

PROPUESTA DEL CONSEJO NACIONAL DEL AGUA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA MUNICIPAL E INDUSTRIAL (MI) A LOS LAGOS GATÚN Y ALHAJUELA, PERTENECIENTES A LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ.



COMPARACIÓN DE LOS EMBALSES GATÚN Y BAYANO

BAYANO

Descripción	Unidad	Bayano
Área de Drenaje	Km ² / millas ²	3,652/1,410
Flujo Medio Anual	m ³ /s / Mm ³ / Mgd	176.1 / 15.2 / 4019
Volumen total del Embalse	Mm ³ /MCF	4,020 / 141,965
Volumen útil del Embalse	Mm ³ /MCF	2580 / 91,111
Nivel máximo de Operaciones	msnm/pie	62.3 / 204.34
Nivel mínimo de Operaciones	msnm/pie	49.0 / 160.72
Nivel de descarga (una unidad)	msnm/pie	7.0 / 22.96
Caudal promedio turbinado anual	m ³ /s / cfs	156.53 / 5,519.68

GATÚN

Descripción	Unidad	Gatún
Área de Drenaje	Km ² /millas ²	3,338/1,289
Caudal Medio Anual	m ³ /s / Mm ³ /Mgd	148.49 / 12.8/3,389
Volumen total del Embalse	Mm ³ /MCF	4,100/144,790
Volumen útil del Embalse	Mm ³ /MCF	766 /27,051
Nivel máximo de Operaciones	msnm/pie	26.67/87.5
Nivel mínimo de Operaciones	msnm/pie	24.84/81.5

PROPUESTA DEL CONSEJO NACIONAL DEL AGUA.

Con relación a la necesidad de agua para garantizar las operaciones del Canal de Panamá e igualmente el suministro a otros entes con un caudal de 41 m³/s, caudal mínimo.

El CONAGUA propone que el Estado Panameño adquiriera el 49.07% acciones de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz (Bayano) que posee AES Panamá, S.R.L. La Republica de Panamá posee el 50.46% de las acciones y otros socios poseen el 0.47% de las acciones.

La PRIMERA PRIORIDAD propuesta por CONAGUA, que toda el agua que permite almacenar el lago Bayano garantice el suministro de agua Municipal e Industrial (M&I) a los lagos del Canal de Panamá y (Suministro de agua potable para las regiones de Panamá Este y Oeste, Provincia de Colon y área Metropolitana y como alternativa para reforzar la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá). Esta garantía sería el 100% hasta el año 2075.



DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA BAYANO

La Central Hidroeléctrica Bayano desde su inauguración en el año 1976 se construyó para cuatro equipos hidrogeneradores. Inicio con dos equipos instalados, al ser privatizado se repotenciaron las dos iniciales y se instaló la tercera unidad (2004). En la actualidad existen 3 unidades trabajando y el cuarto foso vacío.

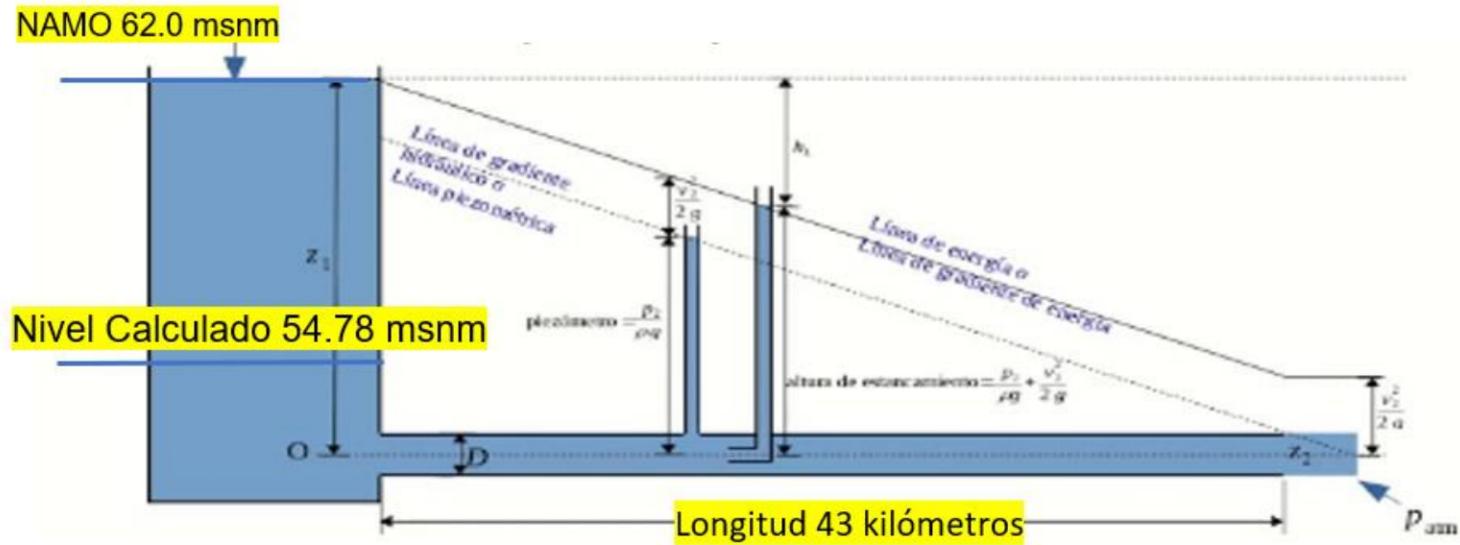
Se estaría aprovechando **la energía de los niveles del embalse Bayano**, para transportar el agua a una distancia aproximada de 43 kilómetros (ver anexo 1).

El nivel promedio histórico de operación del lago del Bayano es la cota 57 msnm.

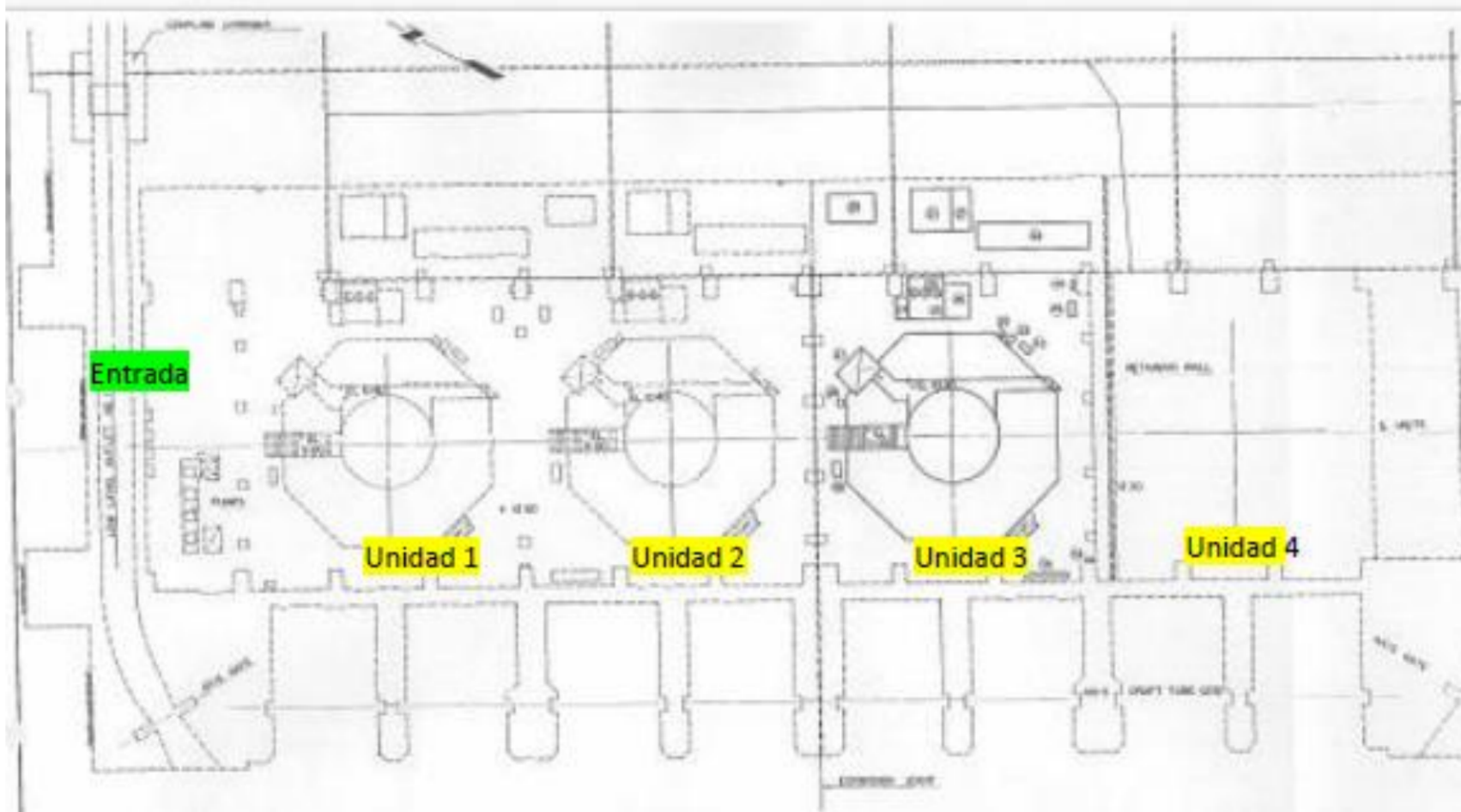
Para transportar el caudal mencionado en nuestros cálculos hemos determinado el nivel **54.78 msnm**.

Es necesario mover la unidad 1 a la posición de la unidad 4. De esta manera el desfogue de la unidad 1 quedaría libre y es la posición más cerca de la margen derecha del río Bayano.

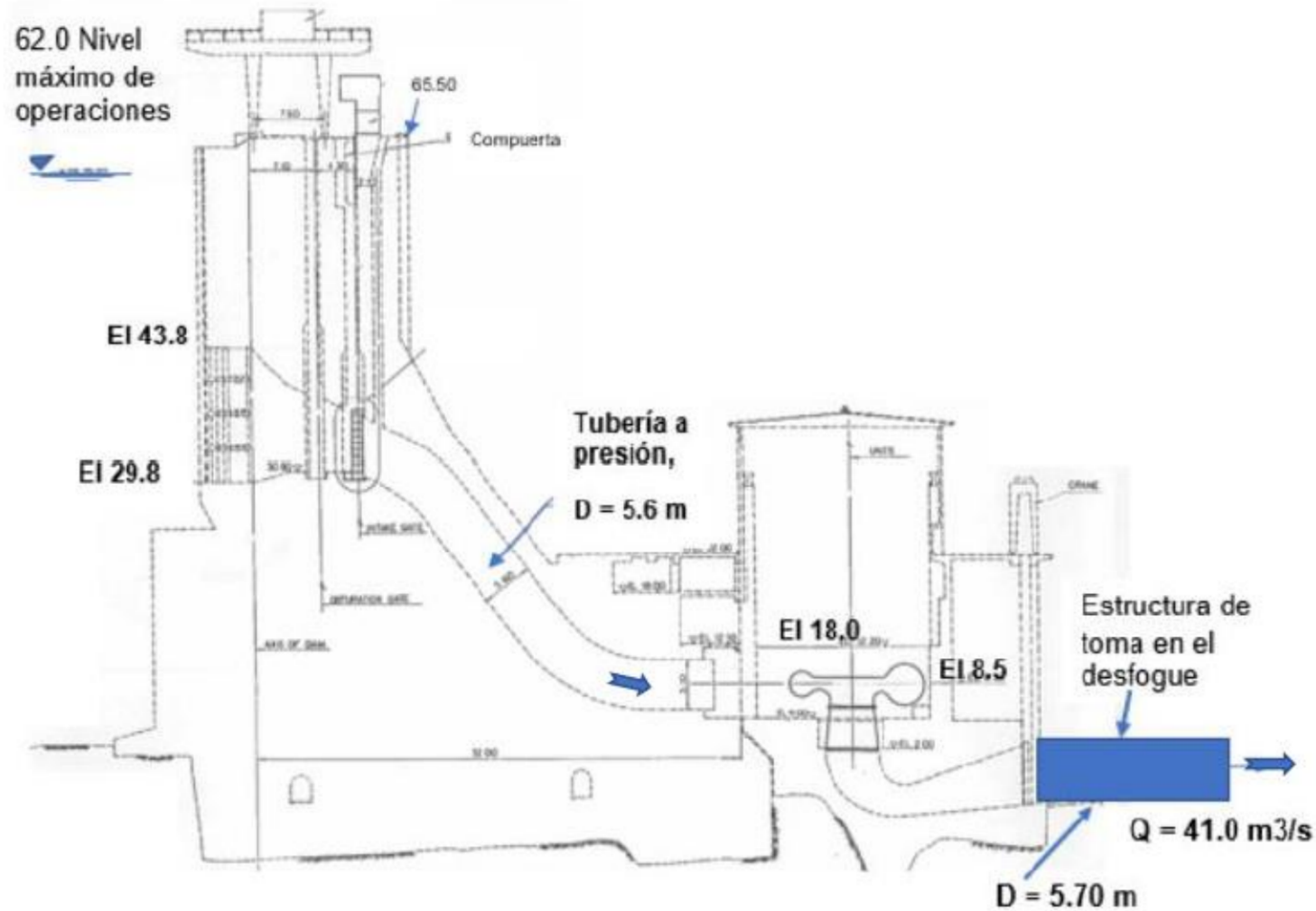
PRINCIPIO HIDRÁULICO



SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS INSTALADOS EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA ASCANIO VILLALAZ-BAYANO

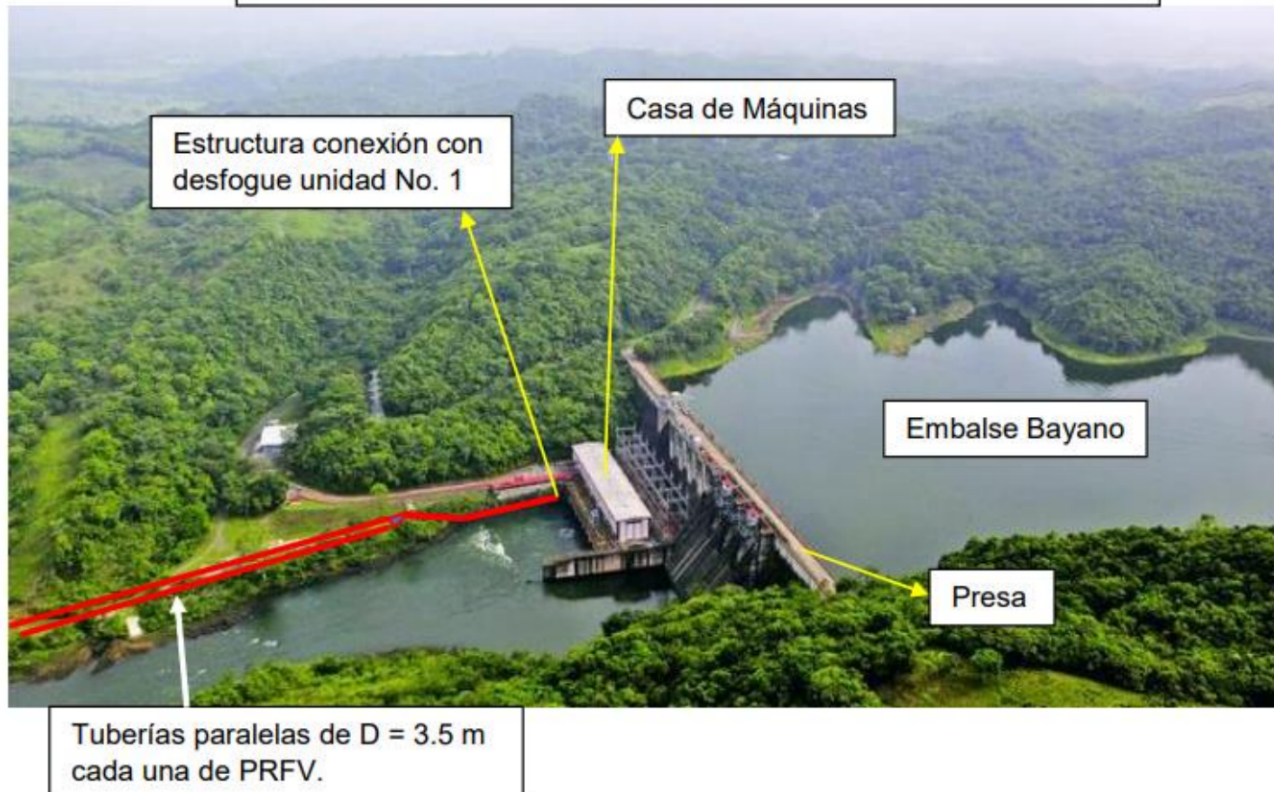


SECCIÓN TRANSVERSAL DE OBRA DE TOMA. UNIDAD 1.



SE UTILIZA EL DESFOGUE DE LA UNIDAD 1, PARA COLOCAR UNA TUBERIA DE DIAMETRO 5.70 m.

Central Hidroeléctrica Bayano
Esquema de Conexión con desfogue Unidad No. 1



ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL DESFOGUE A LA TUBERIA DE CONDUCCIÓN

- En el desfogue del equipo de la posición Unidad No. 1, es necesario hacer una estructura de toma con una tubería de 5.70 metros de diámetro interior, y una longitud de 60 metros hacia aguas abajo, se hará embebido en un bloque de concreto armado con el diseño estructural de acuerdo a las normas internacionales.
- Seguidamente a esta la longitud de 60 metros mediante el uso de codos, se coloca en **la margen derecha**, con el mismo diámetro de 5.7 metros, una vez en tierra se colocará un bifurcador que deriva en dos tuberías paralelas, cada brazo tendrá un diámetro interior de 3.5 m de diámetro de material de Polietileno Reforzada de Fibra de Vidrio (PRFV). Diámetros usados por INGETEC, 2019.
- Después del bifurcador salen las dos (2) líneas de 3.5 m de una longitud de 43 kilómetros cada una.
- El nivel 54.78 msnm nos permite presurizar el agua en las tuberías y la poderla transportar a una **distancia de 43 Kilómetros (sin bombeo)**, desde el pie de presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz, hasta el poblado conocido como **Tanara**.

CALCULOS HIDRÁULICOS

Piping Loss Calculations

Input Values	
Pipe ID	3.5 m
Roughness	0.000029 m
Length	43,000 m
Sum(K)	0
Density	1000 kg/m ³
Kin Visc	1.000E-06 m ² /s
Head	25.892 m
Flow	20.500 m ³ /s

$$\text{Head Loss} = (f L / D + \text{Sum}(K)) * V^2 / (2g)$$

Head Loss, given piping and flow	
Velocity	2.131
Re	7.46E+06
Rel Rougness	0.000029
Guess f	0.00857
Iterate	0.00913
f to	0.00910
improve	0.00910
	0.00910
Final f	0.00910
Head	25.89
Flow	20.50000

Flow, given piping and head loss						
Guess f	0.00850	0.00907	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910
Velocity	2.205	2.134	2.131	2.131	2.131	2.1307
Re	7.72E+06	7.47E+06	7.46E+06	7.46E+06	7.46E+06	7.46E+06
Rel Rougness	0.000029	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003
Iterate	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782
f to	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910
improve	0.00907	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910
	0.00907	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910
Final f	0.00907	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910	0.00910
Head	27.642	25.973	25.896	25.892	25.892	25.892
Flow	21.21583	20.53341	20.50120	20.49964	20.49957	20.500

Hf long, m	*Hf acc, m	Hf total, m	Descarga msnm	Bayano Nivel, msnm
25.892	3.884	29.776	25.00	54.78

Dos tuberías de PRFV2			*15% de Hf long
Diametro interior	Caudal por una línea	Caudal total	
m	m ³ /s	m ³ /s	
3.5	20.50	41	86400 s
			3,542,400.00 m3
			17.01 Esclusaje Equivalente
un ET	208,198.00 m3		6,210.32 Esclusajes equivalentes por año

CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Piping Loss Calculations		Head Loss = (f L / D + Sum(K)) * V^2 / (2g)									
Input Values		Head Loss, given piping and flow		Flow, given piping and head loss							
Pipe ID	3.5 m	Velocity	2.391	Guess f	0.00850	0.00898	0.00900	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901
Roughness	0.000029 m	Re	8.37E+06	Velocity	2.461	2.394	2.391	2.391	2.391	2.391	2.3905
Length	43,000 m	Rel Rougness	0.000029	Re	8.61E+06	8.38E+06	8.37E+06	8.37E+06	8.37E+06	8.37E+06	8.37E+06
Sum(K)	0	Guess f	0.00857	Rel Rougness	0.000029	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003
Density	1000 kg/m ³	Iterate	0.00903	Iterate	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782	0.00782
Kin Visc	1.000E-06 m ² /s	f to	0.00900	f to	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901
Head	32.240 m	improve	0.00901	improve	0.00898	0.00900	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901
Flow	23.000 m ³ /s		0.00901		0.00898	0.00900	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901
		Final f	0.00901	Final f	0.00898	0.00900	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901	0.00901
		Head	32.24	Head	34.068	32.322	32.244	32.240	32.240	32.240	32.240
		Flow	23.00000	Flow	23.67417	23.03015	23.00104	22.99970	22.99964	22.99964	23.000

Hf long, m	*Hf acc, m	Hf total, m	Descarga msnm	Bayano Nivel, msnm
32.240	4.836	37.076	25.00	62.08

Dos tuberías de PRFV2			*15% de Hf long	
Diametro interior	Caudal por una línea	Caudal total		
m	m ³ /s	m ³ /s		
3.5	23.00	46	86400 s	
			3,974,400.00 m3	
			19.09	Esclusaje Equivalente
			6,967.68	Esclusajes equivalentes por año

SITIO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO



- ▶ El sitio donde llega el agua se construirá la cámara de descarga y la estación de Bombeo, desde aquí se bombearía el agua al Lago Alhajuela y al Lago Gatún. Cada línea de tubería estaría transportando $20.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (467,901,500 galones días = 8.51 Esclusajes equivalentes día) ($41 \text{ m}^3/\text{s} = 935,803,100$ galones días = 17.02 Esclusajes equivalentes día). 6,212 esclusajes equivalentes al año.

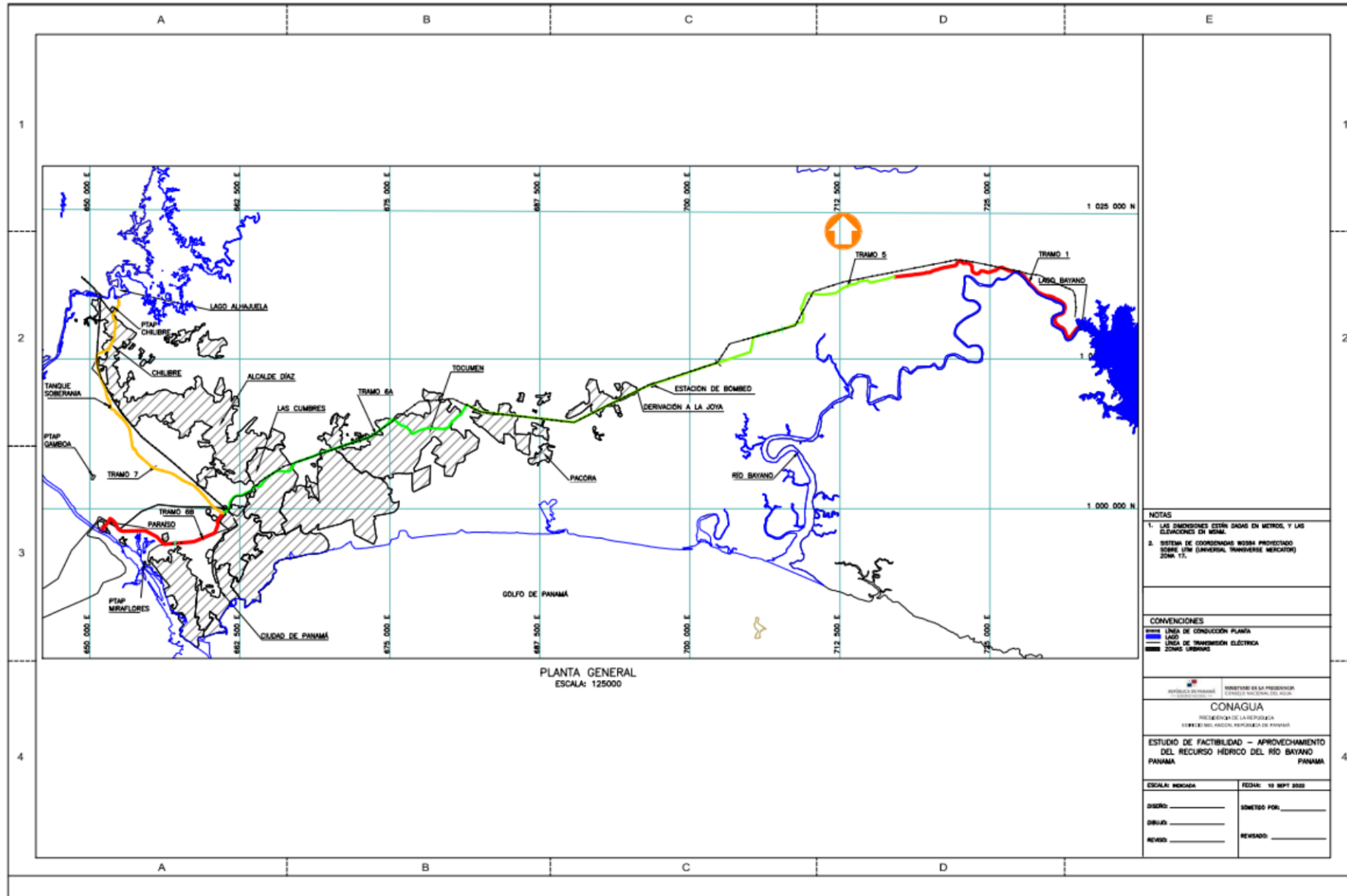
ESQUEMA DESDE LA ESTACIÓN DE BOMBEO A LOS LAGOS DE ACP.

- ▶ Desde la estación de bombeo, sale una sola línea de tubería de 3.5 metros de diámetro de PRFV, que transporta un $Q = 41 \text{ m}^3/\text{s}$. La línea de tubería llega a la “Y” con una longitud 43.861 Km. Desde la “Y” hacia el norte sale el ramal que va al lago Alhajueta, con una longitud de 24.185 Km, estaría transportando $20.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y entregaría agua cruda directamente a la PTAP Gamboa, unos 80 millones de galones diarios ($3.5 \text{ m}^3/\text{s}$), con una línea de 1.6 m de diámetro, derivando antes de llegar al tanque Soberanía. La misma línea de tubería que va al lago Alhajueta, entraría entregando agua cruda directamente a la PTAP Federico Guardia Conte (Chilibre) unos 250 millones de galones al día ($10.95 \text{ m}^3/\text{s}$), con una tubería de 2.1 m de diámetro. El Caudal sobrante se estaría entregando al lago, sería $20.5 - 10.95 - 3.5 = 6.05 \text{ m}^3/\text{s}$. Al no extraerse agua del lago Alhajueta ni del lago Gatún para ambas Potabilizadoras se dispondría de $20.5 = 467,901,500$ galones días = 8.51 Esclusajes equivalentes día. □
- ▶ Desde la “Y”, la línea de tubería que va al lago Gatún con una longitud de 12.96 Km, estaría entregando agua cruda directamente a la Planta Potabilizador Miraflores unos 50 millones de galones al día ($2.19 \text{ m}^3/\text{s}$) $L = 1.0 \text{ Km}$, con un diámetro de 1.37 m. El caudal sobrante se estaría entregando al lago, sería $20.5 - 2.19 = 18.31 \text{ m}^3/\text{s}$. Al no extraerse agua del lago Gatún por la Potabilizadora, se dispondría del total $20.5 \text{ m}^3/\text{s} = 467,901,500$ galones días = 8.51 Esclusajes equivalentes día. □ Resumiendo, se tendría disponible $41 \text{ m}^3/\text{s} = 935,803,100$ galones día = $3,542,400 \text{ m}^3/\text{día} = 17.01$ esclusajes equivalentes al día

ESQUEMA DESDE LA ESTACIÓN DE BOMBEO A LOS LAGOS DE ACP.

- ▶ Resumiendo, se tendría disponible $41 \text{ m}^3 / \text{s} = 935,803,100 \text{ galones día} = 3,542,400 \text{ m}^3 / \text{día} = 17.01 \text{ esclusajes equivalentes al día}$. □ Se utilizaría un solo bombeo, desde Tanara a los lagos Alhajuela y Gatún.
- ▶ La Potencia a instalar sería de 70.543 MW con una energía anual de $488,441,852 \text{ KWh-año}$, pago de energía anual a $0.138 \text{ \$KWh} = 67.405 \text{ MUSD}$.
- ▶ En el caso de la alternativa 10 presentada por INGETEC se estarían utilizando dos (2) estaciones de bombeo, una desde el río Bayano hasta el tanque Malambo.

ESQUEMA DEL TRAVASE



ALTERNATIVA DESARROLLADA POR INGETEC

- ▶ En el caso de la alternativa 10 presentada por INGETEC se estarían utilizando dos (2) estaciones de bombeo, una desde el río Bayano hasta el tanque Malambo y se presuriza hasta Tocumen donde estaría el rebombeo y allí a los lagos Alhajuela y Gatún.
- ▶ Potencia total = 129.42 MW Energía KWh-año = 732,387,333 KWh-año Pago de energía anual \$ (USD) = 101,069,452.

Estación de bombeo					
Jesús María			Tocumen		
Potencia MW	Energía KWh-año	Pago de energía anual, \$ (USD)	Potencia MW	Energía KWh-año	Pago de energía anual, \$ (USD)
83.56	731,985,600	101,014,012	45.86	401,733	55,439

COSTOS PROPUESTA CONAGUA

COSTOS DE LA PROPUESTA BAYANO Caudal 41 m³/s a los lagos

Descripción	Costos (MUSD)
Compra acciones de la Central Hidroeléctrica Bayano	300.00
Cambio de Posición U1 a U4*	6.84
Estructura de toma en desfogue	2.00
Tramo 1 desde desfogue hasta estación de Bombeo, Dos (2) Líneas de 43 Km, total 86 Km, D = 3.5 m de PRFV.	347.35
Tramo desde estación de bombeo hasta fin tramo 5 L=18.835, D = 3.5 m de PRFV	76.07
Tramo 6A	151.98
Tramo 6B	34.94
Tramo 7	102.06
Tanques de carga	9.28
Estación de Bombeo Tanara (única)	39.84
Estructura de entrega al lago Alhajuela	3.28
Tuberías de entregan a las 3 PTAP (0.58Ch+0.64M+6.75G)	7.97
Subtotal obras civiles	1081.61
Predios y Servidumbres	80.00
Manejo Ambiental	18.50
Infraestructura para la construcción	3.90
Subtotal otros costos	102.40
Diseño, administración, seguros	93.15
Imprevistos	170.76
Subtotal costos indirectos	264.14
Total costo construcción	1,448.15

Costos tomados de la Factibilidad Alternativa 10 Bayano INGETEC.

* Cortesía AES Panamá/Estimado ANDRITZ.

Costos Total de Construcción
Alternativa 10, 2,368.7 MUSD, (ver anexo acápite 1,7 Costos y Presupuestos) Caudal 37,5 m³/s. A los lagos 25 m³/s. La alternativa 10 es más cara que la propuesta de CONAGUA por \$ 920.55 MUSD. Caudal 41 m³/s a los lagos.

CRONOGRAMA DE LA PROPUESTA CONAGUA

- ▶ Consideramos que la Alternativa de CONAGUA se puede construir en 42 meses, igual tiempo al propuesto en la alternativa 10.

CONSIDERACIONES DE RÍO INDIO

► Estudios realizados

El 01 de septiembre de 1999 se realizó el contrato No. 20075 (CC-5-536) entre Panama Canal Comision, con Montgomery Watson Harza Engineering Company, para realizar un Estudio de Factibilidad⁴ de ingeniería del proyecto de suministro de agua de Río Indio. En el estudio Río Indio Water Supply Project Autoridad del Canal de Panamá. (Contract Number CC-3-536). MWH5 / TAMS. Abril 2003). Se presenta las siguientes consideraciones:

Las precipitaciones y consecuentemente el caudal en la cuenca del Río Indio se ven afectados por El Niño. Durante los episodios de 1976, 1982, 1997 y 1998, los flujos anuales fueron alrededor del 72, 75, 43 y 69 por ciento del flujo anual medio a largo plazo.

En el caso de la cuenca del lago Gatún del Canal de Panamá se realizó otro estudio bajo el mismo contrato, STUDY OF VARIATIONS AND TRENDS IN THE HISTORICAL RAINFALL AND RUNOFF DATA IN THE GATUN LAKE WATERSHED, December 27 2001 MWH7 Project Number \ 15000 \ 15593 \ Task order 7- Gatun Trends \ Report. El Niño de 1976-1977 y 1997-1998 fueron muy severos y resultaron en flujos anuales medios significativamente bajos.

CONSIDERACIONES DE RÍO INDIO

- ▶ Se puede concluir que el Efecto El Niño en la cuenca del Río Chagres, embalse Gatún afecta de forma similar a la cuenca del Río Indio, cuenca adyacente a la cuenca del Canal de Panamá. El fenómeno de El Niño provoca una disminución tanto de precipitación y escorrentía de forma similar a ambas cuencas.
- ▶ En documento PLAN MAESTRO DEL CANAL DE PANAMA, 07 DE JUNIO DE 2006, se presenta lo siguiente:

Acápiteme 7.9.57 Rendimiento hídrico la opción descartada de Río Indio La opción descartada de Río Indio presenta, por sí sola, el más alto rendimiento hídrico de todas las opciones estudiada, aunque la misma no es suficiente, por sí sola, para suplir las necesidades totales de agua más allá del año 2025. Sin embargo, esta opción presenta significativos impactos negativos de índole sociambientales, tales como la reubicación de hasta 1,600 personas y la inundación de áreas de bosques secundarios. Estas consideraciones disminuyen sustancialmente su atractivo como opción hídrica viable, razón por la cual esta opción ha sido descartada.

CONSIDERACIONES DE RÍO INDIO

En el año 2016 la Autoridad del Canal de Panamá contrato a INGETEC para **“Estudios para la elaboración del diseño conceptual del reservorio multipropósito en la Cuenca de Río Indio y proyectos complementarios para el manejo de la cuenca”**.

En el informe **“Reporte Intermedio de Diseño Conceptual. Rev. D. 05-07-2019 Reporte alternativa D”**, del contrato mencionado en el párrafo anterior.

1.2.3 Información base

1.2.3.1 Información topográfica

Levantamiento topográfico con sistema LIDAR, curvas de nivel a cada metro, Datum UTM 17 N NAD 27, ACP, julio de 2015.

1.2.3.2 Curva de capacidad del reservorio Río Indio

Curva de capacidad del reservorio elaborada por INGETEC (Informe No. INDIO-RP-GG-RFAC-001 Capítulo 3.2.3), a partir de la información topográfica obtenida mediante sistema LIDAR (ACP, 2015); la cual presenta una disminución en el volumen del reservorio de 60.4 hm^3 , con respecto a la curva de capacidad del reservorio utilizada en el Estudio de Factibilidad de MWH (2003), para el nivel de reservorio a la elevación 80 m PLD. La Figura 1.2 presenta la curva de capacidad del reservorio elaborada por INGETEC.

CONSIDERACIONES DE RÍO INDIO

- ▶ Levantamiento topográfico con sistema LIDAR, curvas de nivel a cada metro, Datum UTM 17 N NAD 27, ACP, julio de 2015. Tabla 17. Curva de Capacidad del Reservoirio Río Indio. Estudio de Factibilidad MWH (2003). En el estudio de MWH (2003) **el número de esclusajes diarios es 15.8.**
- ▶ La disminución encontrada en el embalse del año 2015 por INGETEC y verificado por ACP, es de 60.4 hm³ (60 millones de metros cúbicos al año). Esta reducción de volumen equivale a 288.19 esclusajes al año menos, es igual a 0.8 esclusajes diarios. Por lo tanto, el embalse Río Indio estaría dando solamente 15 esclusajes
- ▶ En el Informe **“Reporte de Diseño Conceptual - Volumen Hidrología e Hidráulica. Rev. A. 05-07-2019. INDIO-CDR-HYD-001.**
- ▶ INGETEC presenta una disminución de caudales en la cuenca del río Indio desde el año 1948 hasta el periodo actual. Igualmente, los caudales de entrada al lago Gatún. En el caso del lago Alhajuela es creciente.
- ▶ El trasvase de Río Indio es solamente desde el mes febrero a mayo (almacenamiento mensual), el resto de los meses se estarían recuperando el embalse.

CONSIDERACIONES DE RÍO INDIO

INDIO RIVER MULTIPURPOSE RESERVOIR

La curva de variabilidad anual de los caudales en el sitio de presa se construyó una vez transportados los caudales en la estación Río Indio - Boca de Uracillo. La Figura 25 muestra una tendencia decreciente para los caudales a partir del año 1948 hasta el período de análisis actual.

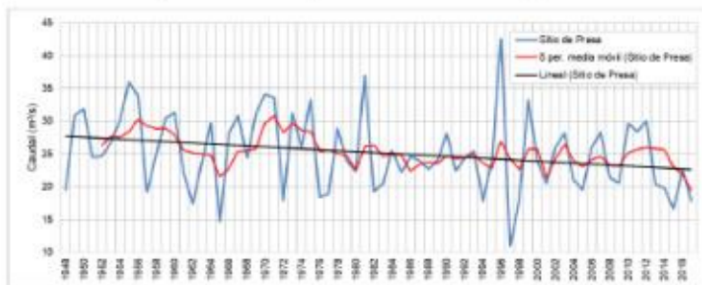


Figura 25. Variación anual caudales en el sitio de presa – Río Indio

5.1.3. Lago Gatún

La estimación de caudales afluentes para el Lago Gatún y el Lago Alhajuela se basó en la información suministrada correspondiente a los registros de caudales medios mensuales y diarios registrados en las seis estaciones de monitoreo sobre la cuenca del canal de Panamá. El análisis realizado para la cuenca del Lago Gatún corresponde al área intermedia aguas abajo del lago Alhajuela y el espejo de agua del Lago Gatún. Tres de estas se encuentran sobre tres cauces afluentes del Lago Alhajuela y las otras tres, sobre tres cauces afluentes del Lago Gatún. Para estos ríos, se analizaron los registros históricos para el período 1948 – 2014 a nivel mensual y se complementó el período 2015-2016 a partir de los datos diarios suministrados posteriormente.

5.1.3.1. Cuenca Instrumentada

Como se mencionó en el numeral 3.1.2.2, la cuenca del Lago Gatún se encuentra monitoreada en los afluentes Gatún, Trinidad y Ciri Grande. Para estos ríos, se analizaron los registros históricos para el período 1948 – 2016. De acuerdo con el anuario hidrológico ACP (2016), el porcentaje de cuenca afluente al lago Gatún que se encuentra instrumentada equivale a un 26%, lo anterior de acuerdo con la información presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Áreas de cuencas instrumentadas - afluentes Lago Gatún

Río	Área (km ²)
Río Gatún	119
Río Trinidad	171
Río Ciri Grande	192
Espejo de agua	425
Área total cuenca río Gatún	2312

CONSIDERACIONES LAGO GATUN

INDIO RIVER MULTIPURPOSE RESERVOIR

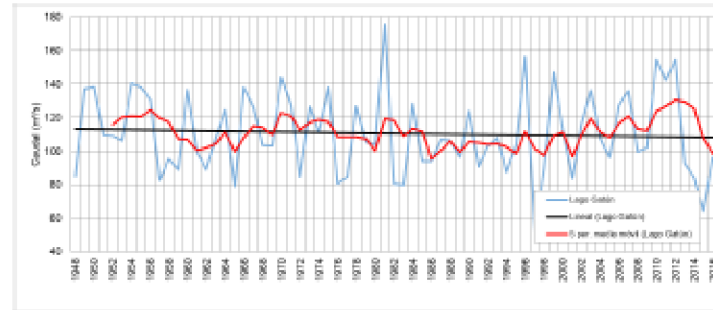


Figura 34. Variación anual de caudales de entrada al Lago Gatun

5.1.4. Lago Alhajuela

5.1.4.1. Cuenca Instrumentada

La cuenca del Lago Alhajuela se encuentra monitoreada en los afluentes Chagres, Pequení y Boquerón. Para estos ríos, se analizaron los registros históricos para el periodo 1977 – 2016. De acuerdo con la información presentada en el Anuario Hidrológico de la ACP para el año 2016, el porcentaje de cuenca afluente al lago Alhajuela que se encuentra instrumentada equivale a un 65%, lo anterior de acuerdo con la información presentada en la Tabla 22.

Tabla 22. Áreas de cuencas instrumentadas - afluentes Lago Alhajuela

Río	Área (km ²)
Río Chagres	407
Río Pequení	145
Río Ciri Grande	91
Espejo de Agua	41
Área total cuenca río Gatun	1026

Fuente: ETESA, 2017

Río Boquerón

Tabla 23. Caudales promedio Río Boquerón - Estación Peluca (m³/s)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

CONSIDERACIONES LAGO ALHAJUELA

INDIO RIVER MULTIPURPOSE RESERVOIR

Variación anual

Adicionalmente, se construyó la curva de variabilidad anual de los caudales afluentes al sistema. En la Figura 42 se observa una tendencia creciente para los caudales del Lago Alhajuella.

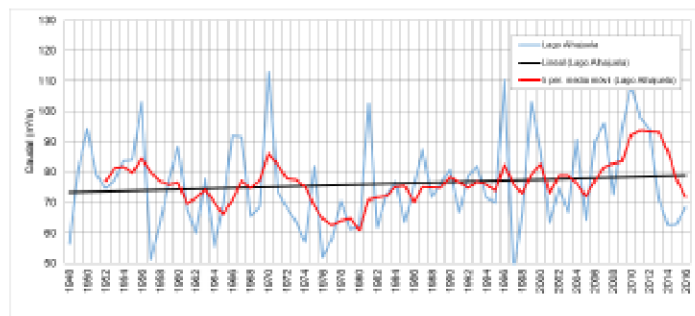


Figura 42. Variación anual de caudales de entrada al Lago Alhajuella

5.2. CAUDALES MÁXIMOS

En el sitio de proyecto, localizado aguas abajo del sitio de operación de la estación Boca de Uraclillo aproximadamente 5 km, existen registros de caudales máximos Instantáneos o caudales pico de las crecientes hasta el año 1999. Esta estación es de tipo limnigráfica o registro continuo.

Con el fin de complementar la caracterización de las crecientes contemplando el periodo 2000 – 2016 (2017 no fue contemplado dado que no se tienen los registros de octubre a diciembre que corresponde a época de crecientes) se utilizó una metodología indirecta basada en determinar la relación existente entre el caudal máximo Instantáneo y el caudal máximo promedio diario. Esta relación se puede determinar mediante formulaciones regionales presentadas por Ven Te Chow y Fuhrieh que se basan en mediciones realizadas en diferentes cuencas instrumentadas. Con el fin de tener el comportamiento propio de la cuenca de río Indio se determinó esta relación con los registros de caudales máximos Instantáneos anuales y de caudales máximos anuales promedios diarios. El desarrollo de la metodología propuesta se presenta a continuación.

5.2.1. Determinación de la relación entre el caudal máximo Instantáneo y caudal máximo diario en Río Indio

A partir de las series de caudales máximos Instantáneos en la estación Boca de Uraclillo se realizó el ajuste estadístico de los registros disponibles los cuales comprenden el periodo 1979 – 1996.

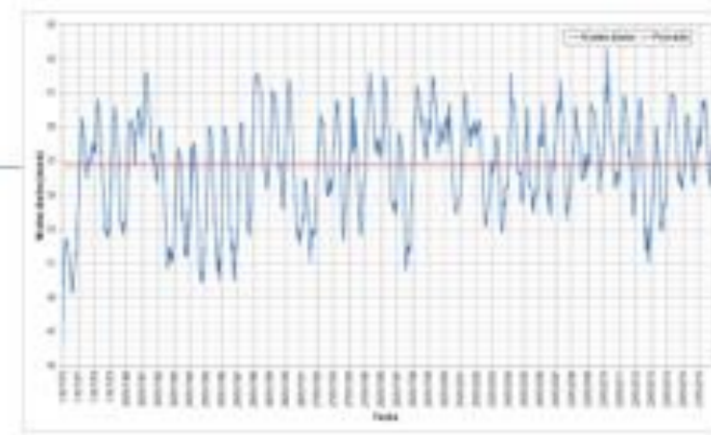
CONSIDERACIONES LAGO BAYANO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RÍO BAYANO

Se cuenta con niveles del embalse registrados en el periodo octubre de 2016 a julio de 2017. En la Figura 28, se presentan los niveles diarios registrados en el sitio de presa.

En algunas ocasiones se presentaron cambios abruptos de niveles registrados en el lago de un día para otro, de los cuales se desconoce su causa exacta. Lo que se puede observar en estas fechas de cambios abruptos son valores muy altos de volúmenes descargados, y por ende, de caudales afluentes al lago negativos al momento de realizar el balance hídrico.

Figura 28. Niveles diarios registrados en el sitio de presa Bayano.



4.4. Caudales afluentes

Para el cálculo de las afluencias al lago Bayano se realiza un balance hídrico en el embalse con los registros de caudales de operación y niveles registrados en el embalse presentados anteriormente. El balance hídrico es el siguiente:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ▶ El CONAGUA propone que Estado Panameño adquiriera el 49.07% acciones de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz (Bayano) que posee AES Panamá, S.R.L.
- ▶ La propuesta de CONAGUA (BAYANO) es más económica que la propuesta Alternativa 10 de INGETEC. El caudal a trasvasar sería de 41 m³ /s diario todo el año de ser necesario, mayor que la Alternativa 10.
- ▶ El trasvase agua desde BAYANO permite la entrega directa de agua cruda a la Plantas de Tratamiento de Agua Potable: Chilibre, Miraflores y Gamboa y el excedente se trasvase a los lagos Alhajuela y Gatún, tendríamos 17.01. Esclusajes equivalentes diarios. Logrando en el corto plazo la construcción (42 meses), la entrega necesaria del 2075.
- ▶ El régimen de explotación hidroeléctrico utiliza un caudal muy superior al propuesto por CONAGUA, por lo tanto, el nivel del embalse se estaría recuperando a mayores niveles.
- ▶ CONAGUA propone a la Autoridad del Canal de Panamá que administre este bien de la Nación Panameña.
- ▶ Consultando con experto del mercado eléctrico panameño, el sacar de la matriz de generación de Panamá no se ve afectado el sistema eléctrico.
- ▶ El trasvase de Río indio es solamente desde el mes febrero a mayo (almacenamiento mensual), el resto de los meses se estarían recuperando el embalse.
- ▶ Embalse de Río Indio es de regulación mensual, Embalse Gatún es de regulación anual, Embalse de Bayano es de regulación multianual.
- ▶ Caudal necesario hasta el año 2075 para garantizar abastecimiento municipal e Industrial USACE 2023, Q = 33 m³/s.
- ▶ Caudal trasvasado Río Indio Q = 43 m³/s en 4 meses INGETEC (febrero a mayo)
- ▶ Caudal trasvasado Bayano propuesta CONAGUA, Q_{mínimo} = 41m³/s, Q_{máximo} = 46 m³/s, en el año.