



Figura 5 Vista hacia aguas abajo (coordenadas: 981,475 N, 870.380 E; azimut/90°), talud izquierdo de la Q. Aguas Negras, compuesto en los 7,0 m inferiores de un talud vertical, de arena compacta conglomerática, de cantos angulares de tamaño medio a fino, algunos bloques, matriz arena compacta; en la parte superior un talud sub-vertical, conformado de un suelo menos duro, aparentemente saturado, cuyo contacto parece marcar una discontinuidad hidrogeológica.

3.1.3.2.2 Morfodinámica

En el tramo de talud de interés, en la margen izquierda de la quebrada Aguas Negras, no se evidenciaron rasgos morfológicos indicativos o asociados a procesos de remoción en masa, excepto lo que parece corresponder a pequeños desmoronamientos, de carácter erosivo, que involucran el nivel de suelo fino que ocupa la zona superficial o parte alta del talud (Figura 5)

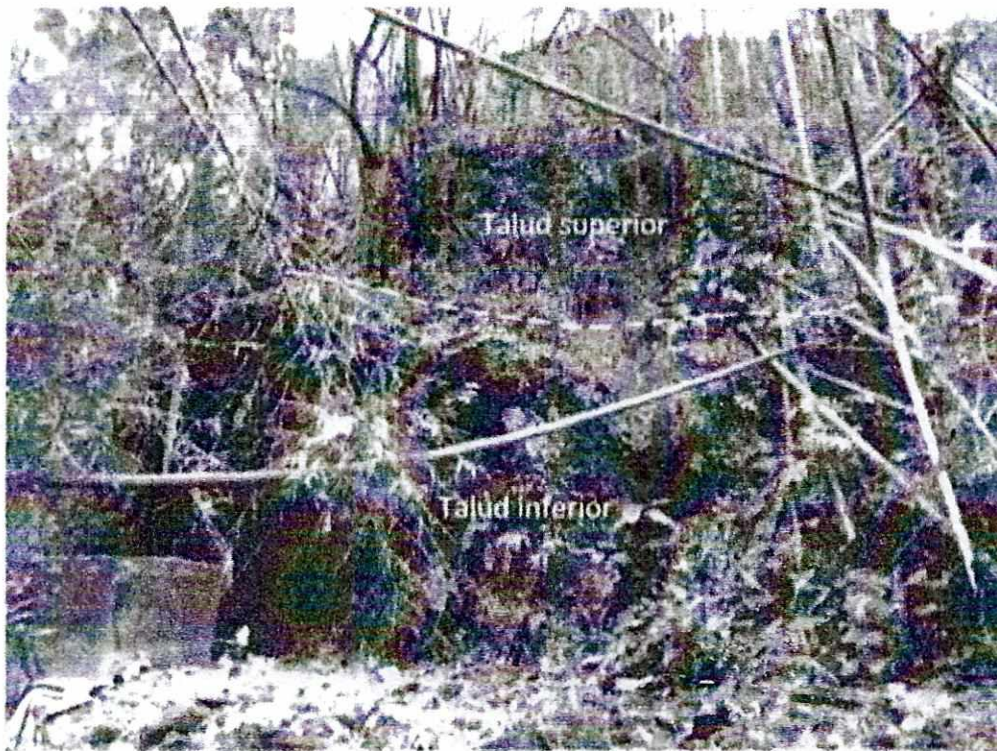


Figura 6 Vista hacia la casa ubicada en la calle 21E No 14-61 (981.492 mN; 870,462 mE; azimut de 350°), talud izquierdo de la Q. Aguas Negras: en la parte baja y media, talud inferior compuesto de arena conglomerática compacta, de pendiente vertical, morfológicamente estable; y en la parte superior un talud corto, retrocedido, compuesto por un suelo menos compacto, sobre el que ocurre un proceso erosivo puntual.

Este análisis está soportado y contenido en el anexo ESTUDIO GEOLÓGICO.

Adicionalmente se realizó recorrido en campo por parte de los profesionales del área de geotécnica y se identificaron los siguientes fenómenos:

- Descarga de aguas negras
- Escorrentía en corona
- Infiltración de aguas lluvias provenientes de una mala descarga de las viviendas
- Infiltración de aguas lluvias proveniente de las vías
- Deforestación
- Cargas en corona del talud por viviendas

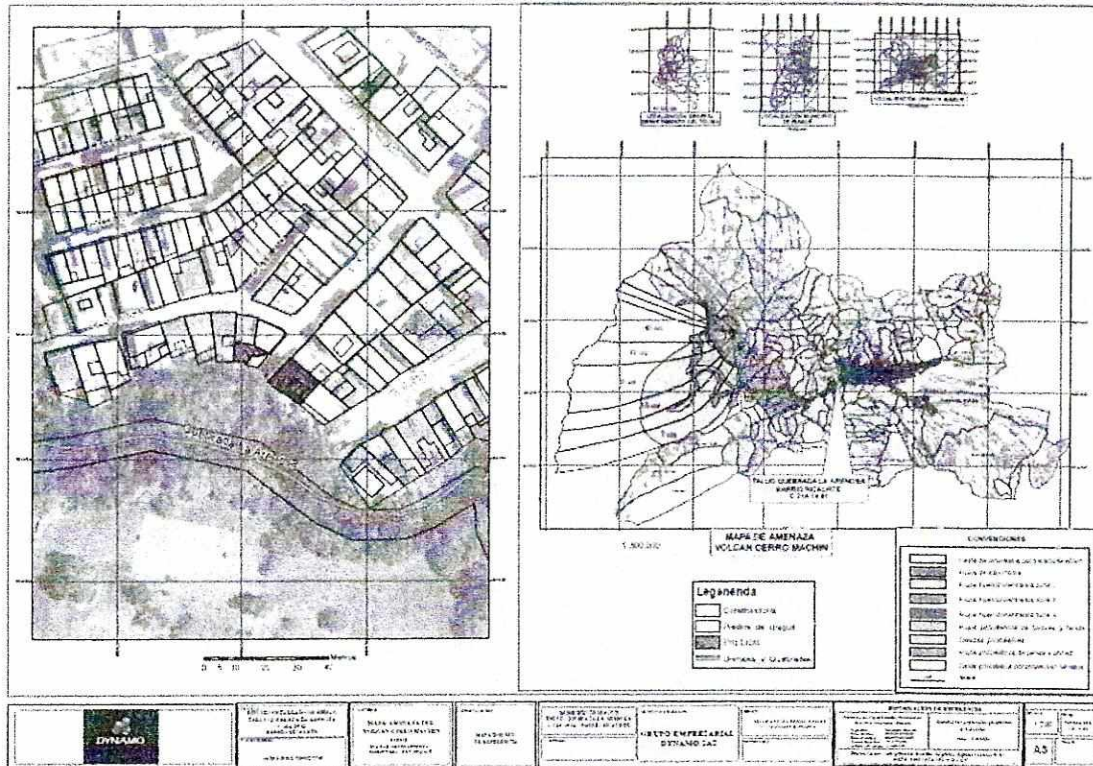
4. AMENAZAS

4.1 AMENAZAS

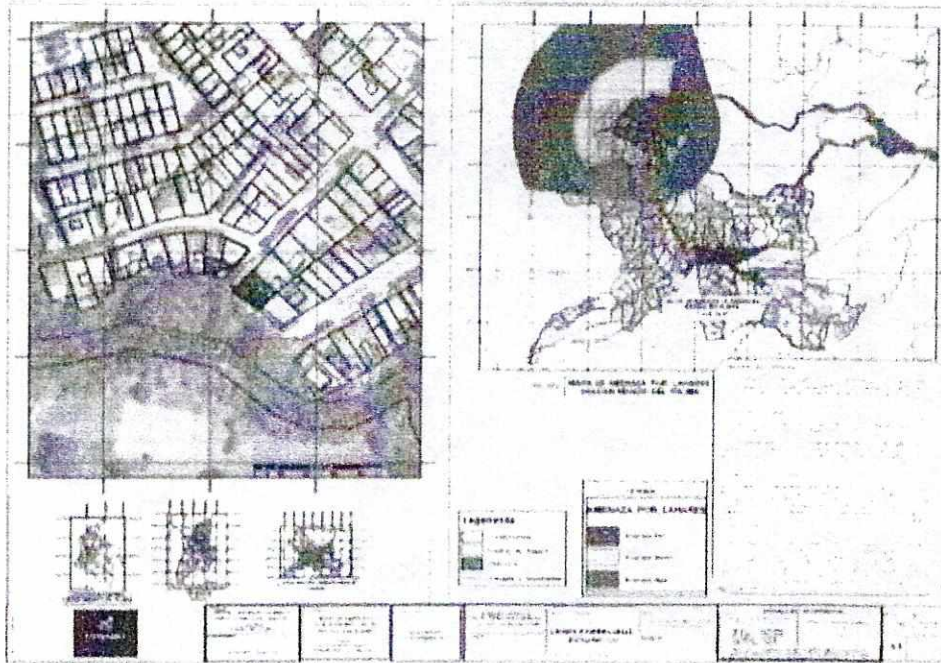
4.1.1 Amenazas Geológicas

4.1.1.1 Amenaza sísmica y volcánica

Similar a lo que se ha establecido para la ciudad de Ibagué, El barrio Ricaurte se localiza en amenaza baja por caídas de ceniza volcánica y en amenaza sísmica intermedia de acuerdo a la NSR-10.



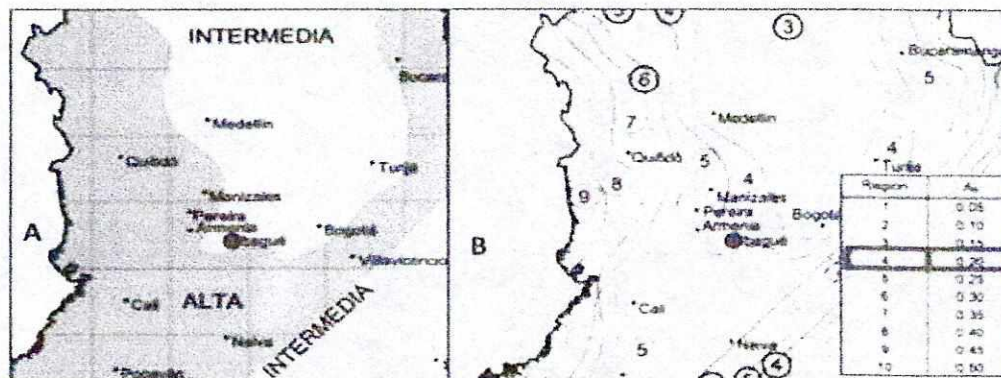
Mapa 6 Mapa de Amenaza Volcán Cerro Machín



Mapa 7 Mapa de Amenaza por lahares Volcán Nevado del Tolima

La amenaza sísmica está definida para todos los municipios de Colombia en la NSR-10 en términos de Alta, Media y Baja, y su principal utilidad es de prevención mediante el diseño y construcción de edificaciones capaces de resistir las fuerzas derivadas del terremoto que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

El municipio de Ibagué, en donde se localiza el proyecto se encuentra en zona de amenaza intermedia de acuerdo con el mapa de zonificación sísmica de Colombia.



Mapa 8 Amenaza sísmica de Colombia y Valores Aa NSR-2010.

En el mapa de valores de Aa de la misma norma (Mapa 9), la zona de amenaza intermedia se ubica en la región 4, correspondiéndole un coeficiente de aceleración

pico efectiva (Aa) de 0.2 g, el cual define las cargas sísmicas de diseño, valor que tiene una probabilidad del 10% de ser excedida en un lapso de 50 años el cual representa la vida útil de la edificación.

Sin embargo, es necesario mencionar que la ciudad de Ibagué ya realizó el estudio de microzonificación sísmica, lo mismo que la correspondiente armonización con la norma NSR-10. Posteriormente se elaboró también el estudio de amenazas naturales de la ciudad, en el cual se detectaron las siguientes fallas geológicas, las cuales fueron tenidas en cuenta en los resultados de este proyecto:

- **Falla de Ibagué**

Es un rasgo morfotectónico lineal muy notorio que atraviesa y afecta los depósitos Cuaternarios del abanico de Ibagué, y se manifiesta como una fisura por donde corre el zanjón Hato de La Virgen y se alienan una serie de escarpes y lomas.

Es una falla transcurrente de movimiento principal dextral, tectónicamente activa, con un potencial sísmico de magnitud 7,0, en la escala de Richter, y recurrencia del orden de 1.200 años. El plano de falla es vertical a subvertical y la dirección de su traza varía levemente alrededor de N65°E.

La falla de Ibagué integra un sistema conformado varias fallas escalonadas, de varias decenas de km de longitud, reconocido desde la cima de la cordillera Central hasta el valle del río Magdalena.

- **Falla de Buenos Aires**

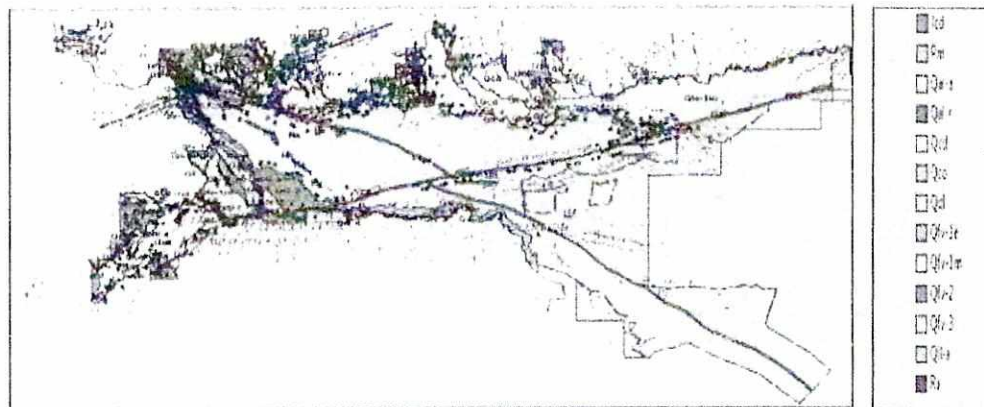
Falla de componente principal normal y traza de dirección 60°W, que cruza el casco urbano de Ibagué, inferida por la existencia de escarpes alineados y continuos, probablemente tectónicos, e indicios tipo lomos alineados (Vergara, 1989; 1992). Esta falla habría afectado el abanico Cuaternario, pero anterior a la falla de Ibagué que la desplaza lateral derecho unos 150 m. El escarpe de falla es bastante continuo desde la localidad de Buenos Aires, siguiendo paralelo a la vía hacia Mirolindo, bordeando el barrio Piedra Pintada, que se levanta, continuando por la quebrada La Pioja y el Canal Centenario hasta La Pola.

- Falla de Chapetón – Pericos

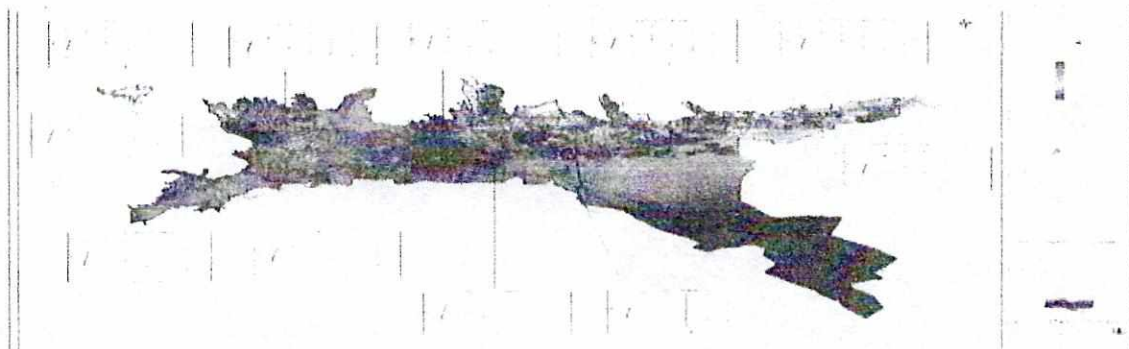
El sistema de falla delimita, por el oriente, la unidad Precámbrica Neises y Anfibolitas de Tierradentro, con el batolito de Ibagué, y por el occidente con esquistos Paleozoicos del complejo Cajamarca, definida en el sector de Pericos, sobre la carretera Ibagué-Armenia, y en Chapetón por Mosquera y otros (1982).

- Falla de Pan de Azúcar

Falla inferida que parece dislocar el cerro Pan de Azúcar, de los cerros noroccidentales de Ibagué. La traza de falla tiene dirección noreste - este, aproximadamente paralela a la falla de Ibagué.



Mapa 9 Mapa geológico de Ibagué. Se aprecian claramente las fallas que cruzan la ciudad. Fuente POT



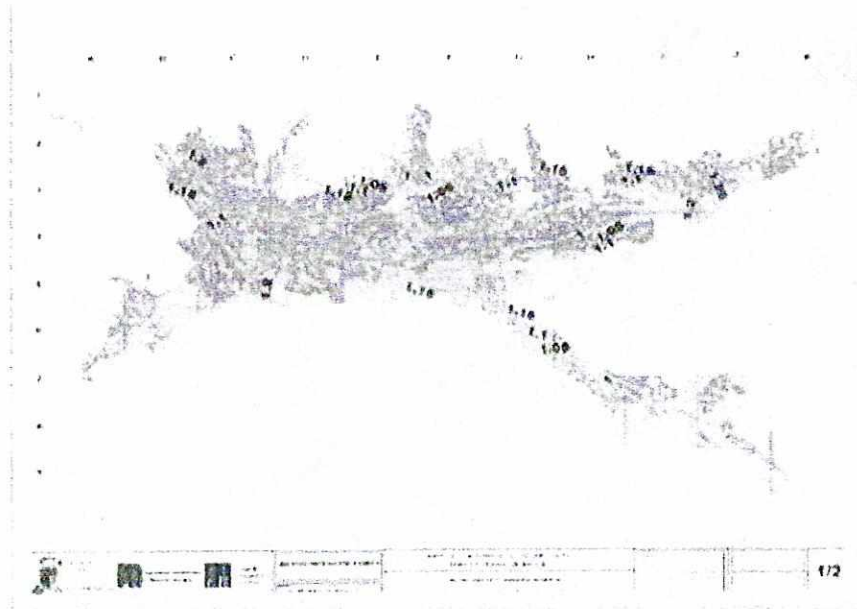
Mapa 10 Mapa de la microzonificación sísmica de Ibagué.

En el Mapa 11 se presenta el mapa de microzonificación sísmica de la ciudad. Como vemos, en la medida que el periodo tiende a cero, la aceleración del suelo es de

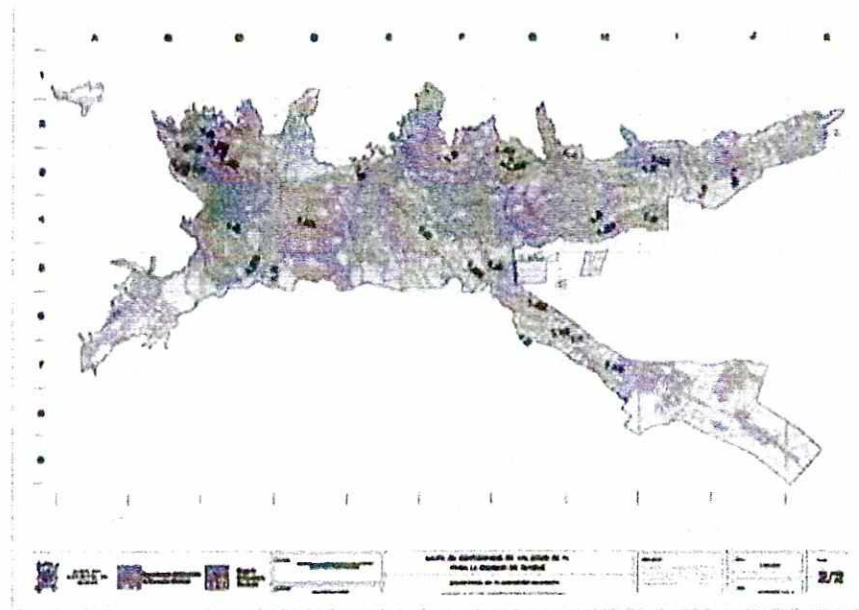
0.20 gales, aunque hay que hacer énfasis en que en la zona del predio en estudio no existen estudios de amplificación topográfica por topografía.

Ibagué también cuenta con la Armonización con la Norma NSR-10, cuyos resultados se muestran en los planos de los Mapas 11 y 12, en donde se presentan zonas de isovalores de F_a y F_v para ser utilizados en el diseño estructural de las edificaciones.

Es importante anotar que además de estos mapas se debe consultar el decreto o Régimen de Microzonificación Sísmica de Ibagué, en el cual se hacen ciertos requerimientos para el cálculo de acuerdo a las pendientes y a los tipos de suelo que se encuentran en la ciudad, como es el caso de la amplificación del espectro de diseño por efectos de la topografía, rellenos, etc.



Mapa 11 Microzonificación sísmica de Ibagué. Mapa de isovalores para F_a .



Mapa 12 Microzonificación sísmica de Ibagué. Isovalores de Fv

Sin embargo, en este estudio se optó por aceptar el valor de 0.20 gales para utilizarlo en los modelos geométricos y matemáticos para el análisis de estabilidad del talud por considerarse más conveniente debido a que no se conoce el valor de la amplificación de onda por efectos topográficos en este sector.

4.1.2 Amenaza por remoción en masa

La definición de las categorías de amenaza por remoción en masa se hizo en términos de cualitativos, en rango alto, medio y bajo, para lo cual se analizaron factores geomorfológicos, topográficos y litológicos, bajo detonantes como las lluvias y la acción antrópica.



Mapa 13 Mapa de Amenaza por remoción en masa e inundación

- **Amenaza Alta**

En esta categoría encontramos una fracción de los predios objeto de análisis en el presente estudio, los cuales están localizados en la corona del talud colindante con la quebrada Arenosa. Dicho nivel de amenaza corresponde principalmente a la pendiente del talud en cuestión.

- **Amenaza Baja**

De manera generalizada, se puede apreciar que los predios en estudio se encuentran principalmente en la categoría de amenaza baja, pues a pesar de estar sobre la corona del talud, los factores geológico-geotécnicos de la zona brindan estabilidad para los mismos reduciendo significativamente la condición de amenaza ante la cual se encuentran expuestos.

**7 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y MODELACIÓN
HIDRAULICA**

En las obras de ingeniería, el sistema de drenaje se compone de obras que facilitan el manejo adecuado de los fluidos. Es preciso e indispensable considerar los procesos de captación, conducción, evacuación y disposición de los mismos. La falta de control del agua y fluidos en general, en una estructura de ingeniería, deteriora las características geomecánicas, transferencia de carga, presiones de poros, presiones hidrostáticas, subpresiones de flujo, incrementando los cambios volumétricos del suelo de soporte.

Este tipo de obras tiene como objetivo conducir las aguas de escorrentía o flujo superficial a su disposición final. Es un soporte importante para la protección de la estructura y seguridad de los usuarios. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de cualquier obra de ingeniería.

El presente documento contiene el componente de Hidrología e Hidráulica de obras menores de los estudios y diseños hidráulicos para la construcción de obras requeridas en el sector RICAURTE en el municipio de IBAGUE - TOLIMA. El Aspecto de Hidrología e hidráulica se orienta hacia la obtención de las variables y de los criterios técnicos que permitan el diseño detallado de las obras hidráulicas que se requieren para el correcto manejo.

Los estudios se soportan en la información existente aportada por IDEAM e información de campo de estudios realizados en la zona de estudio como Topografía, etc., se analizaron las obras de drenaje existentes determinando cuales de ellas operaban adecuadamente, y se definieron los criterios técnicos para la implantación de las obras hidráulicas requeridas.

5.1 Recopilación y Análisis de Información Existente.

A partir de la información a la cual se puede acceder en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se determinan las estaciones hidrometeorológicas en la zona del estudio y se procede a recopilar en la totalidad la información de dichas estaciones, las cuales debido a su proximidad con el área de estudio tienen mediciones que pueden ser representativa para llevar a cabo un análisis hidrológico. Del análisis de tal información se puede determinar que los datos de dichas estaciones se encuentran completos y cuentan con unas adecuadas series temporales, lo cual hace que se tenga un mejor ajuste de los datos. Sin embargo, también es útil la información secundaria de la zona como un

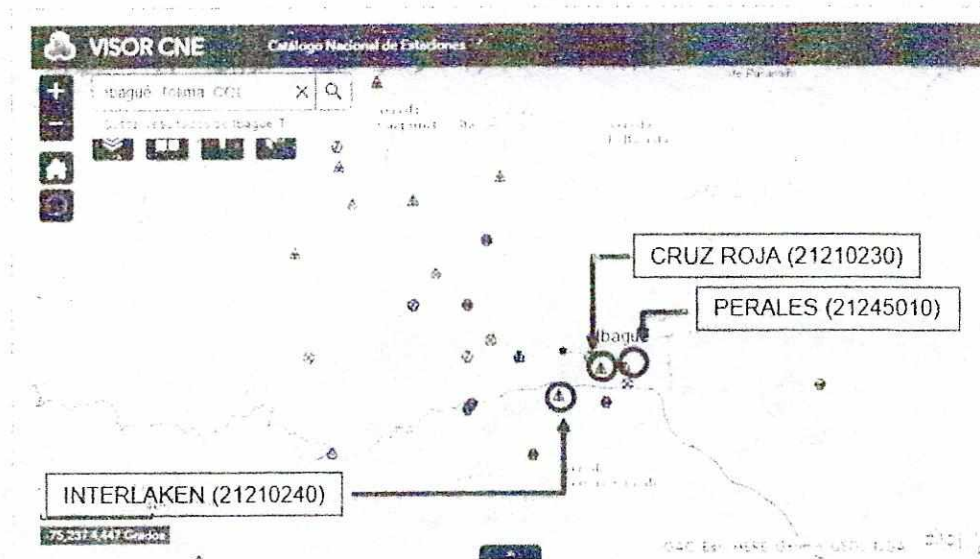
complemento para la descripción del régimen espacial y temporal de las variables hidrometeorológicas que definen el clima en la zona de estudio.

5.2 Información IDEAM

Las estaciones hidrometeorológicas cercanas a la zona de influencia del proyecto se seleccionaron a partir del catálogo de estaciones del IDEAM, estas se presentan en la Tabla 1 y su ubicación se muestra en la Figura 2, adicionalmente en la Tabla 1 se muestra la información que se obtuvo para cada una de las estaciones que se seleccionaron para el análisis.

NOMBRE	CODIGO	CATEGORIA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
CRUZ ROJA	21210230	PM	TOLIMA	IBAGUE
INTERLAKEN	21210240	PM	TOLIMA	IBAGUE
PERALES	21245010	CO	TOLIMA	IBAGUE

Tabla 4. Estaciones de Influencia Zona del Proyecto. Fuente IDEAM.



Fuente: IDEAM

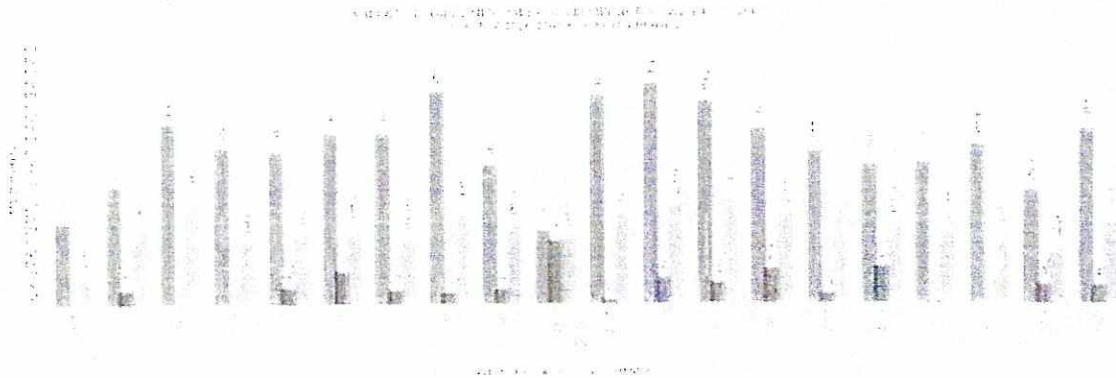
Figura 7. Estaciones pluviométricas.

Tabla 5. Valores Totales Mensuales de Precipitación CRUZ ROJA (21210230).

Mes	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	100	120	150	180	200	220	250	280	300	250	200	150

Fuente: IDEAM

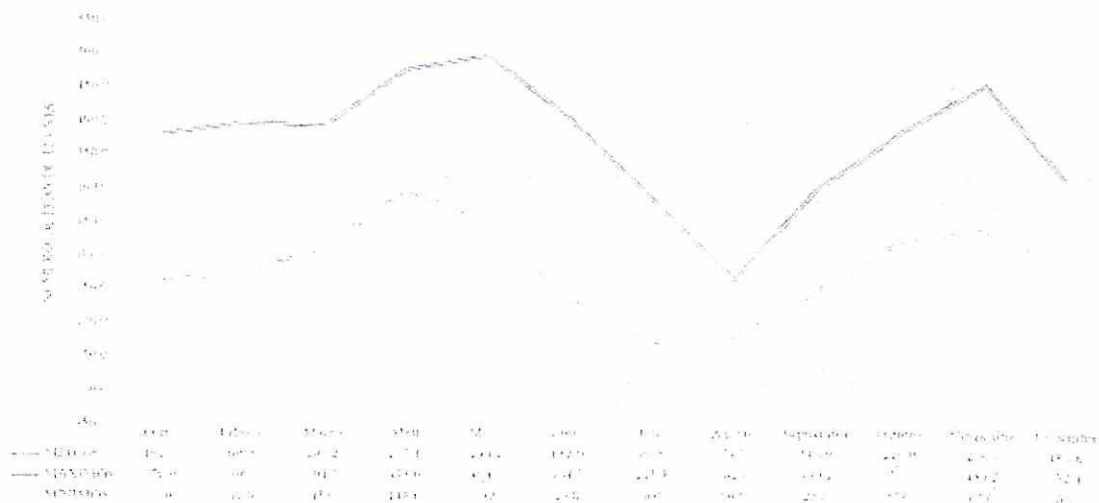
Tabla 5. Valores Totales Mensuales de Precipitación CRUZ ROJA (21210230).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor

Figura 8. Hietograma de valores totales precipitación en barras CRUZ ROJA (21210230).

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (1997 - 2017)
ESTACION 21210230 CRUZ ROJA - IBAGUÉ

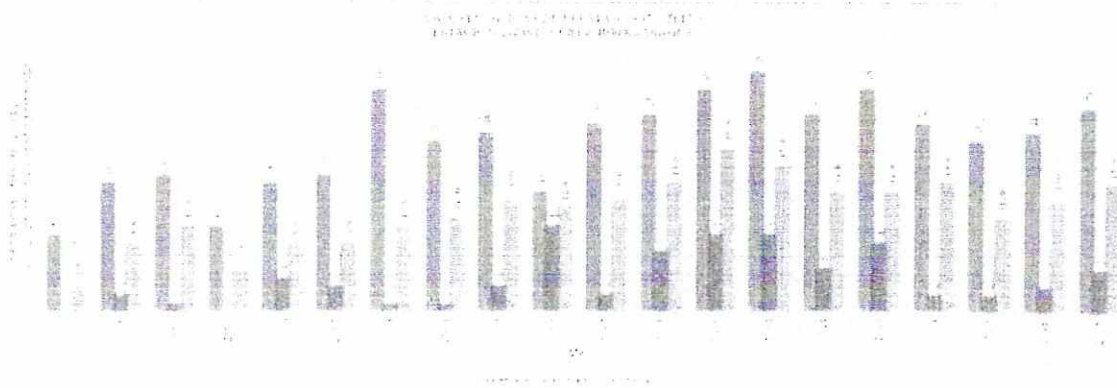


Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 9. Hietograma de valores totales de precipitación CRUZ ROJA (21210230).

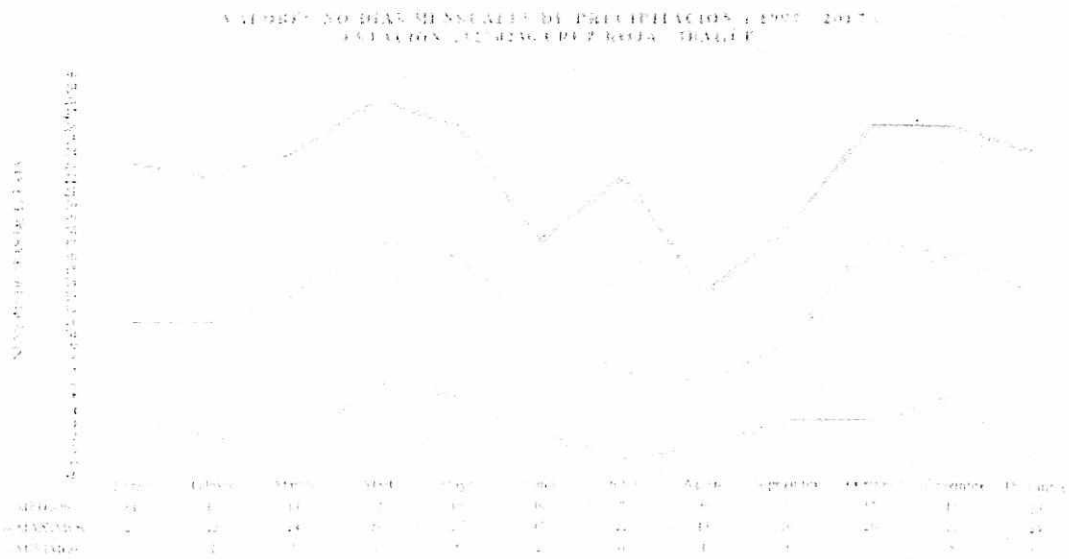
Fuente: IDEAM

Tabla 6. Valores no de días mensuales de precipitación CRUZ ROJA (21210230).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 10. Hietograma de número de días de lluvia en barras CRUZ ROJA (21210230).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 11. Hietograma de número de días de lluvia CRUZ ROJA (21210230).

ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIÓN MENSUAL EN LA ZONA DE ESTUDIO

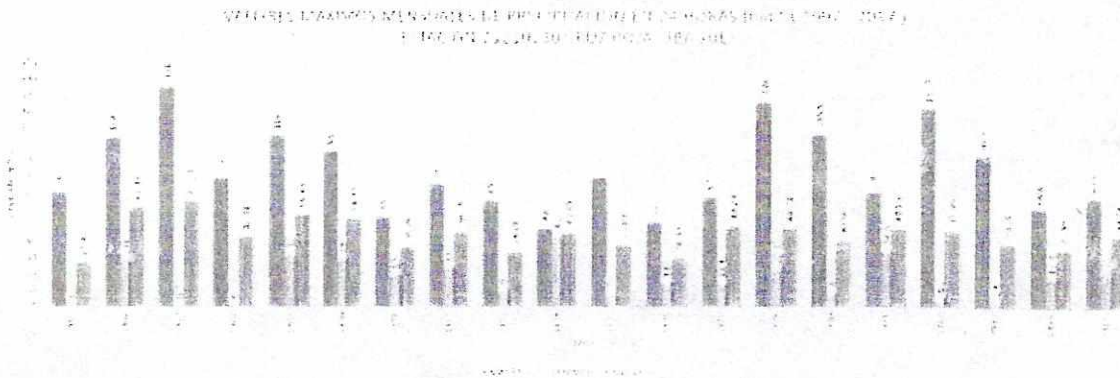
ESTACION: 21210230

PERÍODO: 1980-1989

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1980	100	120	150	180	200	220	250	280	300	320	350	380	2500
1981	110	130	160	190	210	230	260	290	310	330	360	390	2600
1982	120	140	170	200	220	240	270	300	320	340	370	400	2700
1983	130	150	180	210	230	250	280	310	330	350	380	410	2800
1984	140	160	190	220	240	260	290	320	340	360	390	420	2900
1985	150	170	200	230	250	270	300	330	350	370	400	430	3000
1986	160	180	210	240	260	280	310	340	360	380	410	440	3100
1987	170	190	220	250	270	290	320	350	370	390	420	450	3200
1988	180	200	230	260	280	300	330	360	380	400	430	460	3300
1989	190	210	240	270	290	310	340	370	390	410	440	470	3400
TOTAL	1500	1700	2000	2300	2500	2700	3000	3300	3500	3700	4000	4300	35000

Fuente: IDEAM

Tabla 7. VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN CRUZ ROJA (21210230).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

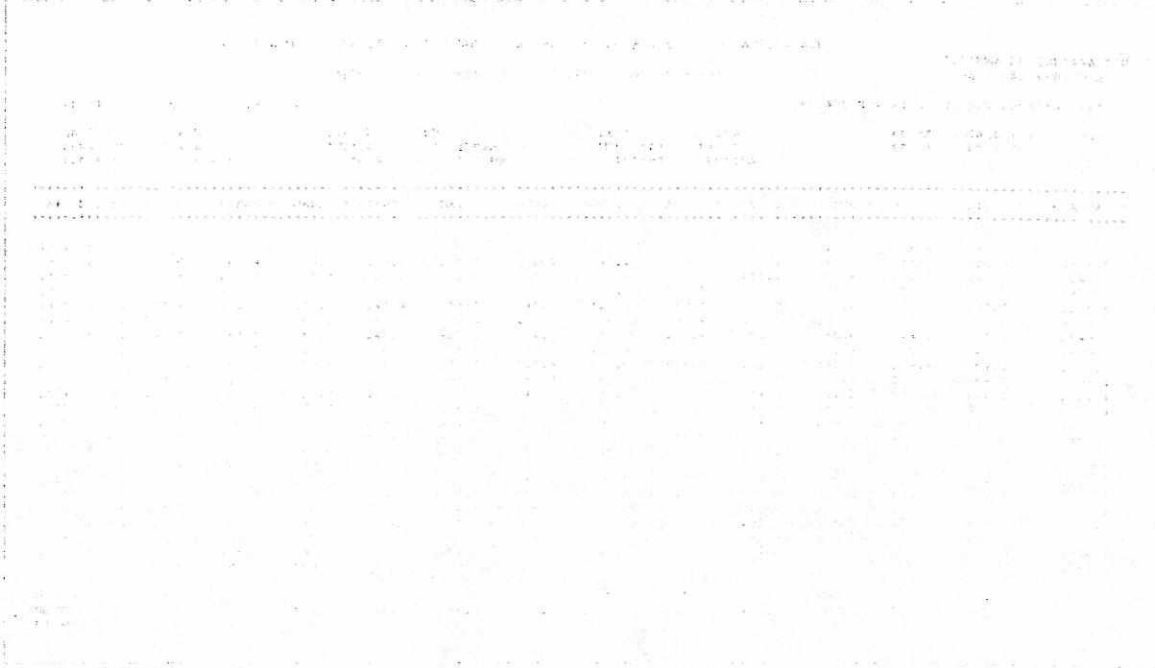
Figura 12. Hietograma de valores máx. de p. en 24 horas barras CRUZ ROJA (21210230).

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1992 - 2017)
ESTACIÓN 2121501 CRUZ ROJA - IBAGUÉ



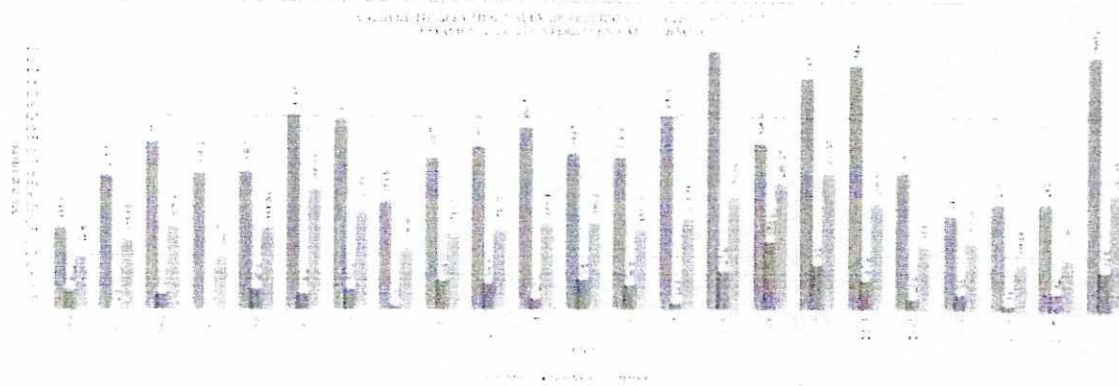
Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 13. Hietograma de valores máx. de p. en 24 horas CRUZ ROJA (21210230).



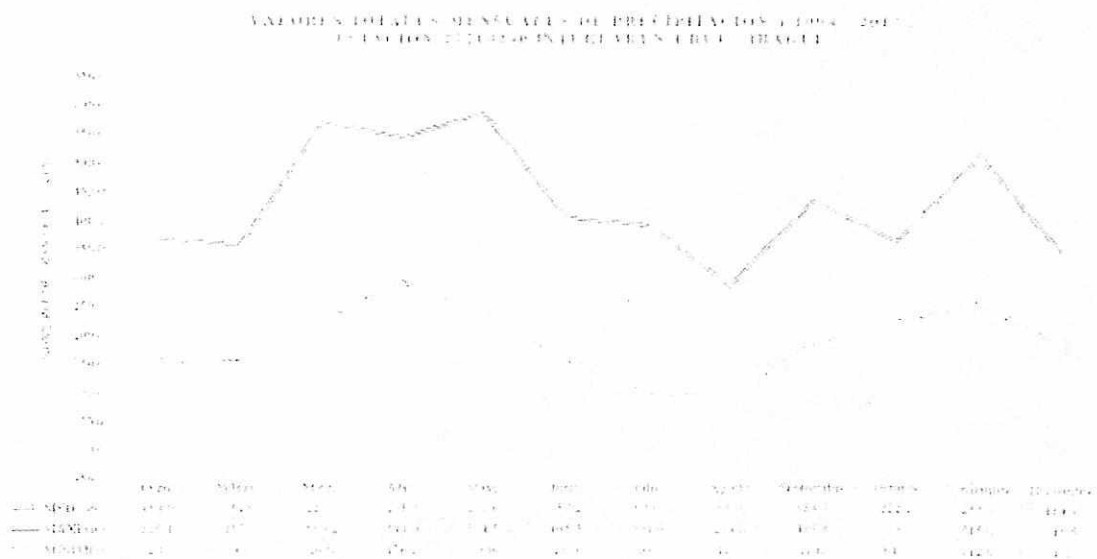
Fuente: IDEAM

Tabla 8. Valores Totales Mensuales de Precipitación INTERLAKEN (21210240).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 14. Hietograma de valores totales precipitación en barras INTERLAKEN (21210240).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

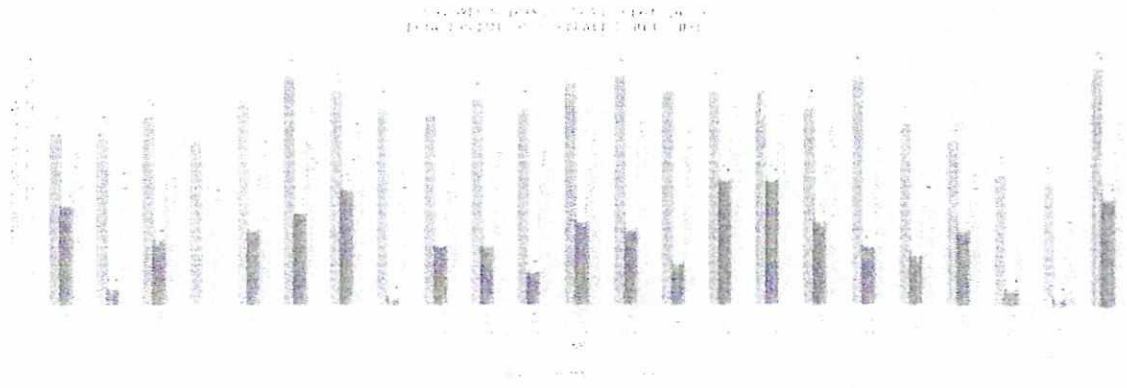
Figura 15. Hietograma de valores totales de precipitación INTERLAKEN (21210240).

ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)

ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)

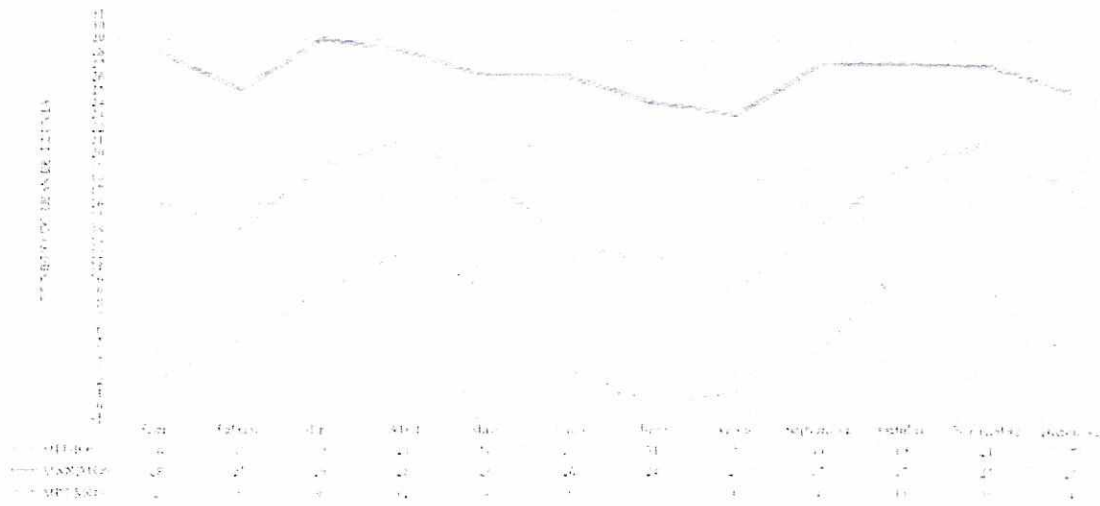
ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)	ESTADÍSTICA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN EL MUNICIPIO DE INTERLAKEN (21210240)
1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020

Fuente: IDEAM
 Tabla 9. Valores no de días mensuales de precipitación INTERLAKEN (21210240).



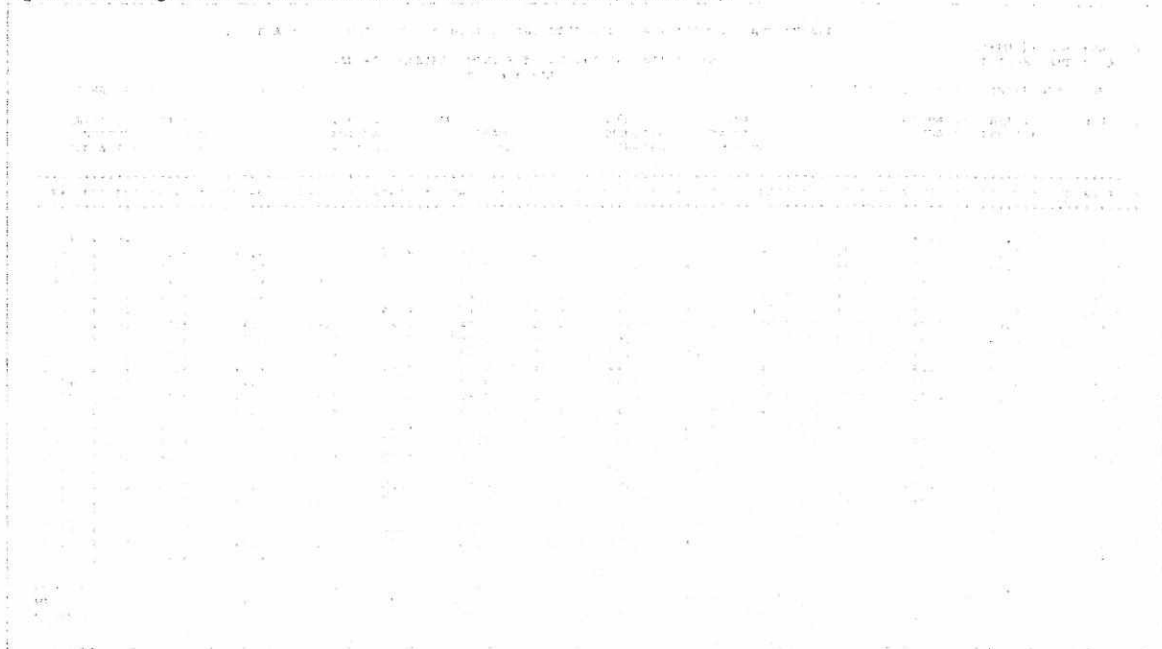
Fuente: IDEAM, modificado por el autor.
 Figura 16. Hietograma de número de días de lluvia en barras INTERLAKEN (21210240).

VALORES NO DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION 1994-2017
ESTACION 21210240 INTERLAKEN (CULT. IBAGUE)



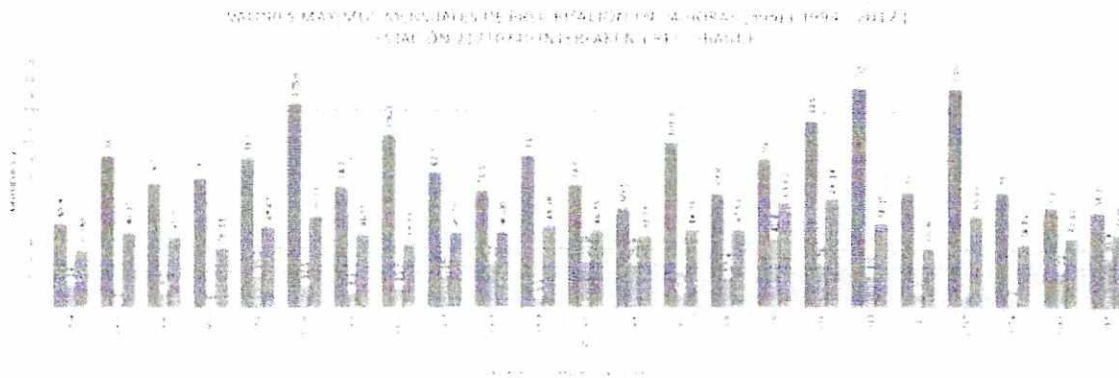
Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 17. Hietograma de número de días de lluvia INTERLAKEN (21210240).



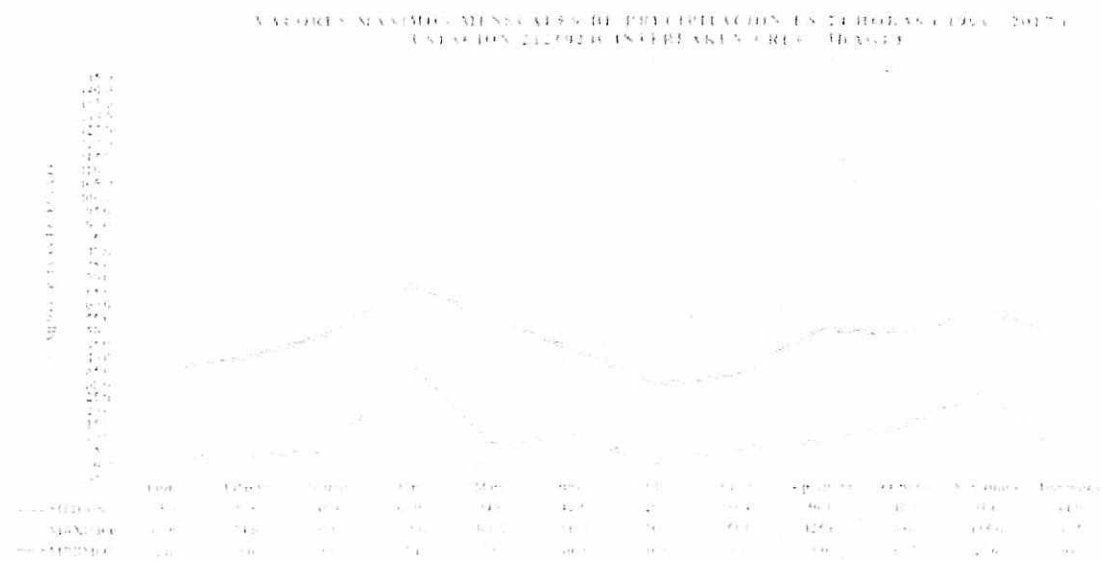
Fuente: IDEAM

Tabla 10. VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN INTERLAKEN (21210240).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 18. Hietograma de valores máx. de p. en 24 horas barras INTERLAKEN (21210240).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 19. Hietograma de valores máx. de p. en 24 horas INTERLAKEN (21210240).

ESTACION: PERALES (21245010)

PERIODO: 1970-1979

UNIDAD: mm

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
1970	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	480
1971	12	18	22	28	32	38	42	48	52	58	62	68	500
1972	14	20	24	30	34	40	44	50	54	60	64	70	520
1973	16	22	26	32	36	42	46	52	56	62	66	72	540
1974	18	24	28	34	38	44	48	54	58	64	68	74	560
1975	20	26	30	36	40	46	50	56	60	66	70	76	580
1976	22	28	32	38	42	48	52	58	62	68	72	78	600
1977	24	30	34	40	44	50	54	60	64	70	74	80	620
1978	26	32	36	42	46	52	56	62	66	72	76	82	640
1979	28	34	38	44	48	54	58	64	68	74	78	84	660
TOTAL	180	240	280	340	380	440	480	540	580	640	680	740	5400

Fuente: IDEAM

Tabla 11. Valores Totales Mensuales de Precipitación PERALES (21245010).

ESTACION PERALES (21245010)

PERALES (21245010)

PERALES (21245010)

FECHA	PRECIPITACION	TEMPERATURA	HUMEDAD	VELOCIDAD VIENTO	DIRECCION VIENTO	NEBLINA	OPACIDAD	VISIBILIDAD	OTROS
01/01/2010	0	15	75	10	120	0	100	10	
02/01/2010	0	18	78	12	130	0	100	12	
03/01/2010	0	20	80	15	140	0	100	15	
04/01/2010	0	22	82	18	150	0	100	18	
05/01/2010	0	25	85	20	160	0	100	20	
06/01/2010	0	28	88	25	170	0	100	25	
07/01/2010	0	30	90	30	180	0	100	30	
08/01/2010	0	32	92	35	190	0	100	35	
09/01/2010	0	35	95	40	200	0	100	40	
10/01/2010	0	38	98	45	210	0	100	45	
11/01/2010	0	40	100	50	220	0	100	50	
12/01/2010	0	42	102	55	230	0	100	55	
13/01/2010	0	45	105	60	240	0	100	60	
14/01/2010	0	48	108	65	250	0	100	65	
15/01/2010	0	50	110	70	260	0	100	70	
16/01/2010	0	52	112	75	270	0	100	75	
17/01/2010	0	55	115	80	280	0	100	80	
18/01/2010	0	58	118	85	290	0	100	85	
19/01/2010	0	60	120	90	300	0	100	90	
20/01/2010	0	62	122	95	310	0	100	95	
21/01/2010	0	65	125	100	320	0	100	100	
22/01/2010	0	68	128	105	330	0	100	105	
23/01/2010	0	70	130	110	340	0	100	110	
24/01/2010	0	72	132	115	350	0	100	115	
25/01/2010	0	75	135	120	360	0	100	120	
26/01/2010	0	78	138	125	370	0	100	125	
27/01/2010	0	80	140	130	380	0	100	130	
28/01/2010	0	82	142	135	390	0	100	135	
29/01/2010	0	85	145	140	400	0	100	140	
30/01/2010	0	88	148	145	410	0	100	145	
31/01/2010	0	90	150	150	420	0	100	150	
01/02/2010	0	92	152	155	430	0	100	155	
02/02/2010	0	95	155	160	440	0	100	160	
03/02/2010	0	98	158	165	450	0	100	165	
04/02/2010	0	100	160	170	460	0	100	170	
05/02/2010	0	102	162	175	470	0	100	175	
06/02/2010	0	105	165	180	480	0	100	180	
07/02/2010	0	108	168	185	490	0	100	185	
08/02/2010	0	110	170	190	500	0	100	190	
09/02/2010	0	112	172	195	510	0	100	195	
10/02/2010	0	115	175	200	520	0	100	200	
11/02/2010	0	118	178	205	530	0	100	205	
12/02/2010	0	120	180	210	540	0	100	210	
13/02/2010	0	122	182	215	550	0	100	215	
14/02/2010	0	125	185	220	560	0	100	220	
15/02/2010	0	128	188	225	570	0	100	225	
16/02/2010	0	130	190	230	580	0	100	230	
17/02/2010	0	132	192	235	590	0	100	235	
18/02/2010	0	135	195	240	600	0	100	240	
19/02/2010	0	138	198	245	610	0	100	245	
20/02/2010	0	140	200	250	620	0	100	250	
21/02/2010	0	142	202	255	630	0	100	255	
22/02/2010	0	145	205	260	640	0	100	260	
23/02/2010	0	148	208	265	650	0	100	265	
24/02/2010	0	150	210	270	660	0	100	270	
25/02/2010	0	152	212	275	670	0	100	275	
26/02/2010	0	155	215	280	680	0	100	280	
27/02/2010	0	158	218	285	690	0	100	285	
28/02/2010	0	160	220	290	700	0	100	290	
29/02/2010	0	162	222	295	710	0	100	295	
30/02/2010	0	165	225	300	720	0	100	300	
31/02/2010	0	168	228	305	730	0	100	305	

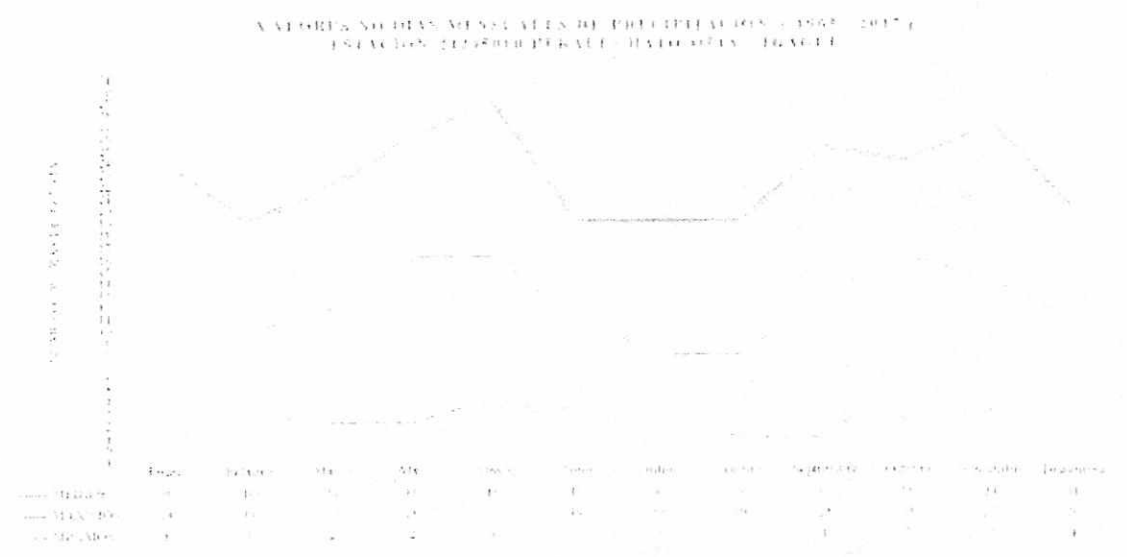
Fuente: IDEAM

Tabla 12. Valores no de días mensuales de precipitación PERALES (21245010).



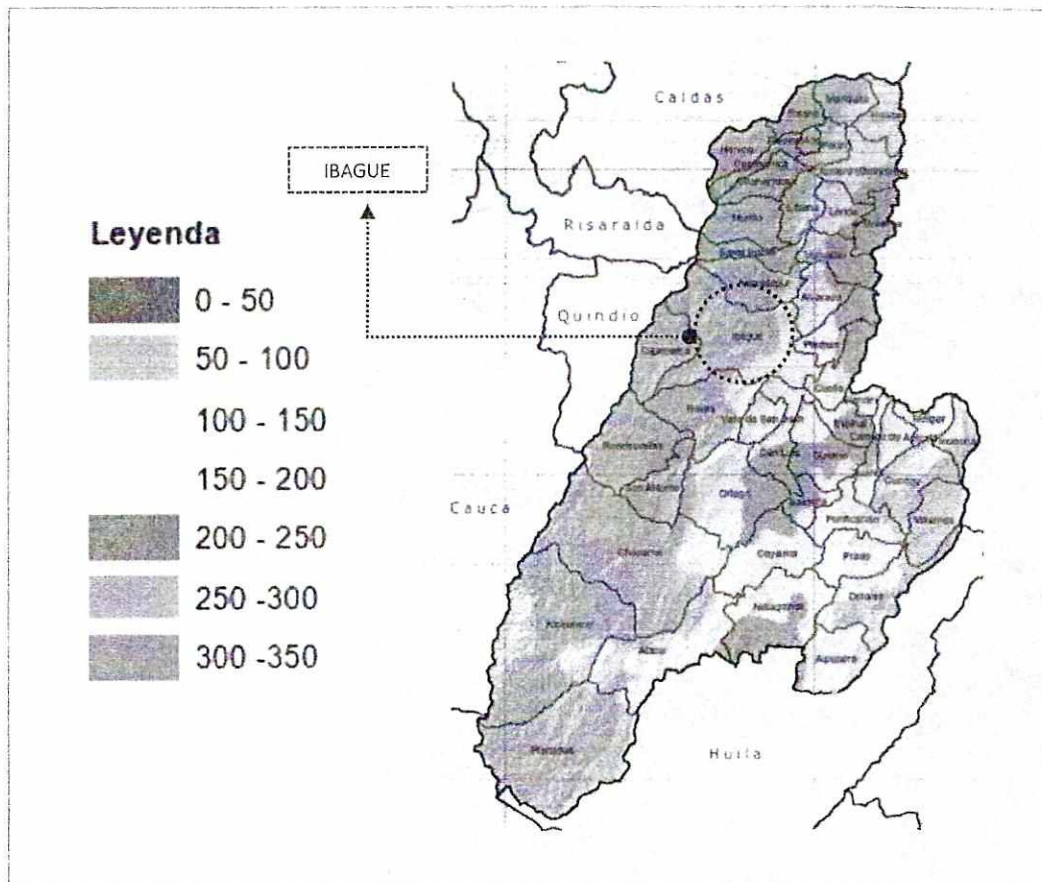
Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 22. Hietograma de número de días de lluvia en barras PERALES (21245010).



Fuente: IDEAM, modificado por el autor.

Figura 23. Hietograma de número de días de lluvia PERALES (21245010).

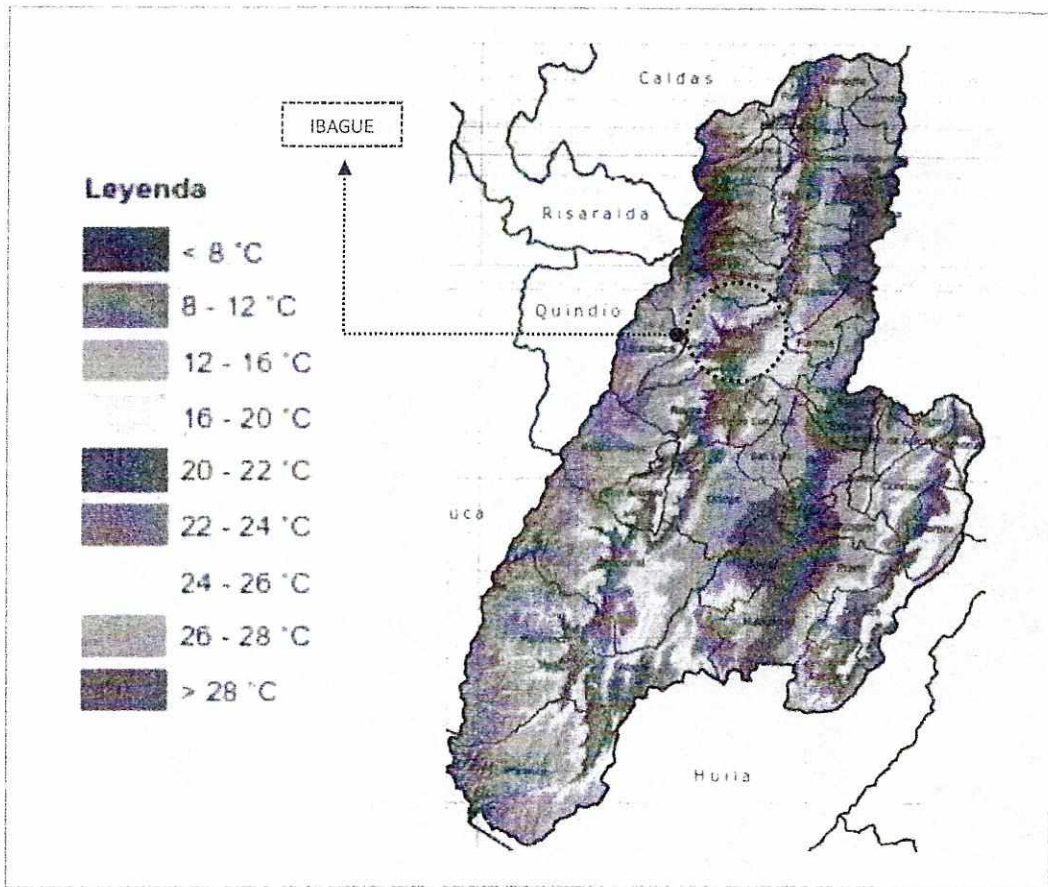


Fuente: IDEAM.

Figura 27. Días de lluvia. Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.

5.3.3 Temperatura Media Anual (°C)

El mapa de temperatura media anual para el departamento del Tolima se muestra en la Figura, se puede observar que el departamento tiene una temperatura que va aumentando desde el oriente del departamento donde se alcanzan temperaturas al punto que se consideran Niveles, hacia el centro del departamento donde se tienen zonas cálidas (Temperaturas mayores a 24°C) y adicionalmente en la parte más occidental del departamento se vuelven a presentar zonas de climas templados y fríos. Para el municipio de IBAGUE se presenta una diferencia con respecto a la dinámica departamental con un rango amplio de temperaturas siendo en la zona norte del departamento con temperaturas entre los 16 y más de 24°C.

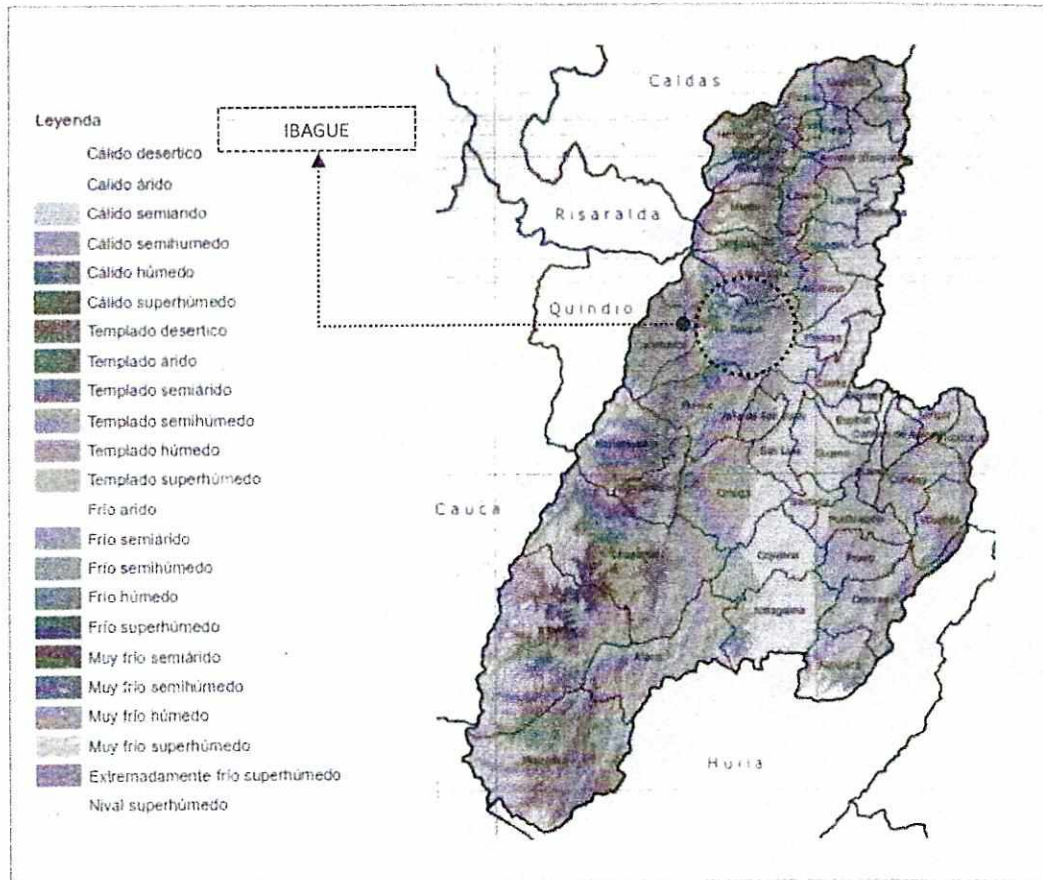


Fuente: IDEAM.

Figura 28. Temperatura Media Anual ($^\circ\text{C}$) Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.

5.3.4 Clasificación Climática

En la Figura se presenta el mapa de tipos de clima que se presentan en el departamento del Tolima, para el municipio de IBAGUE, interés de estudio el clima que se presenta es templado semihúmedo de la zona del municipio.



Fuente: IDEAM.

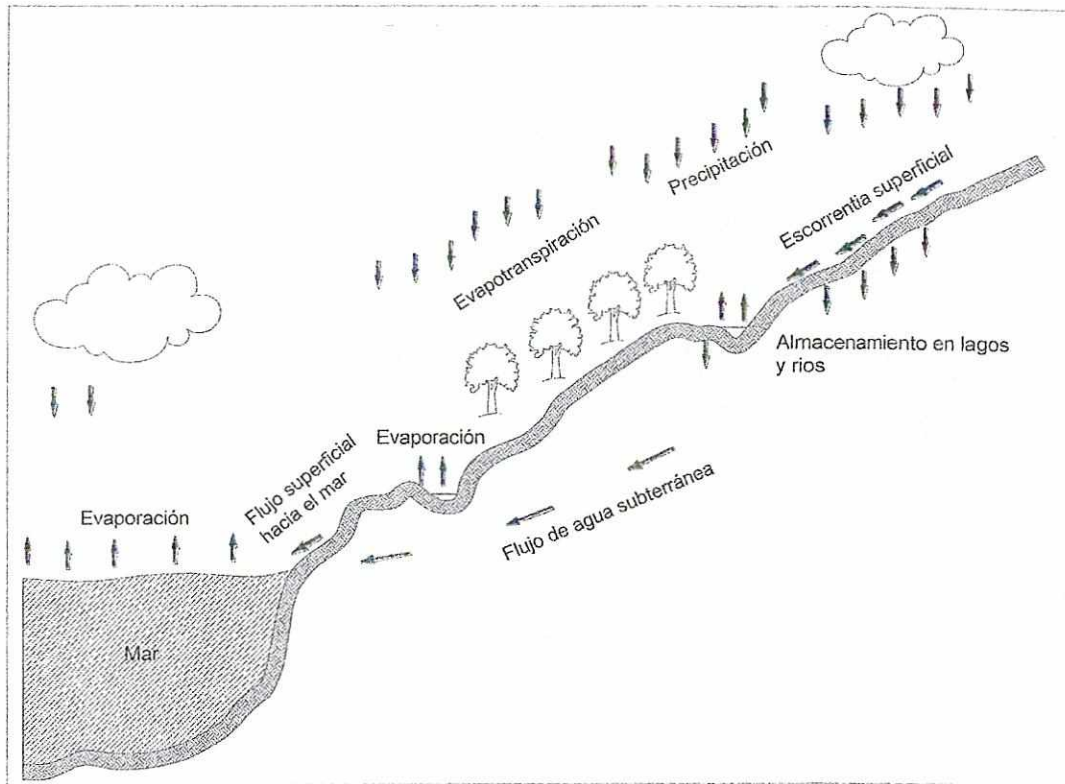
Figura 29. Clasificación Climática Departamento del Tolima. Fuente IDEAM.

5.4 HIDROLOGIA

El ciclo hidrológico es el fenómeno por el cual el agua permanece en movimiento en los diferentes estados. Este ciclo, que puede empezar por ejemplo con la precipitación, consiste en una parte retenida por el terreno, otra que se evapora y la última que penetra en la superficie, formando parte del agua de escorrentía. El agua que se evapora es transportada por intermedio del aire que está en movimiento; son procesos que ocurren en la naturaleza en forma continua y permanentemente, cuyo resultado es que el ciclo no presente ni principio ni fin.

Una buena proporción del agua retenida por almacenamiento de lagos y ríos, así como por las plantas es devuelta a la atmosfera mediante los procesos de evaporación y transpiración. Igualmente, buena parte del agua lluvia proviene del fenómeno de evaporación sobre el agua del mar; el agua que logra penetrar la superficie terrestre forma parte de la necesaria para conservar la humedad del suelo

y mantiene los almacenamientos subterráneos, donde puede continuar su flujo hacia los lagos, ríos y océanos.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

Figura 30. Ciclo Hidrológico del Agua

El agua que se ha evaporado, en ciertas condiciones, se condensa para formar nubes que luego forman las precipitaciones, las cuales se dan al producirse la condensación del vapor debido al enfriamiento de una parte de la masa de aire contenida en la atmósfera.

Para el respectivo análisis del clima a partir de la información suministrada por el IDEAM, se toman las estaciones cuya característica es la Climatológica Ordinaria, las cuales poseen información de Temperatura, Humedad Relativa y Tensión de Vapor, por esta razón se escoge para el análisis la estación PERALES.

5.4.1 Precipitaciones

El análisis de la precipitación tanto temporal como especial se realizó con los valores totales mensuales medios de la serie histórica de las estaciones nombradas en el capítulo anterior, para la estación PERALES, se considera la serie comprendida

entre los años 1965-2017. La precipitación está marcada a lo largo del año por el movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la zona ecuatorial.

5.5 TIEMPO DE CONCENTRACION

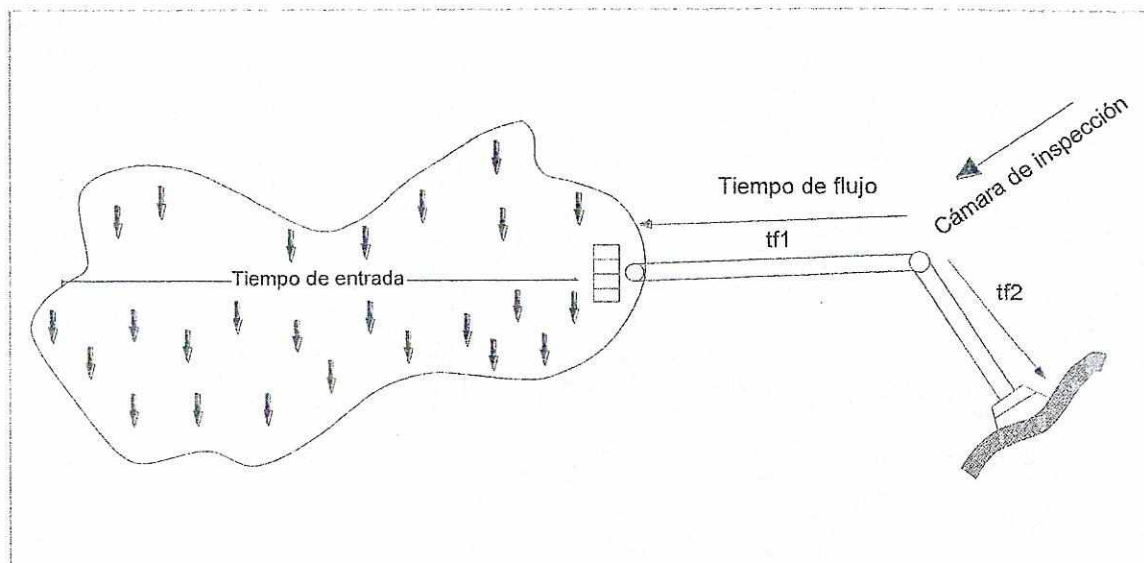
Es común definir el tiempo de concentración como el tiempo necesario de la partícula más alejada hidráulicamente para llegar al punto donde está la salida del área o donde se efectúa la captación para su posterior disposición final. En un sistema de captación de aguas lluvias, el tiempo de concentración está formado por dos tiempos parciales, así:

5.5.1. Tiempo de entrada

Es el tiempo necesario para que la partícula más alejada hidráulicamente llegue al punto de captación. Este tiempo es función de las características del suelo, como tipo de superficie, referente a las dificultades u obstáculos que pueda tener el agua para fluir, la pendiente del terreno, longitud recorrida y grado de saturación del suelo y plantas.

5.5.2. Tiempo de flujo.

El tiempo de flujo es aquel que demora la partícula en recorrer el conducto hasta el punto de disposición final o punto de control.

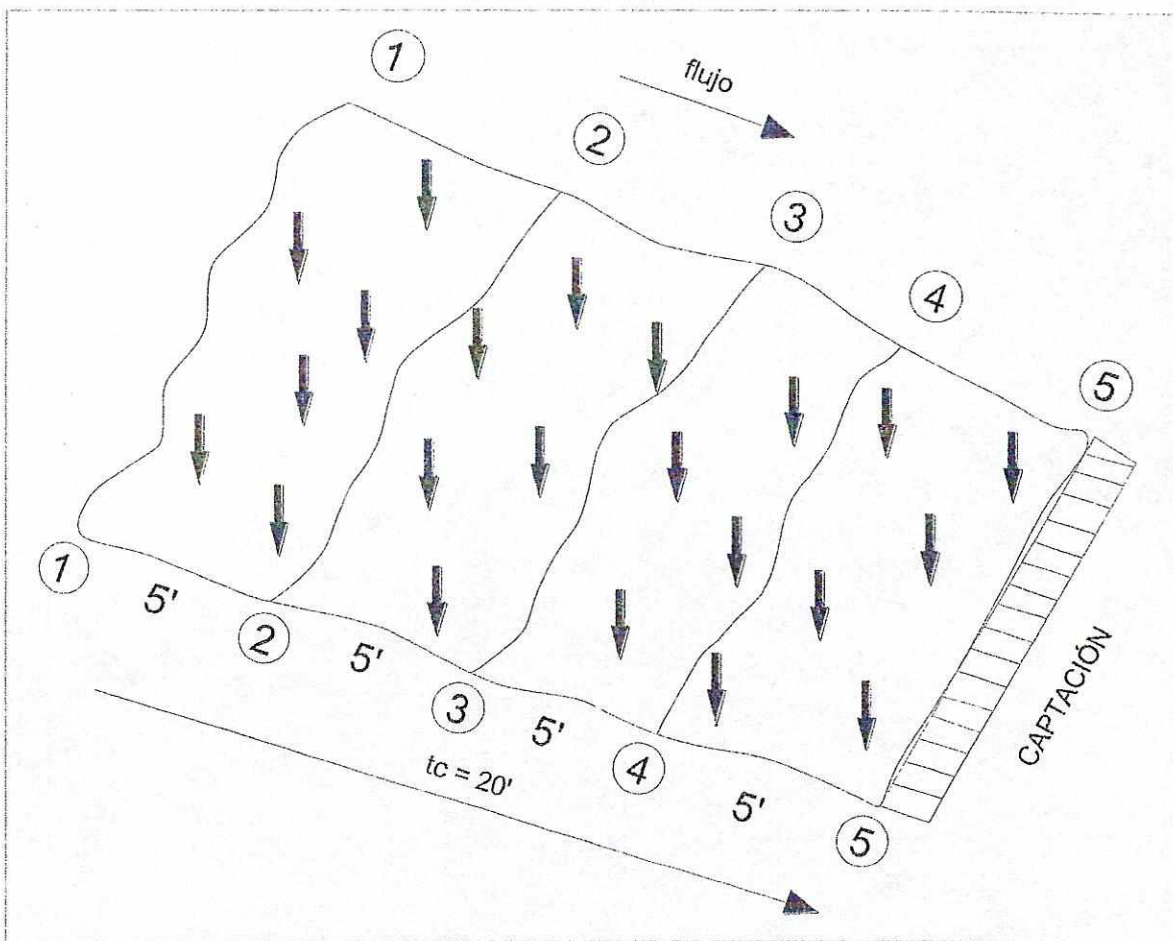


Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano
Figura 31. Representación gráfica del tiempo de concentración.

En la figura, puede verse representado el tiempo de concentración en sus dos expresiones, tanto el tiempo de entrada como el tiempo de flujo.

Para una mejor comprensión del término tiempo de concentración y su importancia dentro del análisis de un sistema hídrico, se puede hacer un análisis tomando una determinada área de influencia teniendo en cuenta la dirección del flujo desde el punto de recolección o de control.

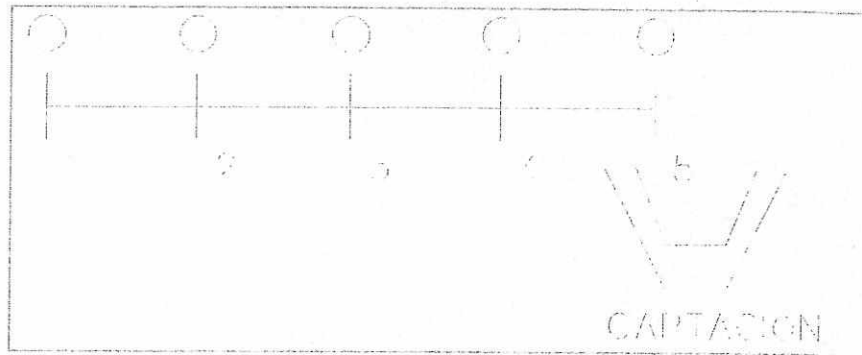
Lo mencionado anteriormente se puede evidenciar en la siguiente figura, ya que se dividió en áreas parciales, donde el tiempo de recorrido del agua en cada una de ellas es igual a t , para un tiempo total de concentración de t_c .



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

Figura 32. Representación gráfica del recorrido del flujo.

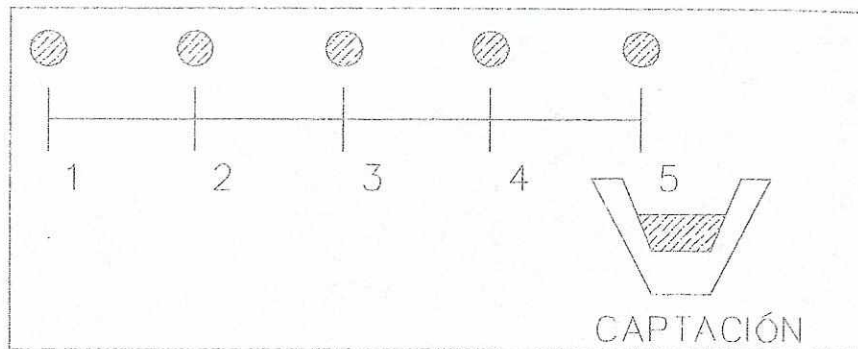
En la figura, se puede evidenciar las partículas de agua que caen directamente a la captación, en donde al inicio, donde el tiempo es $t=0$, no hay agua en el lugar de captación, y por consiguiente su caudal es $Q=0$.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

Figura 33. Representación gráfica de la tardanza del flujo en llegar a la captación.

En la figura, se puede evidenciar que con el paso del tiempo van llegando las gotas de lluvia intermedias a las líneas 4 y 5, es así como el caudal de captación va aumentando debido a que cada vez más llegan partículas de agua.



Fuente: Recolección de Aguas residuales, Zambrano

Figura 34. Representación gráfica de la tardanza del flujo en llegar a la captación.

De las dos figuras anteriores se puede observar que el caudal máximo ocurre cuando la primera partícula precipitada sobre la línea 1 llega al lugar de recolección o línea 5.

En conclusión, se puede afirmar que el caudal máximo se presenta cuando el tiempo de duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración.

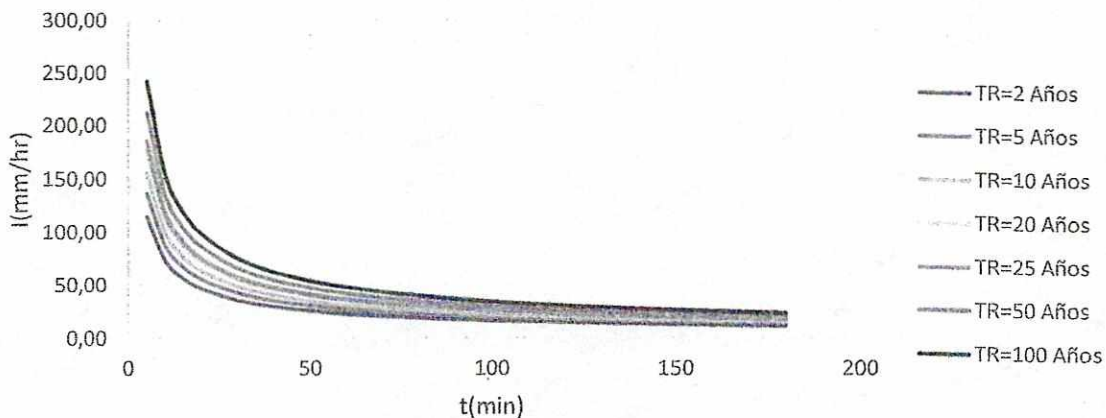
5.6 Curvas Intensidad Duración Frecuencia

De acuerdo a la información solicitada al instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), se recibió, realizando un procesamiento de la información recibida en cuanto a datos de pluviometría, se determinaron las curvas IDF.

Las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), son una técnica que permite obtener información de las lluvias esperadas en una región, teniendo en cuenta tres de sus variables más importantes: su intensidad, duración y frecuencia o tiempo de retorno. Esta técnica, aunque antigua en su concepto, es muy vigente y de amplio uso en ingeniería, sobre todo para el diseño de obras hidráulicas y de gestión de recursos hídricos.

Las curvas IDF, se presentan generalmente como un grupo de curvas, cada una de las cuales representa un período de retorno dado. En el eje X se tiene la duración del evento (lluvia) y en el eje Y, la Intensidad del mismo. Se debe hacer claridad que para poder utilizar esta técnica, se debe contar con una estación meteorológica cercana, la cual debe contar con mediciones hidrológicas de un periodo largo, ojalá 30 años, necesariamente obtenidas con pluviógrafo, dado que lo que se analiza es el pluviograma, en este caso se obtuvo la información de la estación PERALES.

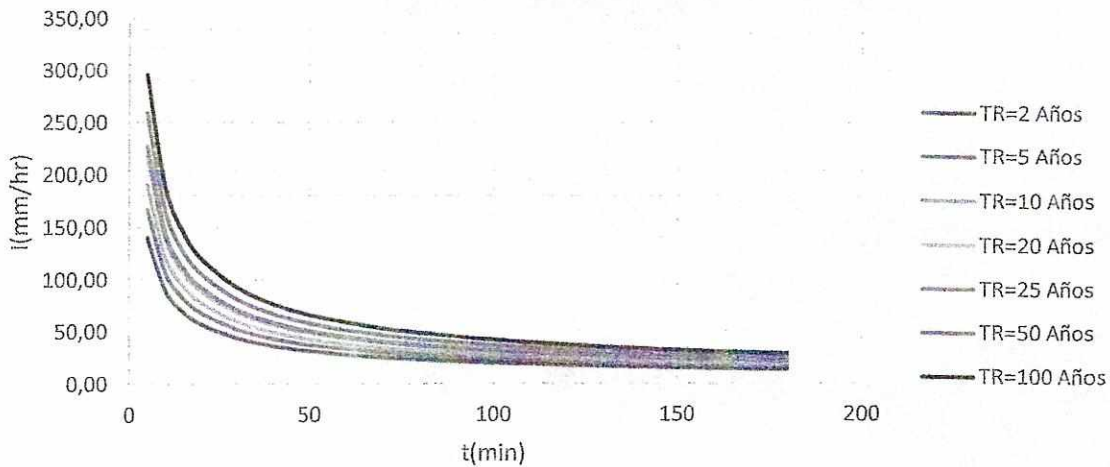
Curvas IDF para Estación 21245010 - PERALES HATO OPIA -
IBAGUE



Estación: 21245010 PERALES. INFORMACIÓN BASE DESDE 1965 A 2017

Figura 35. IDF PERALES (21245010).

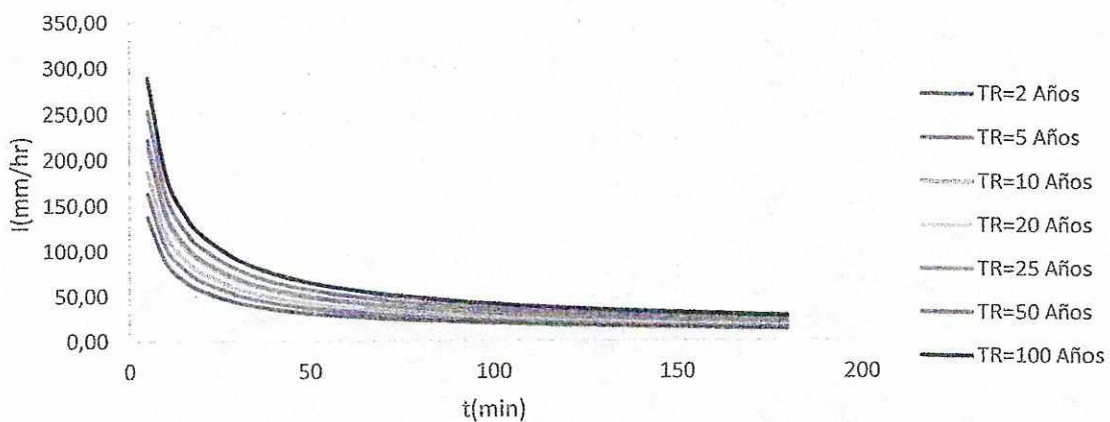
Curvas IDF para Estación 21210230 CRUZ ROJA - IBAGUE



Estación: 21210230 CRUZ ROJA. INFORMACIÓN BASE DESDE 1997 A 2017

Figura 36. IDF CRUZ ROJA (21210230).

Curvas IDF para Estación 21210240 INTERLAKEN-CRET - IBAGUE



Estación: 21210240 INTERLAKEN. INFORMACIÓN BASE DESDE 1994 A 2017

Figura 37. IDF INTERLAKEN (21210240).

En la figura mostrada anteriormente se puede visualizar el comportamiento de la magnitud de la lluvia en cuanto a la duración de la misma, toda representada a lo largo de diferentes periodos de retorno.

En términos generales para la construcción de una curva IDF, se siguieron los siguientes pasos.

1. Se determina el periodo de registro con que se cuenta ([años]), en este caso el periodo de registro entre más rango tenga será mucho mejor.
2. Para cada año se seleccionaron las 5 mayores lluvias (magnitud [mm]).
3. Para cada año, del pluviograma de las 5 lluvias seleccionadas, se determinó la intensidad [mm/min], para los siguientes periodos de tiempo: 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 360 minutos.
4. Para cada año y tiempo de observación, se escogió la mayor intensidad de las mediciones de las 5 lluvias.
5. Se convirtieron las intensidades encontradas en el paso anterior de [mm/min] a [mm/hora].
6. Se construyó una Tabla donde se colocó en la primera columna los años de medición, seguido de columnas donde se colocan los valores de Intensidad, conservando una columna para cada uno de los periodos de tiempo seleccionados.
7. Teniendo la tabla donde se relacionan los años de medición con los valores de la intensidad variando los periodos de tiempo se calculó la probabilidad de estas intensidades usando la distribución de valores extremos o de Gumbel.
8. Con las ecuaciones de las rectas, para cada duración, obtener los valores de intensidad máxima para 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 200 años.
9. Con estos datos, se construye la curva IDF.

5.7 Análisis de la información Hidrológica del área de estudio

El análisis hidrológico se realizó teniendo en cuenta las estaciones que se muestran en la Tabla 4. Se eligen estas estaciones pues poseen información completa de las series anuales hasta el año más reciente y son estaciones que se encuentran actualmente en operación.

5.7.1 Análisis Estadístico de Datos de Precipitación

Con las estaciones presentadas en la Tabla 4, se procede a realizar el respectivo análisis estadístico de los datos de precipitación máxima en 24 horas mensual multianual, partiendo de la eliminación de datos dudosos que harán que los modelos presenten mayores errores al momento de su ejecución y posteriormente se realiza el análisis de las distribuciones de probabilidad para determinar la de mejor ajuste de los datos, y poder trabajar con los resultados de las precipitaciones mediante la aplicación de la metodología de Curvas IDF, ajustadas a los periodos de retorno de la distribución que mejor se ajuste a los datos.

5.7.1.1 Análisis de Datos Dudosos

Los datos dudosos (outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante (Chow, 1994) y que afectan de una manera considerable la magnitud de los parámetros estadísticos de la serie, especialmente en muestras pequeñas. Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para cada serie de datos de precipitaciones de la estación analizada de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia, recomendadas por Ven Te Chow:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

Y_H	=	Umbral superior para datos dudosos en Unidades logarítmicas.
Y_L	=	Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.
\bar{y}	=	Media de los logaritmos de los caudales.
S_y	=	Desviación estándar de los logaritmos de los caudales.
K_n	=	Valor tabulado para una muestra de tamaño n.

Se presenta en la Tabla 2, el análisis de datos dudosos para las estaciones seleccionadas, considerando dudosos los datos que estén por fuera del intervalo determinado por Y_H y Y_L .

- Estación PERALES

Para la Estación PERALES se presentan en la Tabla los resultados del análisis de datos dudosos:

GRUPO EMPRESARIAL DYNAMO



Vr Máximo Anual (mm)	Log10	Superior	Inferior	Dato Aceptado
45	1.6532	0.0000	0.1583	Si
55	1.7404	0.4489	0.2455	Si
53.4	1.7275	0.4617	0.2326	Si
87.7	1.9430	0.2463	0.4481	Si
42.2	1.6253	0.5640	0.1304	Si
78.5	1.8949	0.2944	0.4000	Si
62.8	1.7980	0.3913	0.3031	Si
86.8	1.9385	0.2508	0.4436	Si
90	1.9542	0.2350	0.4593	Si
82.3	1.9154	0.2739	0.4205	Si
66.7	1.8241	0.3652	0.3292	Si
70	1.8451	0.3442	0.3502	Si
48.1	1.6821	0.5071	0.1872	Si
53	1.7243	0.4650	0.2294	Si
107	2.0294	0.1599	0.5345	Si
77.8	1.8910	0.2983	0.3961	Si
65.2	1.8142	0.3750	0.3193	Si
73	1.8633	0.3260	0.3684	Si
76	1.8808	0.3085	0.3859	Si
71	1.8513	0.3380	0.3564	Si
73.6	1.8669	0.3224	0.3720	Si
40.8	1.6107	0.5786	0.1158	Si
55	1.7404	0.4489	0.2455	Si
92.6	1.9666	0.2227	0.4717	Si
78.7	1.8960	0.2933	0.4011	Si
56.5	1.7520	0.4372	0.2571	Si

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

GRUPO EMPRESARIAL DYNAMO



74.7	1.8733	0.3160	0.3784	Si
64.7	1.8109	0.3784	0.3160	Si
72	1.8573	0.3319	0.3624	Si
48.5	1.6857	0.5035	0.1908	Si
55	1.7404	0.4489	0.2455	Si
63.5	1.8028	0.3865	0.3079	Si
117.2	2.0689	0.1204	0.5740	Si
90	1.9542	0.2350	0.4593	Si
70	1.8451	0.3442	0.3502	Si
80	1.9031	0.2862	0.4082	Si
93.5	1.9708	0.2185	0.4759	Si
99.4	1.9974	0.1919	0.5025	Si
44.7	1.6503	0.5390	0.1554	Si
55.5	1.7443	0.4450	0.2494	Si
84	1.9243	0.2650	0.4294	Si
70.8	1.8500	0.3392	0.3551	Si
80	1.9031	0.2862	0.4082	Si
60.2	1.7796	0.4097	0.2847	Si
62	1.7924	0.3969	0.2975	Si
132.7	2.1229	0.0664	0.6280	Si
43	1.6335	0.5558	0.1386	Si
93.8	1.9722	0.2171	0.4773	Si
96	1.9823	0.2070	0.4874	Si
40	1.6021	0.5872	0.1072	Si
115	2.0607	0.1286	0.5658	Si
68	1.8325	0.3568	0.3376	Si

Tabla 14. Análisis de Datos dudosos Estación PERALES.

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Los respectivos resultados de los análisis estadísticos de los datos de la estación ROVIRA 2 se presentan a continuación:

n	52
Promedio	1.8421
Desv Est	0.1247807
Kn (Tabla)	2.7824
YH (Sup)	2.18927959
YL (inf)	1.49489997

Tabla 15. Prueba de datos dudosos

El valor Kn para los análisis de datos dudosos se presentan en la Tabla 16.

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Tabla 16. Valores Kn para prueba de datos dudosos.

5.7.1.2 Análisis de Frecuencias de Precipitaciones Máximas Extremas.

El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para predecir el comportamiento futuro de eventos en un sitio de interés, a partir de la información histórica.

- Distribución Gumbel

La distribución de Gumbel es una de las distribuciones más adecuadas para analizar la frecuencia de eventos hidrológicos extremos máximos. Supóngase que

se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene N eventos. Si se selecciona el máximo x de los N eventos, es posible demostrar que, a medida que N aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a: (Mijares, 1992).

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de la probabilidad es entonces:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde α y β son los parámetros de la función:

Los parámetros α y β se estiman como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida (INVIAS 2009).

Para el caso de esta distribución Gumbel, y el método de momentos, se tiene de la ecuación:

$$P(mm) = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Con los datos de las estaciones que se trabajara para la estimación de las curvas IDF y los caudales se obtiene:

No. Datos	52
Media \bar{x}	72.36
Desviación típica (S)	20.80884078
μ_y (Tabla)	0.54926

$\sigma_y(\text{Tabla})$	1.1637
α	0.055923346
β	62.54180313

n	μ_x	σ_x
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.5600	1.2065

TR (Años)	Precipitación (mm)
2	69.10
5	89.36
10	102.78
20	115.65
25	119.74
50	132.31
100	144.80

Tabla 17. Prueba Gumbel Estación ROVIRA 2.

5.7.2 Precipitaciones de Corta Duración.

La determinación de las características de la precipitación de corta duración, en el análisis de estabilidad o en el diseño de obras hidráulicas de control y manejo de la escorrentía superficial, inicia con el uso de una tormenta o evento extremo, que involucra una relación entre su intensidad, en un delta de tiempo, su duración y las frecuencias o periodos de retorno. En este sentido, las curvas IDF son representaciones de las características de un evento máximo para un sitio o localidad; con ellas el diseñador, apoyado en criterios técnicos y económicos, establece las obras requeridas para el control y manejo del drenaje.

La variación espacial de la lluvia de corta duración se construyó a partir de las precipitaciones máximas diarias, ya que no se contó con información de precipitación horaria en la zona de estudio. El método que se usó fue el de las

La ecuación general para obtener las intensidades está dada por:

$$i = \frac{a * T_r^b * M^d * N^e * PT^f}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

i	=	Intensidad en mm/h.
Tr	=	Periodo de retorno en años.
M	=	Precipitación máxima diaria promedio en mm.
PT	=	Precipitación media anual.
N	=	Número de días con lluvia al año.
t	=	Tiempo de lluvia en minutos.
a, b, c, d, e, f	=	Parámetros de ajuste.

Para el caso concreto de la zona del estudio el proyecto se ubica dentro de la clasificación del INVIAS en la Región R1 (Región Andina) y los parámetros de ajuste se presentan en la Tabla 10.

REGION	a	b	c	d	e	f
Andina (R1)	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08
Caribe (R2)	8.51	0.21	0.50	-0.01	-0.08	0.28
Pacífico (R3)	2.31	0.19	0.58	-0.20	0.12	0.40
Orinoquía (R4)	1.3 E-26	0.19	0.58	1.19	-1.46	8.28

Tabla 18. Valores de los Coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas de Intensidad, duración, frecuencia, IDF, para Colombia. Fuente: INVIAS 2009

Para el cálculo del parámetro M, se realiza el promedio de los valores máximos de precipitación en 24 horas para cada uno de los años, a partir de los registros obtenidos de la estación de la Tabla, es importante señalar que para el análisis se consideraron, por la cantidad de datos y los años de toma de información, únicamente las estaciones dadas en la Tabla, en cuanto a N, hace referencia al número de días con lluvia al año, que se toma de la tabla de valores No. De días mensuales de precipitación, por lo cual la precipitación media anual será calculada de la tabla de de valores totales mensuales de precipitación (mms).

Estación	M	N	PT
INTERLAKEN	46	192	2,255.30
CRUZ ROJA	45.20	146	2,146.30
PERALES	36	142	1,386.10

Fuente: Consultor.

Tabla 19. Valores de M para estaciones de estudio.

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, y cambiar sus parámetros para la región Andina se obtiene la siguiente ecuación:

$$i = \frac{1.61 * T_r^{0.19} * M^{0.75} * N^{-0.15} * PT^{0.08}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0.65}}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T_r), y la duración (t) se obtiene los valores de intensidad para las estaciones de estudio.

GRUPO EMPRESARIAL DYNAMO



Tiempo	Periodo de Retorno (Años)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	115.14	137.03	156.32	178.33	186.05	212.24	242.11
10	73.37	87.33	99.62	113.64	118.57	135.26	154.29
15	56.38	67.10	76.54	87.31	91.10	103.92	118.55
20	46.76	55.65	63.49	72.42	75.56	86.20	98.33
30	35.93	42.76	48.78	55.64	58.05	66.23	75.55
40	29.80	35.47	40.46	46.15	48.15	54.93	62.66
50	25.78	30.68	35.00	39.92	41.65	47.51	54.20
60	22.90	27.25	31.09	35.46	37.00	42.20	48.15
70	20.71	24.65	28.12	32.08	33.47	38.18	43.55
80	18.99	22.60	25.78	29.41	30.69	35.01	39.93
90	17.59	20.94	23.88	27.25	28.43	32.43	36.99
100	16.43	19.55	22.30	25.44	26.54	30.28	34.54
110	15.44	18.38	20.96	23.91	24.95	28.46	32.47
120	14.59	17.37	19.81	22.60	23.58	26.90	30.68
130	13.85	16.49	18.81	21.45	22.38	25.53	29.13
140	13.20	15.71	17.92	20.44	21.33	24.33	27.76
150	12.62	15.02	17.14	19.55	20.39	23.26	26.54
160	12.10	14.40	16.43	18.74	19.56	22.31	25.45
170	11.63	13.85	15.80	18.02	18.80	21.45	24.47
180	11.21	13.34	15.22	17.36	18.11	20.66	23.57

Fuente: Consultor.

Tabla 20. Resultados obtenidos para las curvas IDF INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA para la Estación PERALES (Valores en mm/h).

Tiempo	Periodo de Retorno (Años)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	140.84	167.62	191.22	218.14	227.58	259.62	296.16
10	89.75	106.82	121.86	139.01	145.03	165.45	188.74
15	68.96	82.07	93.63	106.81	111.43	127.12	145.01
20	57.20	68.08	77.66	88.59	92.43	105.44	120.28
30	43.95	52.30	59.67	68.07	71.01	81.01	92.41
40	36.45	43.38	49.49	56.46	58.90	67.19	76.65
50	31.53	37.53	42.81	48.83	50.95	58.12	66.30
60	28.01	33.33	38.02	43.38	45.26	51.63	58.89
70	25.34	30.15	34.40	39.24	40.94	46.70	53.28
80	23.23	27.65	31.54	35.98	37.54	42.82	48.85
90	21.52	25.61	29.21	33.33	34.77	39.66	45.25
100	20.09	23.91	27.28	31.12	32.47	37.04	42.25
110	18.89	22.48	25.64	29.25	30.52	34.81	39.72
120	17.85	21.24	24.23	27.64	28.84	32.90	37.53
130	16.94	20.17	23.00	26.24	27.38	31.23	35.63
140	16.15	19.22	21.92	25.01	26.09	29.76	33.95
150	15.44	18.37	20.96	23.91	24.95	28.46	32.46
160	14.80	17.62	20.10	22.93	23.92	27.29	31.13
170	14.23	16.94	19.32	22.04	23.00	26.23	29.93
180	13.71	16.32	18.62	21.24	22.16	25.28	28.84

Fuente: Consultor.

Tabla 21. Resultados obtenidos para las curvas IDF INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA para la Estación CRUZ ROJA (Valores en mm/h).

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
 Ibagué-Tolima

Tiempo	Periodo de Retorno (Años)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	137.51	163.65	186.69	212.97	222.19	253.47	289.15
10	87.63	104.29	118.97	135.72	141.60	161.53	184.27
15	67.33	80.13	91.41	104.28	108.79	124.11	141.58
20	55.84	66.46	75.82	86.49	90.24	102.94	117.43
30	42.91	51.07	58.25	66.45	69.33	79.09	90.22
40	35.59	42.36	48.32	55.12	57.51	65.60	74.84
50	30.78	36.64	41.79	47.68	49.74	56.74	64.73
60	27.34	32.54	37.12	42.35	44.18	50.40	57.50
70	24.74	29.44	33.58	38.31	39.97	45.60	52.02
80	22.68	26.99	30.79	35.13	36.65	41.81	47.69
90	21.01	25.00	28.52	32.54	33.95	38.73	44.18
100	19.62	23.35	26.64	30.38	31.70	36.16	41.25
110	18.44	21.95	25.04	28.56	29.80	33.99	38.77
120	17.43	20.74	23.66	26.99	28.16	32.12	36.64
130	16.54	19.69	22.46	25.62	26.73	30.49	34.78
140	15.76	18.76	21.40	24.42	25.47	29.06	33.15
150	15.07	17.94	20.46	23.34	24.36	27.78	31.70
160	14.45	17.20	19.62	22.39	23.36	26.64	30.39
170	13.89	16.54	18.87	21.52	22.45	25.61	29.22
180	13.39	15.93	18.18	20.74	21.63	24.68	28.15

Fuente: Consultor.

Tabla 22. Resultados obtenidos para las curvas IDF INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA para la Estación INTERLAKEN (Valores en mm/h).

5.8 SISTEMAS DE MANEJO DE AGUAS

En las carreteras, los sistemas de drenaje son obras que facilitan el manejo adecuado de los fluidos. Es preciso e indispensable considerar los procesos de captación, conducción, evacuación y disposición de los mismos. La falta de control del agua y fluidos en general, en la estructura de una carretera, deteriora la misma en la parte inferior de la estructura, por lo cual se procede a realizar el cálculo de una estructura de captación que se encargue aparte de captar conducir el agua hasta un sistema de control.

5.8.1. Análisis de Caudales

Debido a la falta de información de caudales para las estaciones enunciadas con anterioridad, para el respectivo análisis de las obras de tipo hidráulico presentes en el proyecto, se hace indispensable realizar un modelo de lluvia-escorrentía. Para obtener dichos estudios producto de la información hidrológica y meteorológica recopilada. Para las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 km² se usó el método racional y para las cuencas con áreas mayores a 2.5 km² hasta 100 km² se usó el hidrógrama unitario triangular del Soil Conservation Service SCS.

El período de retorno, se estableció dependiendo del tipo de la obra, del costo de la misma y de su importancia relativa respecto al tamaño de la cuenca (y por lo tanto asociado a la magnitud de los daños en caso de fallar la capacidad hidráulica de la obra), tal como se enuncia en el manual de drenajes para carreteras del INVIAS y se presenta en la Tabla 14

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Cuneta	5
Zanjas de Coronación	10
Estructuras de Caída	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje sub superficial	2

5.3.1.1 Método Racional.

El método racional se identifica con la siguiente ecuación:

$$Q = C * i * A$$

Donde Q es el caudal pico producido por un aguacero de intensidad i, uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca, A. El termino C se denomina "coeficiente de escorrentía" y su valor numérico, que está definido entre 0 y 1, depende de las características fisiográficas de la cuenca y la cobertura de suelo (Silva, 1987).

Si las variables A, I y Q se expresan en unidades el sistema internacional, es decir, km², mm/h y m³/s respectivamente, la ecuación del método racional se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$