarios a través de dos ductos que estarán localizados por debajo del cuerpo de la presa. Para su construcción será necesario durante las excavaciones de la presa, prever la excavación adicional requerida para la colocación de los ductos.

Estos ductos fueron proyectados en acero embebidos en concreto el proceso consiste en primero construir el bloque de concreto como se muestra en la Figura 4 y posteriormente se deslizarán por dentro de dicho bloque, los tramos del ducto de acero para ser soldados. Hecho esto, se procederá a inyectar concreto en el espacio comprendido entre el bloque construido inicialmente y el ducto de acero el cual tiene como objetivo fijar el ducto y garantizar la estanqueidad del sistema.



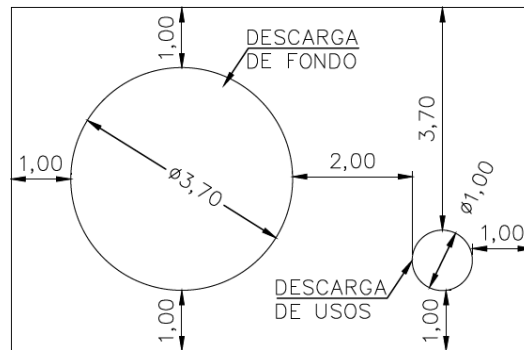


Figura 4. Esquema de descarga de fondo y descarga de usos

Fuente: Elaboración propia (Vol. Hidrología e Hidráulica, Esquema AZUGU-PG-J-DEFO-04-0001)

#### 4.1.3 Presa en Concreto Compactado con Rodillo (CCR)

La presa en Concreto compactado con rodillo (CCR) deberá ser construida en capas de 0.30 m de espesor cada una adecuadamente extendida y compactada de tal manera que, una vez finalizada su construcción, se garanticen como mínimo las propiedades del material indicadas en el Volumen Estructural, numeral 3.2 MATERIALES.

Considerando que el vertedero de excesos estará incorporado al cuerpo de la presa de CCR, el proceso constructivo debe considerar primero la finalización de la instalación del CCR de la presa y posteriormente la construcción de la estructura del Azud, así como de las pilas laterales. El objetivo de esto es no transmitir cargas de impacto sobre la estructura, resultantes de la operación de compactación del CCR.

La puesta en marcha debe considerar los aspectos a continuación:

- Excavaciones superficiales (incluyen las excavaciones previstas para la colocación de la descarga de fondo y la descarga de usos)
- Construcción de los ductos de descarga de fondo y descarga de usos será paralela a la construcción de la presa
- Preparación y construcción de la cimentación
- Colocación de CCR
- Construcción del vertedero.

#### 4.1.4 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 las 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 ver Figura 5.

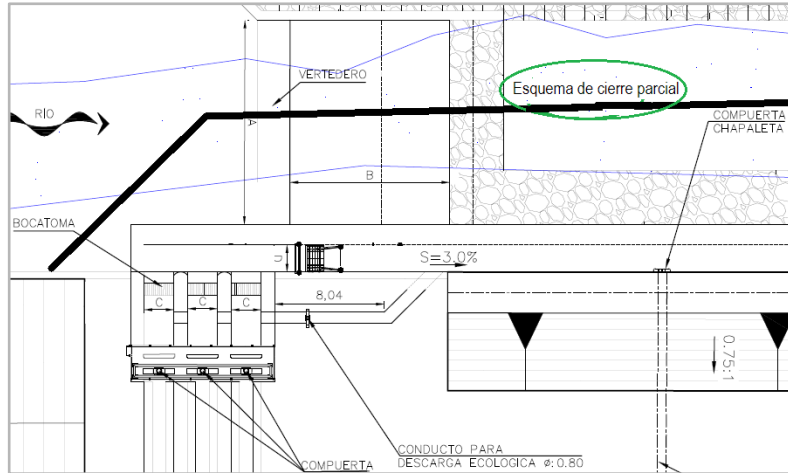


Figura 5. Esquema de cierre parcial

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

Los procesos generales para llevar a cabo la construcción del potencial reservorio Guararé están relacionadas a los siguientes aspectos:

- Movimiento de tierras (incluyendo excavaciones y rellenos),
- Fabricación y colocación de concretos para la presa CCR,
- Suministro e instalación de equipos electromecánicos,
- Obras subterráneas.

#### 4.2.1 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras para el proyecto Guararé se compone de excavaciones a cielo abierto en el sitio donde se construirá una presa CCR, la cual se diseñó con una altura de 75 m. Es preciso tener en cuenta que, esta presa estará fundada 10 m por debajo de la cota del lecho del cauce, y entre los 3 y 5 m con respecto a los estribos. El volumen de excavación para la fundación es cercano a los 933.000 m<sup>3</sup>.

Inicialmente, es necesario llevar a cabo labores de desmonte y limpieza en la zona aledaña al cauce (65.6 m<sup>2</sup>) 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. Si bien no se trata de excavaciones profundas, no se prevería el uso de entibados puesto que estas no afectarían las zonas aledañas que se deberían proteger por la presencia de infraestructura o poblaciones cercanas.

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 diferentes resistencias a la compresión (f<sub>c</sub>); 14, 21, 28, 30 y 35 MPa a los 28 días.

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 CCR tiene una alta resistencia, durabilidad, capacidad de carga y baja deformación, aspectos que representan una ventaja en el proceso constructivo, lo que lo hacen óptimo para la conformación del cuerpo de la presa, éste sería fabricado en la planta a instalar en la zona de obras y transportado hasta el sitio de presa para posteriormente ser extendido de manera similar a la colocación de capas de tierra para posteriormente ser compactado utilizando equipos de construcción convencionales (vibro-compactador), lo que permite amplios rendimientos en la colocación del material y por consiguiente una reducción importante en los tiempos de construcción de la presa en comparación con presas de otro material.

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 CCR y obras conexas se consideraron los siguientes equipos electromecánicos:

- Compuertas planas de ruedas
- Compuertas radiales
- 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 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 para la ejecución de los diseños y pruebas técnicas por parte del fabricante de forma que no afecte el cronograma de ejecución del proyecto. Es por ello que, se considera pertinente hacer la adquisición de estos equipos con el suficiente tiempo de anticipación de forma que estén disponibles en la fecha de terminación de la obras civiles.

#### 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 289.07 MUSD, distribuido en el 62.67% en la presa y obras anexas, 34.38 % en los cuatro sistemas de bombeo y 3.05% en las vías de acceso.
- Los costos indirectos tienen un valor de 73.71 MUSD y 86.72 MUSD para contingencias, equivalente al 55.5% de los costos directos. Para un presupuesto total de 449,50 MUSD (289.07 + 73.71 + 86.72 MUSD).
- 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 4 áreas generales de trabajo, las cuales a su vez tienen frentes simultáneos de trabajo.
- El proyecto tiene una duración estimada de 42 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 CCR.
- 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 construcción del potencial reservorio Guararé no presenta mayores exigencias constructivas a las comúnmente demandadas por proyectos de esta índole, como son grandes equipos de movimientos de tierra (a cielo abierto y subterránea), plantas de concreto (convencional y CCR) y suministro y fabricación de equipos hidromecánicos. No obstante, al momento de la selección del contratista constructor, es importante que este cuente con la experticia idónea en la ejecución de proyectos de esta magnitud, tanto en obras a cielo abierto como subterráneas. Esto permitirá disminuir los riesgos e incertidumbres durante construcción.



## 6 ANEXOS



Anexo 1. PRESUPUESTO DETALLADO

Anexo 2. CRONOGRAMA DE OBRA DETALLADO