

**PROYECTO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CAUCE DEL RÍO
JUAN DÍAZ - PRIMERA ETAPA**

CUENCA DEL RÍO JUAN DIAZ

ESTUDIO HIDROLÓGICO

**Por
ING. MANUEL CASTILLERO
ID: 2000-006-019**

DESARROLLOS, INVERSIONES Y EQUIPOS PATRIA, S. A.



PANAMÁ, MAYO DEL 2019

INDICE

1	Objetivo y Justificación del Proyecto sobre el Río Juan Díaz.....	1
2	Ubicación del Proyecto.....	2
2.1	Mapa de Localización Regional de Proyecto.....	3
3	Definición del río Principal	4
3.1	Área de drenaje	12
4	Comportamiento Climático	13
4.1	Precipitación.....	13
4.2	Temperatura.....	14
4.3	Vientos	15
4.4	Humedad Relativa.....	15
5	Estimación de los caudales de avenida para el Proyecto.	15
5.1	Avenidas máximas en Sitio de Obra.	16
6	Comparación de caudales de avenidas.....	19
7	Bibliografía	21

1 Objetivo y Justificación del Proyecto sobre el Río Juan Díaz.

Basados en el pliego de cargo del proyecto, a grandes rasgos los objetivos generales para el proyecto son:

- A. Estudios para los trabajos correspondientes a la primera etapa, incluyendo el estudio hidrológico e hidráulico del Río Juan Díaz.
- B. Desarrollo de los planos con los detalles constructivos
- C. Especificaciones técnicas
- D. Para el Río Juan Díaz, donde se realizarán los trabajos en esta primera etapa son las siguientes:
 - 1. Desde el puente sobre el Ave. José Agustín Arango hasta un 1km hacia aguas arriba del mismo. En este tramo se ampliará el cauce del río, según lo indique el diseño propuesto.
 - 2. Desde el puente en el Corredor Sur, hasta la desembocadura del río Juan Díaz en el humedal Bahía de Panamá. En este tramo se ampliará el cauce del río, según lo indique el diseño propuesto.
 - 3. Desde el puente sobre el Ave. José Agustín Arango, hasta el puente en el Corredor Sur. En este tramo se limpiará el fondo del río, según lo indique el diseño propuesto.
 - 4. Ampliación de sección y revestimiento de márgenes y fondo del río en el área debajo del puente en la Ave. José Agustín Arango, según lo indique el diseño del proponente, y usando como guía las secciones detalladas en planos de referencia.
 - 5. Ampliación de sección y revestimiento de márgenes y fondo del río en el área debajo del puente en el Corredor Sur, según lo indique el diseño del proponente, y usando como guía las secciones detalladas en planos de referencia.
 - 6. Para el tramo desde el puente sobre el Ave. José Agustín Arango hasta un 1km hacia aguas arriba del mismo, el método de protección de taludes será según los estudios realizados y aprobados, siempre y cuando garantice la estabilidad de los mismos.
- E. Aprobación de planos y obtención de permisos,
- F. Pagos de cualquier impuesto aplicable,
- G. Construcción de la obra, de acuerdo a lo definido por este pliego de cargo incluyendo, pero no limitándose a: toda la obra civil, además de posibles afectaciones a sistema de distribución de agua potable, sistemas eléctricos o telecomunicaciones y otros que se encuentre en el área de ejecución de la obra;

El estudio hidrológico, dentro de este debe contemplarse:

Se contempla establecer unas secciones de corte del río como referencia, las cuales están basadas en estudios hidrológicos previos, sin embargo, el Contratista de igual forma deberá

aportar los estudios hidrológicos e hidráulicos y/o complementarios requeridos para la primera etapa de mejoras y adecuación al cauce del río Juan Díaz.

Esto con el propósito de identificar las acciones de mitigación de inundaciones en las áreas adyacentes al río Juan Díaz.

En los estudios hidrológicos e hidráulicos complementarios, se debe levantar el perfil del cauce y las secciones transversales según lo establece el MOP; se tiene que realizar y presentar el modelaje del comportamiento del río (aguas arriba y aguas abajo) a través de un programa o software modelador, actual y futuro; caudales máximos y mínimos, niveles de crecida máxima y mínimo. Deben incluirse los cálculos correspondientes.

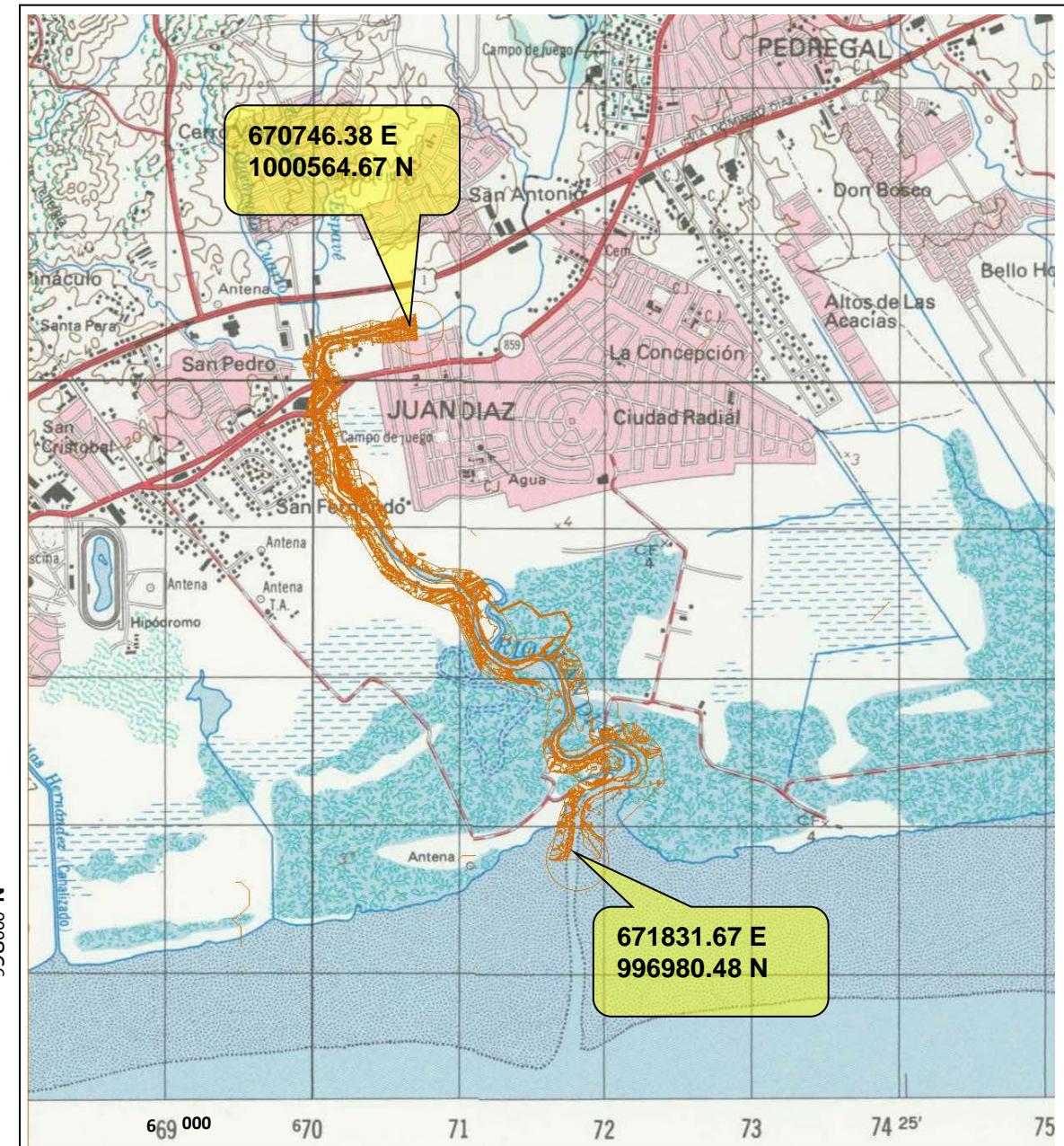
2 Ubicación del Proyecto

El tramo del río Juan Díaz que será evaluado se ubica entre las coordenadas siguientes.

Tramo	COORDENADAS (WSG-84)	
	Este (m)	Norte (m)
Inicial	670746.38	1000564.6755
Final	671831.6721	996980.4802

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Mapa de Localización Regional de Proyecto



3 Definición del río Principal

El sitio del Proyecto se ubica sobre el Río Juan Díaz, que forma parte de la Cuenca 144 Cuenca del Río Juan Díaz.

La cuenca del río Juan Díaz se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico, en la provincia de Panamá, entre las coordenadas 9° 00' y 9° 13' Latitud Norte y 79° 18' y 79° 34' Longitud Oeste.

El área de drenaje de la cuenca es de 370 Km² hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal es de 22 Km. La elevación media de la cuenca es de 90 msnm y el punto más alto se encuentra en la parte noroeste de la cuenca, con una elevación de 800 msnm, en el área ubicada entre cerro Azul y cerro Jefe.

Sus principales afluentes son los ríos Las Lajas, María Prieta, Naranjal, Palomo, la Quebrada Espavé y la Quebrada Malagueto. La cuenca tiene un área de drenaje de 144.6 km², siendo la cuenca hidrográfica más grande de las que atraviesan el distrito de Panamá en la dirección Norte-Sur.

La topografía de la cuenca es accidentada, su relieve está compuesto por colinas y cerros bajos, tales como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Tiene numerosas cascadas en la parte alta, lo cual favorece el rápido escurrimiento del agua superficial y bajo tiempo de concentración.

La única estación hidrológica con una serie histórica larga de registro que actualmente opera en esta cuenca es la 144-02-01, Rio Juan Díaz, Río Juan Díaz, Esta estación esta Localizada a aproximadamente 200 m. aguas arriba del puente de la vía Domingo Díaz, en el corregimiento de Pedregal, entre las coordenadas 9° 03' Latitud Norte y 79° 26' Longitud Oeste. De abril de 1957 hasta julio de 1968 solo se hacían 2 lecturas diarias de las reglas (estación limnográficas), La estación fue suspendida del 27 de julio de 1968 al 5 de enero de 1974, fecha en que reinicio operación con un limnográfico tipo Stevens A-35.

Cuadro 1. Estaciones Hidrológicas en la Cuenca del río Juan Díaz

Río	Estación	Tipo	Área (Km ²)	Fecha de instalación	Fecha de suspensión
Juan Díaz	Juan Díaz, Juan Díaz	Lm	115	Mayo 1957	

Fuente: ETESA

Como ya se mencionó, no se posee ninguna estación en el sitio toma del Proyecto, por lo que es necesario verificar la condiciones físico-geográficos, hidrográfica y vegetación, etc. que existen entre ambas cuencas (la de la estación base y la del sitio de estudio).

Considerando que tanto la cuenca de la Estación Hidrológica Juan Díaz, Juan Díaz y la del Sitio de estudio se encuentra dentro de la misma Cuenca presenta características muy parecidas, De esta manera, el análisis de caudales promedios, máximos y mínimos se basan en la estadística de la Estación Juan Díaz, Juan Díaz pero trasladados al sitio de análisis mediante un coeficiente de correlación que incluye el efecto de diferencia de área tributaria.

El factor de traslado debido a diferencia de áreas de cuencas de los caudales de la estación Juan Diaz, Juan Diaz, a la cuenca de los sitio de toma del proyecto se calcula como sigue:

Coeficiente de Traslado por Área para el Sitio de Análisis:

$$\text{Factor} = \frac{\text{Area}_{\text{sitio de análisis}}}{\text{Area}_{\text{Estación Juan Díaz}}}$$

$$\text{Factor} = 1.295 \cong 1.3$$

De tal forma que el caudal en el Sitio de Toma corresponde entonces a:

$$Q_{\text{sitio de Análisis}} = Q_{\text{Estación Juan Díaz}} \times \text{Factor}$$

Los caudales para la Estación Juan Díaz, Juan Díaz, se muestran en el cuadro 2 muestra los caudales promedio, el cuadro 4 muestra los caudales mínimos y el cuadro 6, muestran los caudales Máximos Instantáneos de la estación Hidrológica Juan Díaz, Juan Díaz y para el sitio de proyecto se muestran en los cuadros 3 y 5 respectivamente.

Cuadro 2
Caudales Promedio Mensuales (m³/s)
Estación Juan Díaz, Juan Díaz,
Periodo (1998-2012)
Área de drenaje 115 Km²

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
													Anual
1998	2.07	1.72	1.17	1.32	6.70	4.71	5.51	8.00	12.09	8.76	13.72	13.61	6.61
1999	4.71	1.71	0.90	0.96	5.18	5.44	6.15	7.27	6.85	13.04	12.09	9.52	6.15
2000	3.74	1.80	1.22	1.21	2.15	2.96	5.21	7.41	40.76	17.71	7.90	4.95	8.09
2001	2.35	1.19	1.92	1.70	2.61	5.14	5.66	3.64	7.41	7.69	8.76	8.95	4.75
2002	3.79	2.40	2.33	2.82	3.92	5.53	7.06	5.61	11.62	9.19	17.71	8.87	6.74
2003	1.22	1.11	1.12	1.12	1.65	2.70	4.81	3.90	4.58	11.18	12.21	11.57	4.76
2004	3.81	2.23	1.72	1.41	2.02	7.39	6.00	5.30	14.85	8.66	12.93	7.49	6.15
2005	1.26	1.33	1.14	1.38	2.78	4.43	6.54	21.45	27.13	28.88	27.54	10.47	11.19
2006	5.85	1.54	1.72	3.82	12.04	22.86	8.62	15.29	11.91	12.21	12.84	13.19	10.16
2007	5.33	3.45	2.61	5.69	9.23	9.23	10.98	10.49	7.01	17.98	14.44	10.65	8.92
2008	3.44	2.44	1.80	1.31	4.88	6.58	9.21	12.81	9.06	10.99	20.86	8.92	7.69
2009	6.77	5.55	4.51	3.51	5.97	13.56	10.14	12.45	10.17	10.30	9.31	6.23	8.20
2010	3.96	3.31	2.64	2.71	4.59	9.82	20.46	16.52	14.67	15.81	20.44	20.75	11.31
2011	8.03	4.76	3.69	4.17	6.35	7.39	11.20	11.15	10.21	16.23	17.15	11.76	9.34
2012	5.71	3.59	2.06	3.30	7.34	7.77	8.30	9.50	8.99	11.48	10.00	6.73	7.06

Promedio	4.13	2.54	2.04	2.43	5.16	7.70	8.39	10.05	13.15	13.34	14.53	10.24	7.81
Máximo	8.03	5.55	4.51	5.69	12.04	22.86	20.46	21.45	40.76	28.88	27.54	20.75	11.31
Mínimo	1.22	1.11	0.90	0.96	1.65	2.70	4.81	3.64	4.58	7.69	7.90	4.95	4.75

* Datos correlacionado
Fuente: ETESA

Cuadro 3
Caudales Promedio Mensuales (m³/s)
Sitio de Análisis
Periodo (1998-2012)
Área de drenaje 148.98 Km²

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
													Anual
1998	2.68	2.23	1.52	1.71	8.68	6.10	7.14	10.36	15.66	11.35	17.77	17.63	8.57
1999	6.10	2.22	1.17	1.24	6.71	7.05	7.97	9.42	8.87	16.89	15.66	12.33	7.97
2000	4.85	2.33	1.58	1.57	2.79	3.83	6.75	9.60	52.80	22.94	10.23	6.41	10.47
2001	3.04	1.54	2.49	2.20	3.38	6.66	7.33	4.72	9.60	9.96	11.35	11.59	6.16
2002	4.91	3.11	3.02	3.65	5.08	7.16	9.15	7.27	15.05	11.91	22.94	11.49	8.73
2003	1.58	1.44	1.45	1.45	2.14	3.50	6.23	5.05	5.93	14.48	15.82	14.99	6.17
2004	4.94	2.89	2.23	1.83	2.62	9.57	7.77	6.87	19.24	11.22	16.75	9.70	7.97
2005	1.63	1.72	1.48	1.79	3.60	5.74	8.47	27.79	35.15	37.41	35.68	13.56	14.50
2006	7.58	2.00	2.23	4.95	15.60	29.61	11.17	19.81	15.43	15.82	16.63	17.09	13.16
2007	6.90	4.47	3.38	7.37	11.96	11.96	14.22	13.59	9.08	23.29	18.71	13.80	11.56
2008	4.46	3.16	2.33	1.70	6.32	8.52	11.93	16.60	11.74	14.24	27.02	11.56	9.96
2009	8.77	7.19	5.84	4.55	7.73	17.57	13.14	16.13	13.18	13.34	12.06	8.07	10.63
2010	5.13	4.29	3.42	3.51	5.95	12.72	26.51	21.40	19.00	20.48	26.48	26.88	14.65
2011	10.40	6.17	4.78	5.40	8.23	9.57	14.51	14.44	13.23	21.03	22.22	15.23	12.10
2012	7.40	4.65	2.67	4.28	9.51	10.07	10.75	12.31	11.65	14.87	12.95	8.72	9.15

Promedio	5.36	3.29	2.64	3.15	6.69	9.98	10.87	13.02	17.04	17.28	18.82	13.27	10.12
Máximo	10.40	7.19	5.84	7.37	15.60	29.61	26.51	27.79	52.80	37.41	35.68	26.88	14.65
Mínimo	1.58	1.44	1.45	1.45	2.14	3.50	6.23	4.72	5.93	9.96	10.23	6.41	6.16

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4
Caudales Mínimos Mensuales (m³/s)
Estación Juan Díaz, Juan Díaz
Periodo (2003-2012)
Área de drenaje 115 Km²

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
													Anual
2003	1.05	1.08	1.10	1.10	1.08	1.13	1.64	0.91	0.34	1.18	3.92	4.84	1.61
2004	2.61	1.85	1.42	1.41	1.40	2.28	1.42	1.77	2.13	3.41	8.76	5.50	2.83
2005	1.20	1.26	1.05	1.02	1.15	1.44	3.43	9.97	14.41	15.28	13.12	6.56	5.82
2006	3.78	0.50	0.57	1.54	5.22	9.73	4.57	6.25	6.95	3.28	2.69	8.32	4.45
2007	4.38	2.89	2.19	2.43	3.15	5.51	7.32	6.11	5.49	9.18	8.72	7.18	5.38
2008	2.20	1.72	1.37	1.17	1.17	3.02	3.42	4.37	6.46	5.85	5.50	5.03	3.44
2009	6.02	4.42	2.88	2.13	1.63	5.07	5.44	9.51	8.52	6.29	6.40	4.13	5.20
2010	3.43	3.21	2.04	1.87	2.22	3.00	6.62	8.82	9.14	8.82	11.09	10.10	5.86
2011	6.02	3.66	3.43	3.43	3.21	3.89	5.44	6.62	6.32	6.32	9.14	4.90	5.20
2012	3.97	2.44	1.58	1.72	2.72	3.79	5.07	5.52	5.89	6.44	6.43	4.52	4.17
Mínimo	1.05	0.50	0.57	1.02	1.08	1.13	1.42	0.91	0.34	1.18	2.69	4.13	1.33

* Datos correlacionado

Cuadro 5
Caudales Mínimos Mensuales (m³/s)
Sitio de Análisis
Periodo (2003-2012)
Área de drenaje 148.98 Km²

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
2003	1.36	1.40	1.43	1.43	1.40	1.46	2.12	1.18	0.44	1.53	5.08	6.27	2.09
2004	3.38	2.40	1.84	1.83	1.81	2.95	1.84	2.29	2.76	4.42	11.35	7.13	3.67
2005	1.55	1.63	1.36	1.32	1.49	1.87	4.44	12.92	18.67	19.79	17.00	8.50	7.55
2006	4.90	0.65	0.74	2.00	6.76	12.61	5.92	8.10	9.00	4.25	3.48	10.78	5.76
2007	5.67	3.74	2.84	3.15	4.08	7.14	9.48	7.92	7.11	11.89	11.30	9.30	6.97
2008	2.85	2.23	1.77	1.52	1.52	3.91	4.43	5.66	8.37	7.58	7.13	6.52	4.46
2009	7.80	5.73	3.73	2.76	2.11	6.57	7.05	12.32	11.04	8.15	8.29	5.35	6.74
2010	4.44	4.16	2.64	2.42	2.88	3.89	8.58	11.43	11.84	11.43	14.37	13.08	7.60
2011	7.80	4.74	4.44	4.44	4.16	5.04	7.05	8.58	8.19	8.19	11.84	6.35	6.73
2012	5.14	3.16	2.05	2.23	3.52	4.91	6.57	7.15	7.63	8.34	8.33	5.86	5.41
Mínimo	1.36	0.65	0.74	1.32	1.40	1.46	1.84	1.18	0.44	1.53	3.48	5.35	1.73

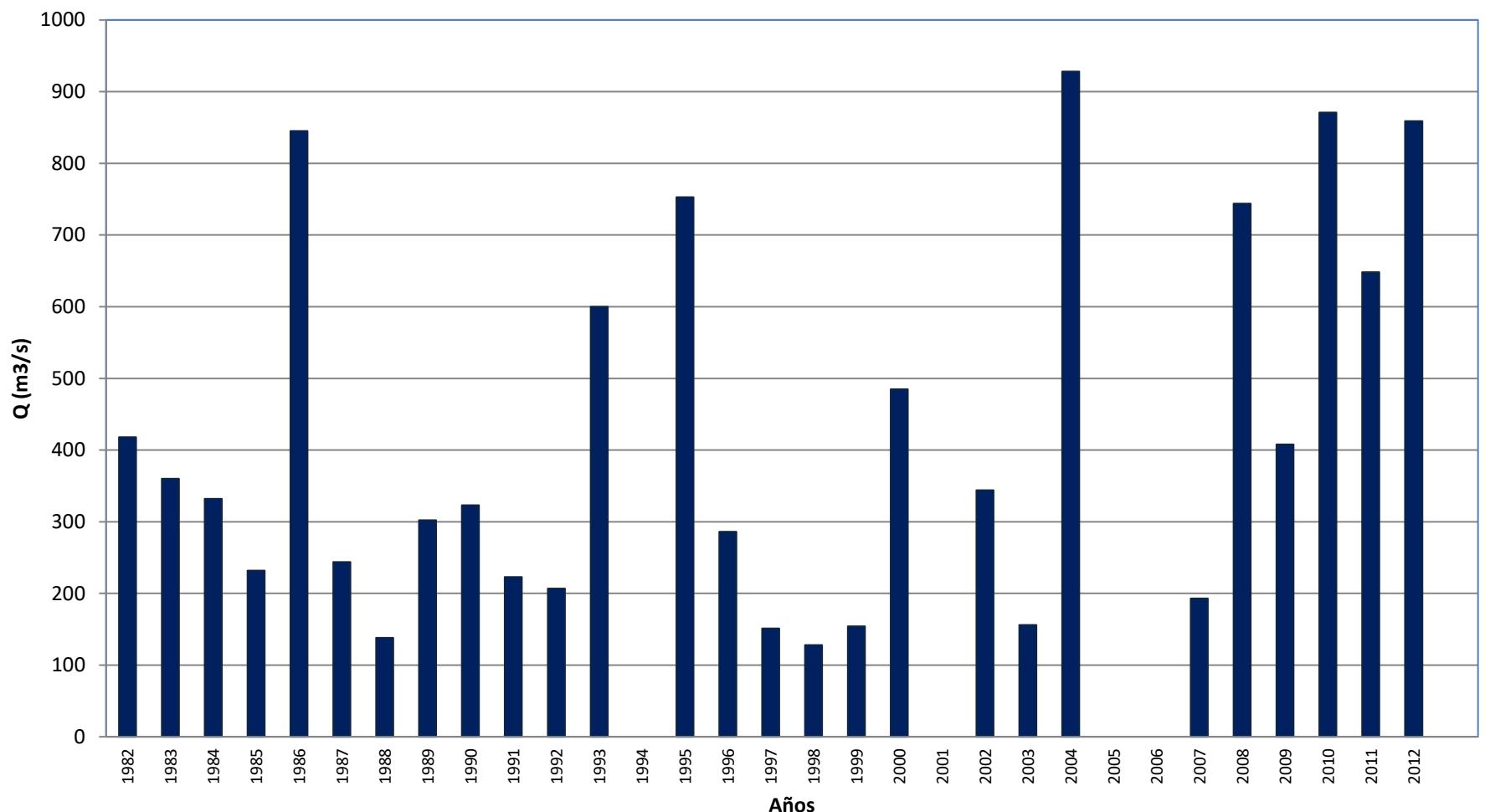
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6
Caudales Máximos Instantáneos (m³/s)
Estación Juan Díaz, Juan Díaz,
Periodo (1982-2012)
Área de drenaje 115 Km²

Años	Q(m ³ /s)
1982	418
1983	360
1984	332
1985	232
1986	845
1987	244
1988	138
1989	302
1990	323
1991	223
1992	207
1993	600
1994	-
1995	753
1996	286
1997	151
1998	128
1999	154
2000	485
2001	-
2002	344
2003	156
2004	928
2005	-
2006	-
2007	193
2008	744
2009	408
2010	871
2011	648
2012	859

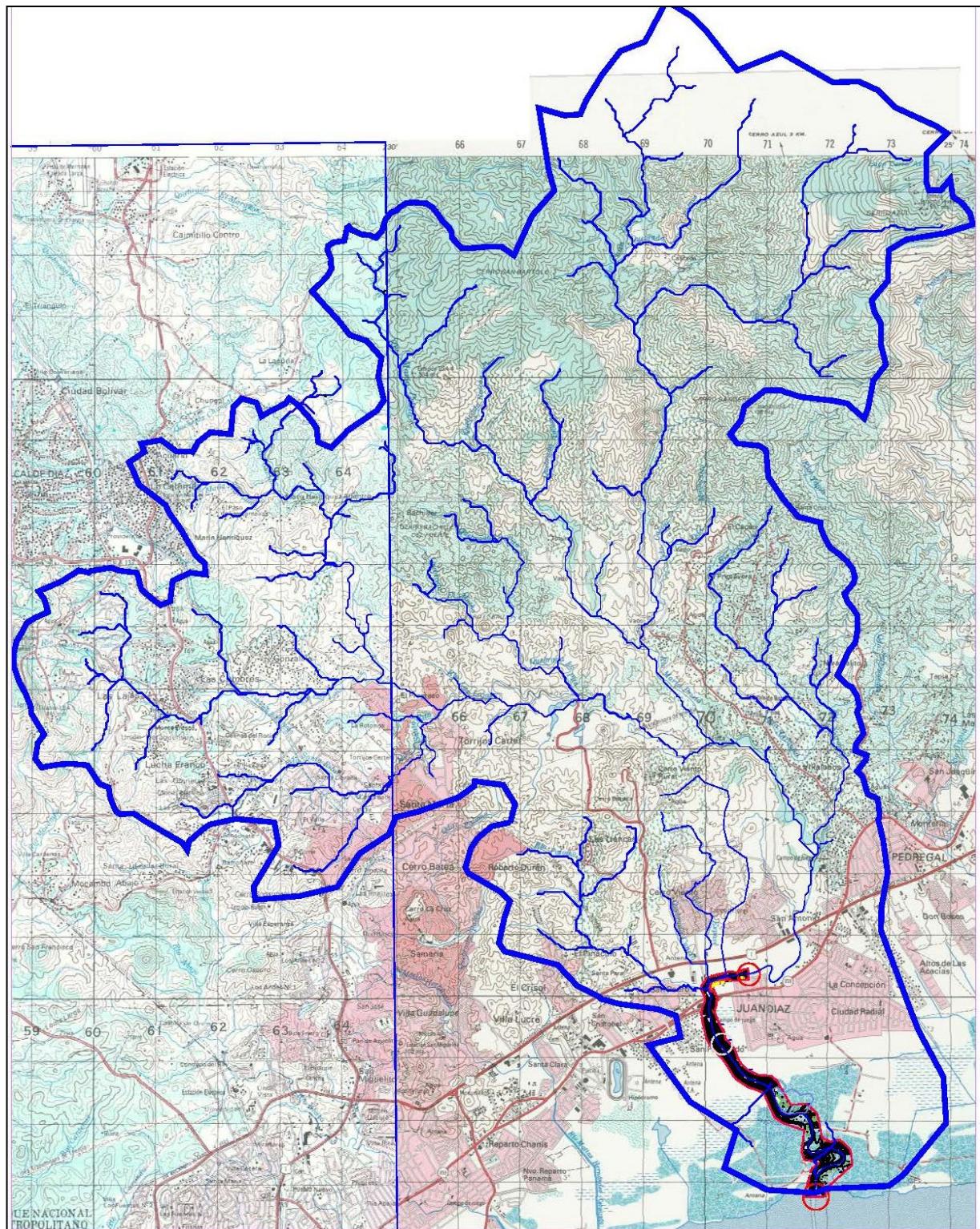
10 de 21

Gráfica 1
Caudales Máximos Instantáneos
Estación Juan Díaz, Juan Díaz (1982-2012)



3.1 Área de drenaje

Para este análisis, se utilizó el mosaico en escala 1:50,000 (PEDREGAL 4242-I y Alcalde Díaz 4343 III) generados por el TOMMY GUARDIA, e imágenes satelitales para



determinar el área faltante, a falta de mapas u mosaicos de la cuenca alta. En base al análisis realizado se encontró que el área de drenaje para la cuenca del Río Juan, Díaz corresponde a 148.98Km².

4 Comportamiento Climático

Según el Catastro de caudales la cuenca hidrográfica del Río Juan Díaz, registra una precipitación media anual de 2,466 mm. La distribución espacial de las lluvias es heterogénea, presenta una disminución gradual desde el interior de la cuenca (2,800 mm) hacia el litoral, con valores de 2,000 mm. El 88% de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 12% restante se registre entre los meses de diciembre a abril.

De acuerdo a la clasificación de climas de “Koppen” el área del proyecto presenta clima tropical de sábana, el cual presenta precipitaciones menores a 2,500 mm, estación seca prolongada en el invierno del hemisferio norte, temperatura media del mes más fresco mayor de 18°C; diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco de 5°C.

4.1 Precipitación

Las precipitaciones en el área de estudio generalmente son convectivas y orográficas. Las corrientes marinas con alta temperaturas favorecen el calentamiento y la evaporación. A medida que el aire cargado de humedad se desplaza hacia la tierra, las masas de aire tropiezan con las barreras montañosas, dando origen a precipitaciones con valores de hasta 3,200 mm/año. En la cuenca del río Juan Díaz la precipitación media anual tiene valores comprendidos entre los 2,000 mm/año en su parte baja, hasta 3,200 mm/año en su parte alta.

El mes con más baja precipitación es febrero, con un promedio de 16.2 mm y el más lluvioso es octubre con 610.1 mm, lo cual representa una diferencia significativa entre las precipitaciones del mes más seco y el mes más lluvioso. Como referencia de las precipitaciones registradas en esta cuenca, El Cuadro 6 presenta la distribución mensual de lluvia para 3 estaciones dentro o cerca del área de estudio.

Cuadro 6. Distribución mensual de las lluvias en las estaciones Cerro Azul, Las Cumbres y Tocumen

Mes	Precipitación media mensual (mm)		
	Cerro Azul Periodo (1971-1997)	Las Cumbres Periodo (1971-1997)	Tocumen Periodo (1970-2006)
Enero	34.3	26.6	27.9
Febrero	16.2	7.3	9.0
Marzo	19.8	10.3	13.6
Abril	147.4	124.5	66.0
Mayo	421.6	249.6	224.2
Junio	362.2	260.3	224.4
Julio	338.8	258.2	174.8
Agosto	356.2	266.9	214.2
Septiembre	499.0	292.1	256.5
Octubre	610.1	331.5	328.0
Noviembre	335.6	236.1	240.3
Diciembre	128.0	103.6	103.2
Total Anual	3270	2164.3	1900.2

Fuente: Departamento de Hidrometeorología del antiguo IRHE

4.2 Temperatura

La temperatura en el área de estudio se caracteriza por la variación estacional con una diferencia promedio de 2° C. El cuadro 7. muestra los registros de temperatura de la estación Tocumen durante el periodo 1991-1993.

Cuadro 7. Temperaturas registradas en la Estación Tocumen

T °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Pro	26.2	26.6	27.2	27.6	27.2	26.9	26.7	26.6	26.3	26.1	26.3	26.3	26.7
Min	20.8	20.9	21.5	22.2	23.2	23.2	22.8	22.6	22.8	22.6	22.5	21.3	22.2
Max	31.8	32.4	33.0	32.9	31.3	30.5	30.7	30.6	30	29.7	30.2	31.3	31.2

Fuente: ETESA

Según el cuadro No.7, la temperatura promedio mensual máxima es de 27°C en el mes de abril, mientras que la mensual mínima se da en el mes de octubre, siendo de 26.1°C en la estación referida, lo que da como resultado una variación de 1.5°C.

4.3 Vientos

Los registros disponibles de velocidad del viento, para el área de estudio, sugieren el predominio de los vientos alisios en la estación seca, aunque también se presentan los del oeste, sinópticos y ecuatoriales.

Durante la estación seca, los vientos alisios soplan en la región en dirección norte, a una velocidad promedio de 2.4 m/seg a 10 metros de altura y a 1 m/seg a 2metros de los suelos. Por otro lado, durante la estación lluviosa la velocidad del viento disminuye, siendo de 1.6 m/seg a 10 m/seg a 10 metros de altura y de 0.6 m/seg a 2 metros de altura. El cuadro 8 presenta la velocidad del viento en m/seg, medida tanto a 10 como a 2 metros de la superficie del suelo

Cuadro 8. Velocidad promedio del viento en el área de estudio

Altu.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
10 m.	2.2	2.4	2.4	2.2	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9
2 m.	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7

Fuente: ETESA

4.4 Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa son elevados en la región, con un promedio anual de 78.3% y valores máximos y mínimos de 86.5% y 71.6% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa es octubre con un máximo de 91%.

5 Estimación de los caudales de avenida para el Proyecto.

Para la obtención de los caudales de avenida se utilizara el Análisis Regional de Crecidas Máxima elaborado en 1986 por profesionales del departamento de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, antiguo IRHE.

En septiembre de 2008 se elabora un nuevo informe cuyo propósito es actualizar el Análisis Regional de Crecidas Máximas, que data del año 1986.

La finalidad de estudio era la de crear una aplicación que permitiera estimar los caudales para el diseño de estructuras hidráulicas con distintos periodos de recurrencia a partir del área de drenaje de la cuenca, hasta el sitio de interés en kilómetros cuadrados y de su ubicación en el país.

Es conocido que el área de drenaje de una cuenca está muy correlacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas.

Esta herramienta es muy útil en el diseño de estructuras hidráulicas y para el desarrollo de aprovechamientos de los recursos hidráulicos.

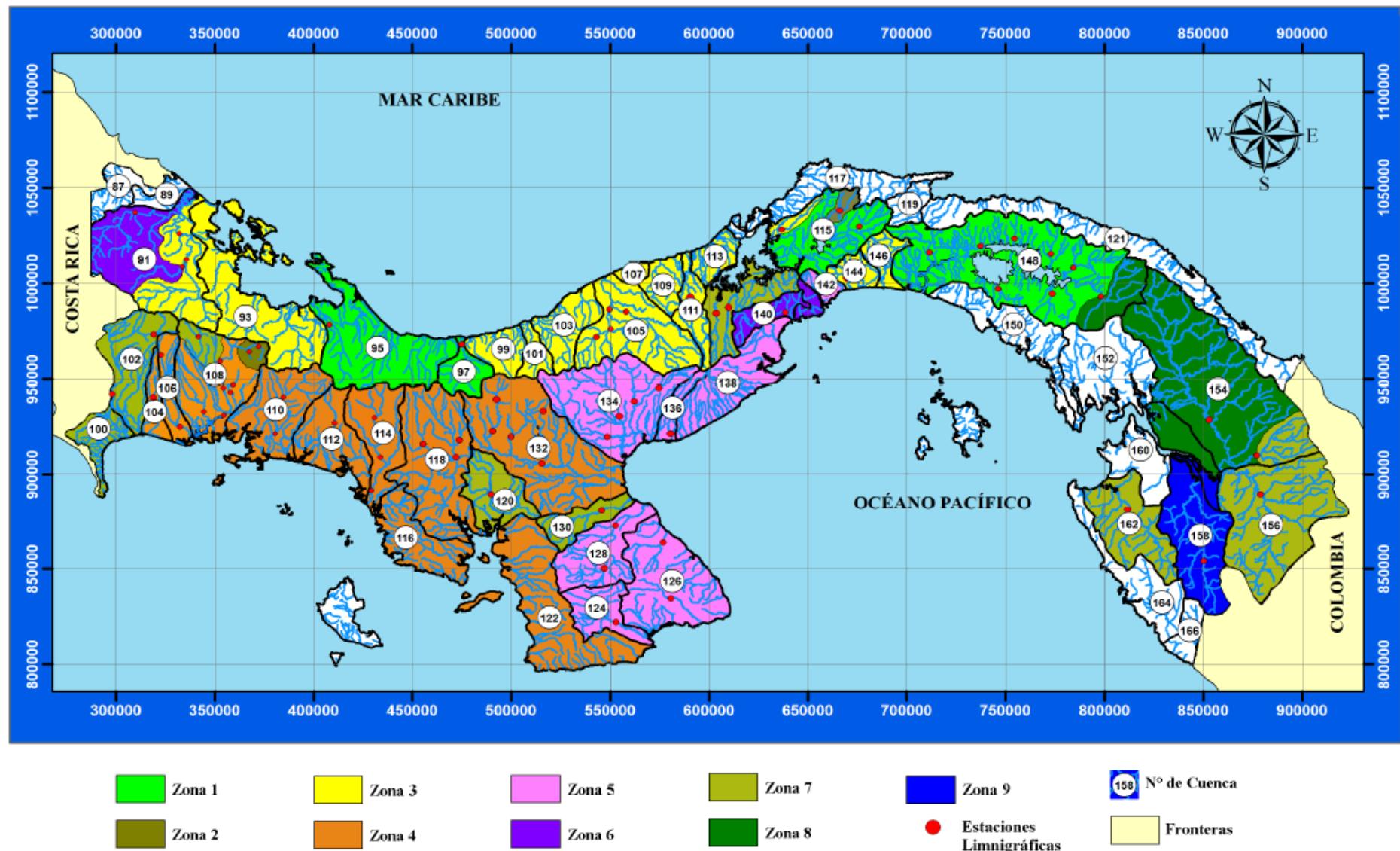
Para la elaboración del análisis regional de crecidas máximas, se analizó la información básica registrada en 63 estaciones hidrológicas convencionales (limnigráficas) y 16 estaciones hidrológicas limnimétricas operadas por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA; se analizaron además, 6 estaciones hidrológicas convencionales manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá, para un total de 85 estaciones hidrológicas.

5.1 Avenidas máximas en Sitio de Obra.

Si conocemos que el área de proyecto se ubica en la Zona 3, según el mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas¹, podemos definir que nuestra ecuación y distribución de frecuencia a utilizar para determinar el caudal máximo corresponde a:

¹ Pág. 94 del Resumen Ejecutivo del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006

Mapa 4. Regiones hidrológicamente Homogéneas



En base a la zona, donde se ubica el proyecto (ZONA 3), se establece la ecuación y el número de la tabla, en base a la siguiente imagen:

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{máx} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{máx} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Fuente: Análisis de crecidas máximas de Panamá – ETESA.

Quedando de la siguiente manera:

Q máx promedio= ZONA 3 (Tabla #1)

$$Q_{máx \text{ promedio}} = 25 * \text{Área}^{0.59} = 25 * 148.98^{0.59} = 478.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

De esta fórmula, podemos encontrar que nuestros caudales máximos para el proyecto corresponden a:

Sitio Analizado	Área (Km ²)	Q máx prom (m ³ /s)
Tramo Río Juan Díaz	148.98	478.73

Luego de haber establecido la zona y el número de tabla, se procede a determinar los factores que multiplican al caudal máximo promedio, para así determinar los diferentes períodos de retorno:

Tr, años	Factores $Q_{máx}/Q_{prom.máx}$ para distintos Tr.			
	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Fuente: Análisis de crecidas máximas de Panamá – ETESA.

Aplicando los factores para diferentes periodos de retorno (1/50= 2.37 y 1/100= 2.68), podemos encontrar que los caudales de avenidas máximas para el sitio de obra:

$$Q_{\text{Avenida Diseño}} = \text{Factor} * Q_{\text{máx prom.}}$$

$$Q_{\text{Avenida Diseño (1/50 años)}} = 2.37 * Q_{\text{máx prom}} = 2.37 * 478.73 = 1,134.58 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{\text{Avenida Diseño (1/100 años)}} = 2.68 * Q_{\text{máx prom}} = 2.68 * 478.73 = 1,282.99 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Cuadro 9. Caudales de avenida para diferentes periodos de retorno, en Sitio de obra

Periodo de Recurrencia	Caudal Máximo de Avenida
1/50	1,134.58
1/100	1,282.99

Debemos mencionar, que para el proyecto, se utilizará el caudal de 1/50 años, puesto que es el caudal establecido como requisito en el manual de aprobación de planos del Ministerio de Obras Públicas.

6 Comparación de caudales de avenidas

Según estudios realizados en diferentes proyectos y que se tienen como referencia en el Ministerio de Obras Públicas (MOP), se tiene el siguiente desglose:

1. Encibra, S. A. y Jobefra, S. A. – Informe final del Estudio de Saneamiento ambiental y Mejoramiento del Drenaje Pluvial de los ríos Tapia, Juan Díaz y Río Abajo - Caudal máximo 800.00 m³/s.
2. Fundación Tecnológica de Panamá – Determinación de caudal de avenida y niveles de avenida o zonas de inundación para el Río Juan Díaz en su parte baja y la Quebrada Curunducito – TRILUX HOLDING, S.A – Caudal instantáneo = 928.00 m³/s (sección trapecial de base 90 mts y talud variable).
3. Diseño y construcción de los colectores de la cuenca del Río Juan Díaz y obras complementarias del proyecto Saneamiento de la Bahía de Panamá – Programa saneamiento de Panamá – Caudal máximo instantáneo= 1,240.00 m³/s – Caudal máximo (1/50 años)= 1,223.00 m³/s.
4. **Ampliación del cauce del Río Juan Díaz - Caudal máximo 1,134.58 m³/s.,**
5. Estudio de Factibilidad de Actuaciones de Mitigación de Inundaciones en la Cuenca Baja de Juan Díaz – Instituto de Hidráulica Ambiental (IH Cantabria) – para este estudio no se pondrán valores ya que la metodología utilizada varía considerablemente.

Cuadro 10. Cuadro comparativo – Estudios Varios para la Cuenca del Río Juan Díaz

PROYECTO	Caudal Máximo de Avenida (1/50 Años) m3/s
Encibra, S. A. y Jobefra, S. A.	800.00
Fundación Tecnológica de Panamá	928.00
Programa saneamiento de Panamá	1223.00
Ampliación del cauce del Río Juan Díaz	1134.58

7 Bibliografía

- Encibra, S. A. y Jobefra, S. A., Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del drenaje pluvial de los Ríos Tapia, Juan Díaz y Río Abajo, Abril 1997.
- Universidad Tecnológica de Panamá - TRILUX HOLDING, S.A., Determinación de caudal de avenida y niveles de avenida o zonas de inundación para el Río Juan Díaz en su parte baja y la Quebrada Curunducito, Marzo 2007.
- Ministerio de Salud - Programa saneamiento de Panamá, Diseño y construcción de los colectores de la cuenca del Río Juan Díaz y obras complementarias del proyecto Saneamiento de la Bahía de Panamá, Marzo 2011.
- Ayers y Westcot, *Water Quality for Agriculture-FAO Irrigation and Drainage Paper 29*- Rev 1, 1994.
- Empresa de Transmisión Eléctrica de Panamá. (ETESA). Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 10971-2006.
- Organización de las Naciones Unidas para la educación La Ciencia y la Cultura (UNESCO). Balance Hídrico Superficial de Panama.1971-200
- Cedeño, David B. *Apuntes de Hidrología*. Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, departamento de Hidráulica Sanitaria y Ciencias Ambientales, Panamá, 1997. US Army Corps of Engineers, *HEC-RAS. River Análisis System User's Manual*. Ayers y Westcot, Water Quality for Agriculture-FAO Irrigation and Drainage Paper 29-Rev