

**INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL,
RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO
CUENCA PARITA PRESA PARITA
VOLUMEN AMBIENTAL**

JUNIO 2020

Contrato de consultoría No. 026 (2016)

“Estudio de Factibilidad para Establecer Reservorios Multipropósitos en la Cuenca del Río La Villa y de Prefactibilidad para los Ríos Santa María, Parita y la Subcuenca del Río Perales, en la Región de Azuero y la Provincia de Veraguas, para la Producción de Agua Potable y Actividades Agropecuarias”

INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, RESERVORIOS MULTIPROPÓSITO
CUENCA PARITA - PRESA PARITA

VOLUMEN COSTOS Y PRESUPUESTO

REVISIÓN 2

JUNIO 2020



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
2.2.3 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)	8
2.3.2 Costos indirectos	10
3 CRONOGRAMA DE OBRA	12
3.1 RENDIMIENTOS	12
3.2 SECUENCIA CONSTRUCTIVA	13
3.2.3 Cronograma general	13
4 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	14
4.1 METODOLOGÍA Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA PARA LA PRESA, OBRAS ANEXAS Y SISTEMAS DE BOMBEO	14
4.1.1 Sistema de desvío	15
4.1.2 Descargas de fondo y usos	16
4.1.3 Presa de Tierra Zonificada	16
4.1.4 Sistemas de bombeo (riego y abastecimiento)	17
4.2 PROCESOS GENERALES	18
4.2.1 Movimiento de tierras	18
4.2.2 Fabricación de concretos	19
4.2.3 Suministro e instalación de equipos electromecánicos	19
4.2.4 Excavaciones de obras subterráneas	19

4.3 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	20
4.3.1 Campamentos e instalaciones temporales	20
4.3.2 Vías de acceso	20
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	21
5 CONCLUSIONES	21
6 ANEXOS	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución costos directos por ítemes representativos

Figura 2. Cronograma de obra resumido

Figura 3. Ruta crítica del proyecto

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidades por ítemes representativos

Tabla 2. Precios unitarios de obra civil

Tabla 3. Precios de tuberías GRP y PEAD

Tabla 4. Costos indirectos

Tabla 5. Distribución costos directos por ítemes 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

Tabla 10. Volúmenes de material de relleno para la presa Parita

1 INTRODUCCIÓN

Como parte del proyecto *Multipurpose Reservoirs on Azuero Rivers*, se ha planteado el potencial desarrollo multipropósito identificado como Parita. Este desarrollo se localiza en la cuenca del río Parita, 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 térrea con núcleo de arcilla, 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. Recomendaciones Constructivas
- Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones
- Capítulo 6. 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 Parita.

2.1 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra para cada uno de los componentes que constituyen el proyecto Parita 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	Total general
Acero de refuerzo	kg	2,940,620
Rellenos y enrocados de protección	m ³	1,615,139
Rellenos estructurales	m ³	146.843
Concreto convencional	m ³	115,217
Estructuras metálicas	kg	62,560

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 para la obra civil obtenidos de información referencial como el proyecto PAC4 y de ofertas recientes para proyectos hidroeléctricos en Panamá, fueron indexados al año 2019 basado en el Índice de Precios al consumidor (IPC) de Panamá. 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 procesado	m ³	20.4
Rellenos seleccionados	m ³	15,0

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=1.0m	\$749.00
Tubería GRP, PN 10, D=1.4	\$1,178.00
Tubería GRP, PN 6, D=1.0m	\$694.00
Tubería GRP, PN 6, D=1.4	\$1,067.00
Tubería PEAD, PN 10, D=0.3	\$268.00
Tubería PEAD, PN 6, D=0.3	\$220.00

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 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

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
Rellenos y enrocados	\$30,21	23,43%
Inst. Eléctricas	\$22,59	17,52%
Concreto convencional	\$17,35	13,45%
Equipos hidromecánicos	\$12,47	9,67%
Excavaciones en corte abierto	\$8,08	6,27%
Acero de refuerzo	\$5,92	4,59%
Otros ítems	\$32,32	25,06%
Total	\$128,95	100,00%

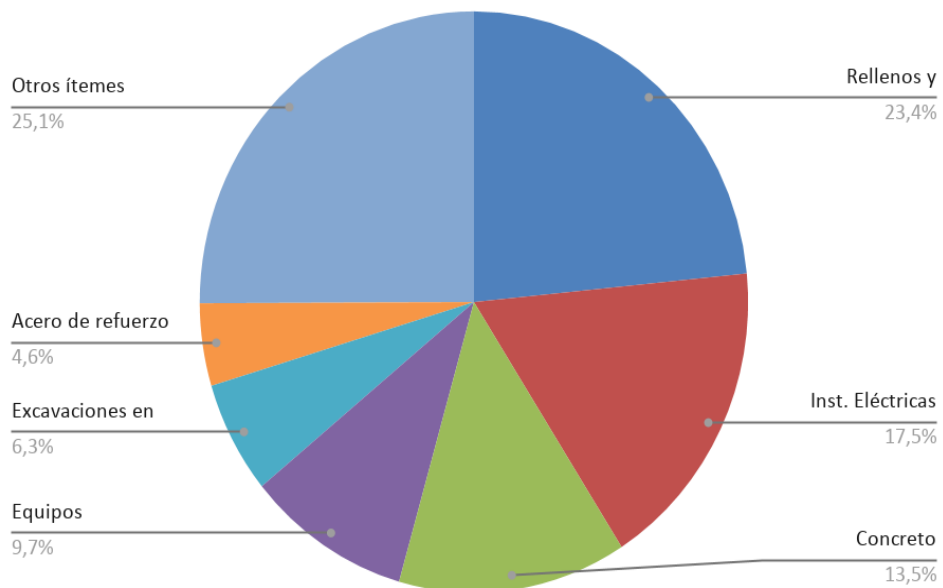


Figura 1. Distribución costos directos por ítems representativos

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

Descripción	Costo (MUSD)	% del Total
Presa y obras anexas	61.60	47.77%
Acceso cámara de compuertas	1.00	0.78%
Cámara de compuertas	1.08	0.84%
Descarga de fondo	4.96	3.85%
Descarga de usos	2.74	2.13%
Presa	41.36	32.08%
Túnel de desvío	3.52	2.73%
Vertedero	6.93	5.38%
Estaciones de bombeo	57.14	44.32%
Equipos eléctricos	9.91	7.68%
Estación de bombeo 1	12.35	9.58%
Estación de bombeo 2	9.77	7.58%
Estación de bombeo 3	11.94	9.26%
Estación de bombeo 4	13.18	10.22%
Vías	10.20	7.91%
Estaciones de bombeo	2.19	1.70%
Presa y obras anexas	8.01	6.21%
Total	\$128.95	100.00%

Los costos directos de construcción ascienden a 128.95 MUSD. Los costos se distribuyen en la presa y obras anexas con 47.77%, sistemas de bombeo con 44.32% y vías con 7.91%.

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	1,934,195	1.50%
Predios	6,447,317	5.00%
Gestión ambiental	7,736,781	6.00%
Diseños	3,868,390	3.00%
Asesoría y supervisión durante construcción	7,736,781	6.00%
Administración del propietario	2,578,927	2.00%
Seguros y pólizas	2,578,927	2.00%
Total costos Indirectos	32,881,319	25.50%
Contingencias	38,683,905	30.00%
Total	71,565,224	55.50%

Con estos costos indirectos y los costos directos se tiene un estimativo total de 200.51 MUSD (128.95 + 71.56 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 Parita, 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	6- 18 m/día
Excavaciones menores	100 - 200 m ³ /día
Excavaciones	200 - 750 m ³ /día
Excavaciones masivas	4000 - 8000 m ³ /día
Rellenos	300 - 600 m ³ /día
Rellenos presa	4000-6000 m ³ /día
Túneles	3.5 -3.9 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; presa, sistemas de bombeo y Red de distribución. Por lo tanto, las mayores restricciones están los rellenos de la presa y 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 desvió
 - Presa
 - Descarga de fondo
 - Descarga de usos
 - Vertedero
- Sistema de bombeo 1
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 2
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 3
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque
- Sistema de bombeo 4
 - Obras de captación
 - Impulsión y tanque

3.2.3 Cronograma general

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 estimado para la construcción de las obras es de 38 meses, más los tiempos de actividades de pre-construcción como estudios y diseños, licenciamiento y proceso de construcción, el cual está estimado en 15 meses, para un total de 53 meses aproximadamente.

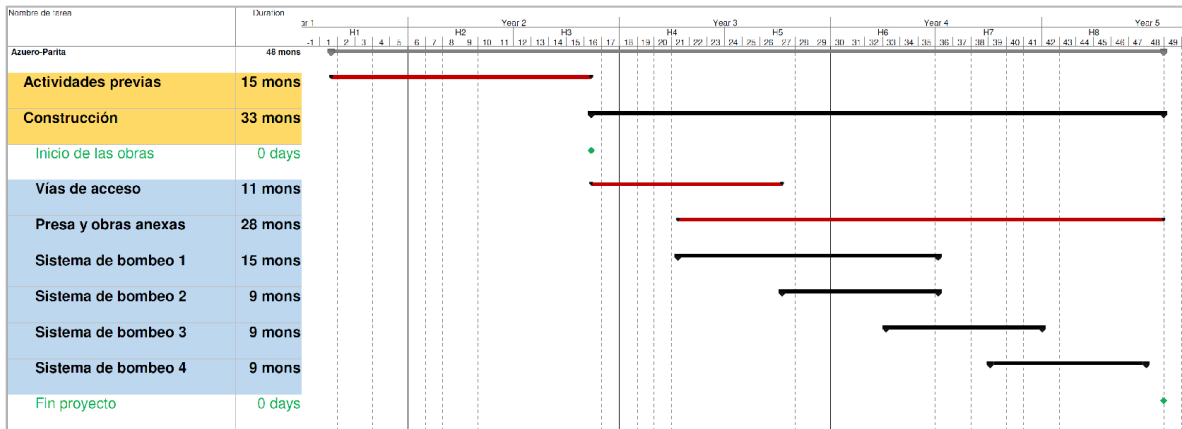


Figura 2. Cronograma de obra resumido

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

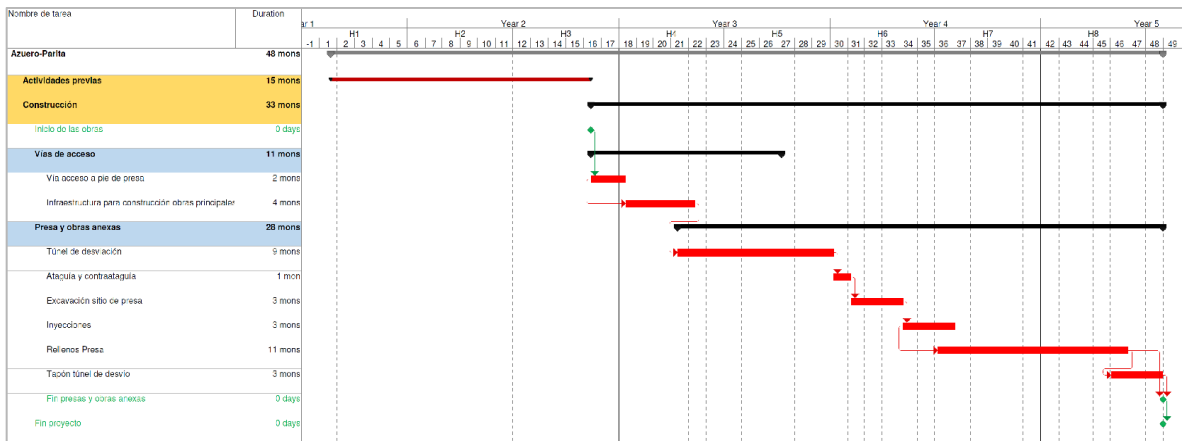


Figura 3. Ruta crítica del proyecto



4 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Las recomendaciones que se describen a lo largo del presente capítulo parten de un análisis de constructibilidad, el cual se ha ejecutado teniendo en cuenta los criterios de diseño de las diferentes disciplinas de la ingeniería que intervienen en el proyecto Parita (recursos hídricos, estructuras, electromecánica, geología y geotecnia, y vías). Esto con el fin de que en futuras fases de proyecto se tomen en cuenta para la ejecución del proyecto presa PA_Parita76.98 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 en el área de presa.

Paralelamente a la construcción de la presa se podrán adelantar los trabajos de las descargas de fondo y de usos, esto incluye la instalación de tramos de blindaje en el túnel correspondiente 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. Posteriormente, se desarrollará un sistema de desvío que se compone de un 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

El túnel de desvío se proyectó con un portal de concreto sobre la margen izquierda del cauce cuya sección es en herradura con paredes rectas. Es preciso tener en cuenta que, una vez terminada la construcción de la presa (y considerando que es una condición para entrar en operación), el túnel de desvío requerirá la implementación de un tapón de concreto. Posterior a ello, será posible realizar el llenado del reservorio.

En cuanto a la metodología de excavación, para el túnel de desvío y demás obras subterráneas (túnel de descarga de fondo y túnel de descarga de usos) se podrá utilizar el sistema de excavación convencional con perforación y voladura, o sistemas mecánicos.

Este método de perforación y voladura 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. Es importante tener presente que, el túnel de desvío contará con revestimiento en concreto convencional para garantizar su estabilidad.

Ataguía y Contraataguía

Para el sistema de desvío se consideró la construcción de una ataguía térrea integrada (23 m de altura) y una contra-ataguía aguas abajo (6 m de altura).

Una vez finalizado el túnel de desvío se procederá a la construcción de la ataguía con el fin de encauzar el flujo de caudales naturales hacia dicho túnel; mientras que, la contra-ataguía busca proteger el área de construcción de la presa frente al retroceso de flujo. 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 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 Tierra Zonificada

La presa Parita es una presa térrea con núcleo de arcilla, cuya cresta alcanza los 51 m de altura. Dicho núcleo está constituido por material proveniente de las excavaciones del vertedero, compuesto por arcillas y limos. Adicionalmente, contará con un dren y filtro chimenea conectado a un dren y filtro horizontal bajo el espaldón de aguas abajo. El núcleo de la presa y el espaldón aguas arriba de la pre-ataguía se planteó en material tipo 1 y 1A. Mientras que, el filtro y el dren deberán constituirse por materiales tipo 2B.

Para la construcción de la presa se requieren movimientos de tierra derivados de las excavaciones del vertedero y zona de cantera, de las cuales se utilizará material tipo 3A, 3B y 3C para conformar la ataguía, la pre-ataguía y contra-ataguía, así como el espaldón aguas arriba y aguas abajo de la presa. Es preciso tener en cuenta que, el lleno inicial que se realizará para conformar la ataguía sin núcleo impermeable, pero su cara mojada estará compuesta por tres capas la primera capa tendrá arenas y limos arcillosos, la segunda gravas menores a 5 cm; y la tercera gravas y piedras entre 5 y 18 cm y subyacente a esta capa tendrá un material homogéneo tipo 3B, dado que esta estructura posteriormente hará parte integral del espaldón aguas arriba de la presa.

Por otra parte, aguas abajo del material tipo 3B, se posiciona la zona de filtros de la cara aguas arriba de la presa (2A y 2B). Las capas de material filtrante se encuentran adosadas al núcleo impermeable, tanto por su cara aguas arriba como para la cara de aguas abajo, presentando una pendiente de conformación de 0.5H:1V y un espesor de 2.0 m.

En cuanto a la impermeabilización para el cuerpo de la presa se considera la construcción de un núcleo en material tipo 1, el cual presenta características granulométricas de tipo arcillosas. Se prevé también la conformación geométrica del núcleo de la presa presenta taludes aguas arriba y aguas abajo de 0.5H:1V y una altura de 42.0 m.

El espaldón de aguas abajo de la presa, al igual que el de aguas arriba, estará conformado exclusivamente en material tipo 3B procedente de las excavaciones tanto del vertedero como de la zona de cantera; con base en conformación geométrica de la presa (2.3H:1V) y la morfología del sitio de emplazamiento.

Como zona de protección ante efectos erosivos para la cara expuesta de los espaldones de la presa, se plantea la construcción de una capa de enrocado de 2 m de espesor (Tipo 4). El material tipo 4 conformará la protección del espaldón aguas arriba o Rip-Rap.

Vertedero de Excesos

La excavación del vertedero y el cuenco amortiguador será la fuente de materiales para el relleno de la presa

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.

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.

4.1.4 Sistemas de bombeo (riego y abastecimiento)

Se proyectaron cuatro (4) sistemas de bombeo, los cuales están compuestos de un dique - vertedero, un canal de limpia, una bocatoma, el canal de conducción, un desarenador, un tanque de succión o carga y los tanques de almacenamiento. 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 par 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. Paralelamente se realizará la colocación de concretos para la construcción de canales, desarenador y a la estación de 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 Parita están relacionadas a los siguientes aspectos:

- Movimiento de tierras (incluyendo excavaciones y rellenos),
- Fabricación y colocación de concretos,
- Suministro e instalación de equipos electromecánicos,
- Obras subterráneas (Túnel de desvío, Descarga de fondo y Descarga de usos para riego)

4.2.1 Movimiento de tierras

La presa Parita es una presa térrica con núcleo de arcilla, cuya cresta alcanza los 51 m de altura. Para su construcción se requieren movimientos de tierra que consideran excavaciones en corte abierto, el relleno para la presa, y el relleno de la preatagüa, la atagüa y la contra-atagüa. En cuanto a las excavaciones en corte abierto se calcularon 416,000 m³ (con un área de chaflán de 23,000 m²) destinados para el relleno de la presa y 156,400 m³ al vertedero (con un área de chaflán de excavación cercana a los 76,500 m²).

Para el relleno de la presa se estimó un volumen de 1,560,000 m³, aproximadamente, incluyendo la atagüa y pre-atagüa. Este relleno se disgrega en distintos volúmenes, de la siguiente manera:

Tabla 10. Volúmenes de material de relleno para la presa Parita

Material relleno Zona	Cantidad (m ³)
1	404,772
2B	85,651
2A	126,204
3B	742,303
4 Rip Rap	35,849

Finalmente, en cuanto al relleno de la pre-atagüa, atagüa y contra-atagüa se estimó un volumen de 11,100 m³, 155,300 m³ y 11,100 m³, respectivamente.

Dado que la actividad de movimiento de tierras implica el manejo de grandes volúmenes de material producto de la excavación, será necesario contar con equipo idóneo. Adicionalmente, es preciso tener los cuidados normales y propios derivados del manejo de excavaciones. Si bien no se trata de excavaciones profundas, no se preveía 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 convencional con diferentes resistencias a la compresión (f_c); 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 concreto sería fabricado en la planta y se utilizaría para las siguientes obras:

- Túnel de descarga de fondo (cuya longitud potencial es de 6.91 m, 8.08 m de ancho en la entrada y 5.80 m de ancho en la reducción), incluyendo muros y la reja en las compuertas de la cámara
- Túnel de descarga de usos (cuya longitud potencial es de 5.10 m, 3.80 m de altura libre a la entrada y 2.10 m de altura libre a la salida con losa de 1.15 m)
- Cámara de válvulas (para el revestimiento)

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 Parita 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 una compuerta radial sumergida con sello periférico, accionada por un servomotor hidráulico de doble efecto. La descarga de usos se constituye de una estructura de entrada, seguido por una blindaje hasta la caseta de válvulas. El control y la regulación de caudal se realizará a través un válvula de cono fijo o tipo Howell Bungler.

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 Excavaciones de obras subterráneas

Durante la construcción de la presa Parita, es necesario tener manejo del río para lo cual será necesaria la construcción de un túnel de desvío, así como para la descarga de fondo y la descarga de usos. 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 mantención 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 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 128,95 MUSD, distribuido en 61,60 MUSD para la presa y obras anexas (47,77%), 57,14 MUSD para los sistemas de bombeo (44.32%) y 10,20 MUSD para las vías (7,91%).
- Los costos indirectos tienen un valor de 32.88 MUSD y 38.69 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 seis áreas generales de trabajo, las cuales a su vez tienen frentes simultáneos de trabajo.
- El proyecto tiene una duración estimada de 48 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, inyecciones, presa térrea con núcleo de arcilla y tapón túnel de desvío.
- La adecuada y oportuna gestión del suministro de la tubería (acero y GRP) permitirá iniciar de manera temprana la instalación y evitará impactos en la ruta crítica.
- La construcción del potencial reservorio Parita 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, así como el suministro y la fabricación de equipos

hidromecánicos. 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