

ANEXO HG-1**SUSTENTO HIDROLÓGICO****Descargas Máximas****Antecedentes**

La zona del Proyecto no cuenta con información hidrométrica, por lo que las descargas máximas se han estimado teniendo en consideración las características físicas de la zona y la precipitación máxima de 24 horas y máxima de 1 mes.

Este estudio de las descargas máximas se ha realizado en base a la información de precipitación de la estación La Pampilla (1964/1977), que se encuentra en la misma zona ecológica del Proyecto. El análisis de las lluvias torrenciales se ha realizado a partir del hidrograma sintético, que considera el concepto de tiempo de retraso, el cual es un índice del tiempo de concentración de la escorrentía de la unidad hidrográfica.

Análisis de Precipitaciones Máximas

Para este análisis se ha seguido los siguientes pasos:

- Las precipitaciones máximas en 24 horas y en un 1 mes (Cuadro HG1-1), fueron ajustados a la distribución Extrema tipo I (Gumbel Tipo I) para obtener precipitaciones a diferentes períodos de retorno, mediante la expresión:

$$PT = B - \frac{1}{a} * LN (-LN (1-1/T))$$

Donde:

- PT = Precipitación máxima esperada en mm.
a,y B = Parámetros que caracterizan a la función de distribución.
T = Período de retorno en años.

Cuadro HG1-1 Precipitación Máxima en 24 horas y Máxima en Un Mes. Estación La Pampilla

N°	Año	Max. 24 Horas	Máx. 1 Mes
1	1964	11.5	7.1
2	1965	10.9	7.6
3	1966	6.8	4.1
4	1967	64.1	25.2
5	1968	38.4	9.9
6	1969	9.2	6.6
7	1970	15	6.6
8	1971	18.6	10.4
9	1972	87	21.3
10	1973	65.7	22.1
11	1974	67.3	16.0
12	1975	83.4	46.7
13	1976	47.8	24.0
14	1977	21.6	9.0

Los resultados de los parámetros de los valores de las precipitaciones máximas de la zona de estudio son:

- **Precipitación Máxima en 24 Horas**

Alfa = 0.13908

Beta =10.769

- **Precipitación Máxima Mensual**

Alfa = 0.045078

Beta =25.606

Con los parámetros anteriores se estimó los probables valores de la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, los que se presentan en el Cuadro HG1-2.

Cuadro HG1-2 Precipitaciones Máximas Esperadas para Diferentes Períodos de Retorno

Período de Retorno (Años)	Precipitación Máxima Esperada (mm)	
	En 24 Horas	En Un mes
2	13.83	34.90
5	26.81	67.96
10	35.41	89.84
20	43.65	110.82
50	54.32	137.99
100	62.32	158.35
200	70.29	178.63
500	80.80	205.39

Cálculo del Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración "Tc" se ha determinado según el método del Hidrograma Unitario Sintético, que considera como características físicas principales de las microcuencas a la longitud y pendiente del curso principal. Utiliza el concepto de tiempo de retraso como un índice del tiempo de concentración de la escorrentía de las microcuencas.

La fórmula empírica que estima el tiempo de concentración es la siguiente:

$$t_p = C_t * (L * L_c * S^{-1/2})^n$$

$$c_t = 0.6 * S^{-1/2}$$

Donde :

t_p = tiempo de concentración, (horas).

C_t = coeficiente, dependiente de la orografía.

L = longitud del curso principal (millas).

L_c = distancia del centro de gravedad al curso principal (millas).

S = pendiente (decimal).

n = 0.38

En el Cuadro HG1-3, se presentan estas características y sus respectivos tiempos de concentración.

Cuadro HG1-3 Características Físicas de la Zona del Proyecto

Parámetros Físicos	Unidad	Microcuenca Campanayoc	Zona Cuprita	Zona Atahualpa
Área	Km ²	6.93	2.76	0.81
L	km	4.98	2.44	1.64
Lc	km	2.44	1.49	0.6
L	millas	3.09	1.52	1.02
Lc	millas	1.52	0.93	0.37
Cota más Alta	m	2870	2870	2830
Cota más Baja	m	2275	2580	2580
Pendiente		0.1094	0.1189	0.1524
TConcentración	Horas	4.97	2.97	1.52

Estimación del Coeficiente de Escurrimiento

El Coeficiente de escurrimiento se ha estimado de acuerdo a las zonas de vida, conforme se ha explicado en el Anexo HG-2 Balance Hidrológico, a la zona del proyecto le corresponde un coeficiente teórico máximo de 0.39, que afectado por un factor regional de 0.69, se obtiene un valor de 0.27.

Cálculo de la Intensidad de la Precipitación

Se relacionó la precipitación máxima, intensidad, duración y frecuencia, utilizándose para ello la definición de la intensidad y que en función de las característica o factores de la zona en estudio, adquiere una definición propia mediante las fórmulas siguientes:

$$P = I * t \quad \text{y} \quad I = \frac{K}{t^m}$$

Donde:

- I = Intensidad máxima (mm/minuto)
- P = Precipitación máxima (mm)
- K y m = Factores característicos de la zona
- T = Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (minutos)

Relacionando ambas ecuaciones y haciendo intervenir las precipitaciones máximas en 24 horas y en un 1 mes se obtuvieron los factores K y m a través de las expresiones:

$$\text{LN(KT)} = 3.1382 \text{ LN(P24)} - 2.1382 \text{ LN(PMES)}$$

$$m = \frac{\text{LN}(30 * \text{P24/PMES})}{\text{LN}(30)}$$

Donde:

LN = Logaritmo natural

KT = Factor característico, K es función del período de retorno T.

P24 = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

PMES = Precipitación máxima en un 1 mes (mm).

En los Cuadros HG1-4, 5 y 6, se presenta los valores estimados de m y KT, con los cuales se ha determinado la precipitación crítica que origina las avenidas y su intensidad máxima de la zona del Proyecto, mediante la ecuación:

$$\text{LN(IT)} = \text{LN(KT)} - 0.72624 \times \text{LN}(t)$$

Cuadro HG1-4 Cálculo de los Factores m y KT

Período de Retorno	Precipitación Máxima Esperada (mm)		m	LN(KT)	KT
	24 Horas	1 mes			
2	13.83	34.90	0.72785	0.64762	1.91099
5	26.81	67.96	0.72652	1.29994	3.66908
10	35.41	89.84	0.72626	1.57625	4.83680
20	43.65	110.82	0.72607	1.78403	5.95382
50	54.32	137.99	0.72589	2.00147	7.39995
100	62.32	158.35	0.72582	2.1383567	8.4854816
200	70.29	178.63	0.72578	2.25836	9.56737
500	80.80	205.39	0.72570	2.3971782	10.992116
Promedio			0.72624		

Cuadro HG1-5 Relación entre Precipitación - Duración - Frecuencia

Duración (Min)	Precipitación Máxima (mm)							
	Período de Retorno (años)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
10	3.6	6.9	9.1	11.2	13.9	15.9	18.0	20.6
30	4.8	9.3	12.3	15.1	18.8	21.5	24.3	27.9
60	5.9	11.3	14.8	18.3	22.7	26.0	29.3	33.7
90	6.6	12.6	16.6	20.4	25.4	29.1	32.8	37.7
120	7.1	13.6	17.9	22.1	27.4	31.5	35.5	40.8
240	8.6	16.5	21.7	26.7	33.2	38.0	42.9	49.3
360	9.6	18.4	24.2	29.8	37.1	42.5	47.9	55.1
1440	14.0	26.9	35.4	43.6	54.2	62.1	70.1	80.5
43200	35.5	68.2	89.9	110.6	137.5	157.7	177.8	204.2

Cuadro HG1-6 Relación entre Intensidad - Duración - Frecuencia

Duración (Min)	Intensidad Máxima (mm/min)							
	Período de Retorno (años)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
10	0.3589	0.6892	0.9085	1.1183	1.3899	1.5938	1.7970	2.0646
30	0.1616	0.3103	0.4091	0.5036	0.6259	0.7177	0.8092	0.9297
60	0.0977	0.1876	0.2473	0.3044	0.3783	0.4338	0.4891	0.5620
90	0.0728	0.1397	0.1842	0.2268	0.2818	0.3232	0.3644	0.4186
120	0.0591	0.1134	0.1495	0.1840	0.2287	0.2622	0.2957	0.3397
240	0.0357	0.0685	0.0904	0.1112	0.1382	0.1585	0.1787	0.2053
360	0.0266	0.0511	0.0673	0.0829	0.1030	0.1181	0.1331	0.1530
1440	0.0097	0.0187	0.0246	0.0303	0.0376	0.0431	0.0486	0.0559
43200	0.0008	0.0016	0.0021	0.0026	0.0032	0.0036	0.0041	0.0047

Cálculo de Descargas Máximas para Diferentes Periodos de Retorno

Las descargas máximas para diferentes períodos de retorno se calculan de la siguiente manera:

$$Q_{max} = 0.278 * C * A * P / T_p$$

Donde:

- Q_{max} = Descarga máxima para una frecuencia dada (m³/seg.).
 C = Coeficiente de escurrimiento.
 P = Precipitación máxima para una frecuencia determinada, ocurrida en el tiempo de concentración de cada zona (mm).

Tp = Tiempo de concentración (horas)
 A = Área de drenaje (km²)
 0.278 = Factor de conversión

Las descargas máximas se presentan en el Cuadro HG1-7.

Cuadro HG1-7 Descargas Máximas – Zona del Proyecto

Período de Retorno (Años)	Microcuenca Campanayoc		Zona Cuprita		Zona Atahualpa	
	Precipitación Máxima (mm)	Caudal Máximo (m ³ /s)	Precipitación Máxima (mm)	Caudal Máximo (m ³ /s)	Precipitación Máxima (mm)	Caudal Máximo (m ³ /s)
2	9.3	1.0	7.9	0.6	6.6	0.3
5	17.8	2.0	15.2	1.1	12.6	0.5
10	23.5	2.6	20.0	1.4	16.6	0.7
20	28.9	3.3	24.6	1.7	20.5	0.8
50	35.9	4.0	30.6	2.1	25.5	1.0
100	41.2	4.6	35.1	2.5	29.2	1.2
200	46.4	5.2	39.5	2.8	32.9	1.3
500	53.4	6.0	45.4	3.2	37.8	1.5