Sistema Integrado de Transporte De Valledupar SIVA SAS
NIT. 900.404.948-6

Calle 28 No. 6a -15, Valledupar, Cesar
Teléfonos: (5) 5726613 - 5898302

www.siva.gov.co

SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR
SIVA SAS

CONTRATO N°: CC-058-2021

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS PATIOS TALLERES REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN Y/O PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR SIVA S.A.S ENTE GESTOR DEL PROYECTO SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DE VALLEDUPAR SETPC EN EL MARCO DEL PROYECTO FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO INTEGRAL DE LA GESTIÓN MISIONAL.

ITEM E
ESTUDIOS Y DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS, HIDROLÓGICOS, DRENAJE Y SUBDRENAJE

PATIO TALLER NORTE

VALLEDUPAR, ABRIL DE 2022

Sistema Integrado de Transporte De Valledupar SIVA SAS
NIT. 900.404.948-6

Calle 28 No. 6a -15, Valledupar, Cesar
Teléfonos: (5) 5726613 - 5898302

www.siva.gov.co

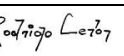
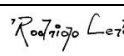
ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0		Diciembre de 2021	Emisión inicial
1		Abril de 2022	Versión Final

CONSORCIO PATIOS VALLLEDUPAR
NIT 901.505.711-5

Calle 37 Norte No. 3GN- 19
Cali, Valle
Celular: 316 875 75 91
info@geicol.net

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

DOCUMENTO No.			**ESTUDIOS Y DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS, HIDROLÓGICOS, DRENAJE Y SUBDRENAJE PATIO NORTE**			
TÍTULO DOCUMENTO			**ÍTEM E - ESTUDIOS Y DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS, HIDROLÓGICOS, DRENAJE Y SUBDRENAJE, Y GAS NATURAL** ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS PATIOS TALLER REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN Y/O PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR SIVA S.A.S ENTE GESTOR DEL PROYECTO SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DE VALLEDUPAR SETPC EN EL MARCO DEL PROYECTO FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO INTEGRAL DE LA GESTIÓN MISIONAL.			
CLASE DE DOCUMENTO			**DOCUMENTO TÉCNICO**			
	NÚMERO DE REVISIÓN		0	1	2	3
APROBAN	Responsable por elaboración	Nombre	**ING. WILSON FERNANDEZ**	**ING. WILSON FERNANDEZ**		
		Firma				
		Fecha	NOVIEMBRE DE 2021	ABRIL DE 2022		
	Responsable por revisión	Nombre	**ING. RODRIGO CERÓN**	**ING. RODRIGO CERÓN**		
		Firma				
		Fecha	NOVIEMBRE DE 2021	ABRIL DE 2022		
	Control de Calidad	Nombre	**ING. DIANA MUÑOZ**	**ING. DIANA MUÑOZ**		
		Firma				
		Fecha	NOVIEMBRE DE 2021	ABRIL DE 2022		
	Responsable por aprobación	Nombre	**ING. ARMANDO RIVERO**	**ING. ARMANDO RIVERO**		
		Firma				
		Fecha	NOVIEMBRE DE 2021	ABRIL DE 2022		

Sistema Integrado de Transporte De Valledupar SIVA SAS
NIT. 900.404.948-6

Calle 28 No. 6a -15, Valledupar, Cesar
Teléfonos: (5) 5726613 - 5898302

www.siva.gov.co

GRUPO DE TRABAJO

Ingeniero RODRIGO CERÓN Y CERÓN
Director del Proyecto
MSc en Ingeniería de Tránsito y Transporte,
Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos

Arquitecto RUBÉN DARÍO CERÓN GUEVARA
MSc Planificación Urbana
Coordinador General del Proyecto
Especialista en Arquitectura, Urbanismo, y Paisajismo

Ingeniero JHANNER PATIÑO
Especialista Topografía

Ingeniero WILMER PIPICANO
Especialista en Tránsito y Transporte

Ingeniero ELMER JAVIER ZÚÑIGA VEGA
Especialista en Vías – Diseño Geométrico

Ingeniero WILSON FERNÁNDEZ
Especialista Redes Húmedas – Hidrología – Hidráulica y Drenaje

Ingeniero EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING
MSc en Geotecnia y Pavimentos

Ingeniero MARLON MARTÍNEZ
Especialista en Estructuras

Ingeniero FRANKLIN SÁNCHEZ
Especialista Redes Secas - Eléctricas Voz y Datos

Ingeniera BRENDA LEONOR CASTRILLÓN
Biólogo LEONARDO GUEVARA
Especialista Ambiental
Sociólogo JAIME VASQUEZ
Especialista en Gestión Social

Ingeniero JORGE LÓPEZ
Especialista en Presupuesto y programación de obra

Ingeniera DIANA ELIZABETH MUÑOZ LASSO
Especialista en Administración de la calidad y productividad - Coordinadora Calidad – SGC

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVO 9
2.1 Objetivo General 9
2.2 Objetivos Específicos 9
3. GENERALIDADES 9
3.1 Localización Especifica del Patio Taller Norte 11
3.2 Hidrología Regional 13
3.2.1 Rio Cesar 13
3.2.2 Rio Badillo 13
3.2.3 Hidrología Subterránea 13
3.3 Demografía 13
4. HIDROLOGIA 14
4.1 Metodología 14
4.2 Estación Pluviométrica Seleccionada en la Zona de Estudio 15
4.3 Precipitaciones 16
4.3.1 Promedio Anual de Días con Lluvia 16
4.3.2 Precipitación Media Mensual 16
4.3.3 Precipitación Media Anual y Precipitaciones Máximas en 24horas 17
4.3.4 Curvas de Intensidad – Frecuencia – Duración 19
4.4 Precipitaciones: Resultados de Intensidad, Frecuencia, Duración 21
4.5 Histogramas 23
4.6 CAUDALES 24
5. ÁREAS DEL DRENAJE 24
5.1 Intensidad 25
5.2 Tiempo de concentración 25
5.3 Coeficiente de Escorrentías 26
5.4 Periodo de Retorno 27
5.5 Cálculo de Caudales 27
6. CONCLUSIONES 28
7. BIBLIOGRAFÍA 28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización General 10
Figura 2. Localización Específica Proyecto Patio Norte. 11
Figura 3. Georreferenciación Regional 12
Figura 4. Formula para Estimación de Caudales 14
Figura 5. Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia 15
Figura 6. Información de Estación Pluviométrica Seleccionada 15
Figura 7. Promedio Anual de Días con Lluvia: 1969-2019 16
Figura 8. Histograma de Precipitación Media Mensual 17
Figura 9. Registro Precipitación Anual Promedio 18
Figura 10. Registro Precipitación Máximas (24h) Promedio Anual 19
Figura 11. Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia 20
Figura 12. Ampliación de Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia 21
Figura 13. Resultados de Intensidad, Frecuencia, y Duración 22
Figura 14. Curvas IFD Aeropuerto Alfonso López, VUP 23
Figura 15. Histograma Periodo 10 Años 23
Figura 16. Histograma Periodo 5 Años 24
Figura 17. Implantación Patio Taller Norte y Delimitación de Jarillón ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 18. Ecuación de Onda Cinemática para Calculo de Tiempo de Concentración 25
Figura 19. Coeficientes de Escorrentías para áreas Urbanas (Tabla 2.9) 26
Figura 20. Periodos de Retorno 27

1. INTRODUCCIÓN

La administración municipal y departamental están trabajando de la mano para que Valledupar, se vuelva una ciudad más competitiva, equitativa y eficiente, brindándole a los habitantes oportunidades más seguras y económicas con respecto a la movilidad; por lo que la implementación del SETPC, generará pautas y puntos de referencia para seguir contribuyendo a la ciudad y a la región, convirtiéndolo en un megaproyecto de la región.

El Sistema Integrado de Transporte de Valledupar propone desarrollar los estudios y diseños para la futura construcción de los Patio Taller requeridos para el sistema de transporte público de la ciudad, con el fin de mejorar las condiciones de movilidad, funcionalidad de la zona y su área de influencia, bajo los principios de eficiencia, seguridad y sostenibilidad mediante la planeación, gestión, implantación y control de un sistema estratégico de transporte público mejore la calidad de vida y la preservación del medio ambiente, contribuyendo a la transformación económica y social de Valledupar

SIVA SAS, en la etapa de planeación, busca desarrollar los estudios y diseños de los patios taller, que le permitan posteriormente su construcción. Estos elementos de infraestructura son fundamentales para la operación y/o puesta en marcha del Sistema Integrado de Transporte de Valledupar SIVA S.A.S ente gestor del proyecto Sistema Estratégico de Transporte Público Colectivo de Valledupar SETPC en el marco del proyecto fortalecimiento y desarrollo integral de la gestión misional.

A través de un Concurso de Méritos Abierto No 01 de 2021, cuyo objeto consiste en "LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS PATIOS TALLER REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN Y/O PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR SIVA S.A.S ENTE GESTOR DEL PROYECTO SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DE VALLEDUPAR SETPC EN EL MARCO DEL PROYECTO FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO INTEGRAL DE LA GESTIÓN MISIONAL", el Consorcio Patios Valledupar, participó en la precitada convocatoria, ocupó el primer lugar en el orden de elegibilidad, y como consecuencia se firmó el contrato de consultoría No CC-058-2021, entre SIVA S.A.S y el CONSORCIO PATIOS VALLEDUPAR.

El Gobierno Nacional de Colombia, a través del documento CONPES 3656 de 2010, define lo siguiente “Se ha considerado como parte integral del proyecto los patios y talleres, pero se espera que los mismos se financien con recursos privados o con explotación colateral”, en este sentido la entidad define la estructuración técnica, legal y financiera, de las inversiones que se efectuaran en dos patios y talleres, ubicados en la zona sur – Sector Lorenzo Morales y la Zona Norte en el sector de Comfacesar, en la ciudad de Valledupar, los cuales se seleccionaron de acuerdo a la matriz de priorización que evalúa factores relacionados con kilómetros en vacío, condiciones topográficas del terreno, disponibilidad de servicios públicos y otros relacionados con elementos de tipo ambiental y uso de suelos. De forma general se presenta en la figura siguiente la localización inicial de las dos zonas destinadas para cumplir con este fin, origen y destino de viajes. Se observa desde ya, que si bien el proceso de selección es válido, la definición precisa

de localización de cada uno de los lotes se expone en todas su dimensión en el capítulo de generalidades, de tal suerte que corresponda a las áreas donde se emprende el ejercicio de estudios y diseños en todas sus componentes.

La hidrología es el punto de partida para la proyección del drenaje de cualquier zona; nos permite, a partir del conocimiento de datos históricos, hacer inferencias sobre caudales y precipitaciones a periodos considerados pertinentes para un equilibrio entre la parte económica de un proyecto, es decir las inversiones a realizar y la seguridad o tranquilidad que se quiere brindar a una comunidad.

Dado que la hidrología se basa en procesos estadísticos que permiten realizar distribución de valores máximos o mínimos, se emplea para estimar las precipitaciones que tienen probabilidad de ocurrencia en los periodos de retorno, que a través de normas, se han establecido para el diseño de diversas estructuras hidráulicas.

Entre mayor sea el periodo de retorno, o tiempo en que se considera o proyecta que un evento pluvial o de caudal se dé o se repita, mayor será la magnitud del mismo; por tanto, será de mayor tamaño las obras a ejecutar, por esta razón, y con base en estudios que han comparado el costo de las posibles reparaciones por la ocurrencia de dichos eventos y el costo de las obras para mitigarlos, desde la normatividad se han definido periodos para cada tipo de obra. Por ejemplo, para drenajes a través de ductos y con áreas superiores a 10 Ha, el periodo de retorno es de 10 años.

Además de los métodos estadísticos, existen métodos simplificados que permiten modelar las tormentas de diferentes periodos. Un ejemplo son las ecuaciones regionalizadas de Rodrigo Vargas M. las cuales basan en información histórica y en parámetros característicos de cada región en Colombia.

En el presente trabajo se empleará los métodos sintéticos para elaborar las curvas de intensidad vs duración para cada frecuencia, esto para el análisis de la escorrentía a evacuar en el área de estudio, además se empleará los métodos estadísticos para la estimación de los caudales del cuerpo de agua receptor, esto con el fin de establecer las condiciones de entrega.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo General

Los objetivos del presente informe de estudios y diseños están enfocados en cumplir el alcance técnico del proyecto en el componente de redes hidrosanitarias y así cumplir con los objetivos contenidos en el Anexo Técnico y que hacen parte de los pliegos de condiciones de la "Consultoría para los **ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS PATIOS TALLER REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN Y/O PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR SIVA S.A.S."**

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar y cuantificar las condiciones hidrológicas existentes en el área de influencia del proyecto, con el fin de dimensionar y diseñar adecuadamente todas las obras del componente de redes hidrosanitarias.

- Realizar la caracterización climática de la zona de influencia del proyecto vial en los aspectos de la precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación y nubosidad, con miras a establecer las posibles relaciones entre el medio atmosférico

- Cuantificar los caudales máximos instantáneos para las corrientes que cruzan la vía con el fin de conocer el comportamiento de las mismas.

- Identificar todos los cuerpos y cursos de agua que cruzan los alrededores de los patios talleres.

3. GENERALIDADES

El Consorcio Patios Valledupar, ejecutará los estudios de acuerdo con lo planteado en los Pliegos de Condiciones y Anexos Técnicos de la Consultoría, especialmente el Anexo 1- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y OBLIGACIONES PARA CONSULTORÍA DE PATIOS Y TALLERES PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR – ENTE GESTOR SIVA S.A.S.

De acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 9001:2008, todas las actividades que afectan la calidad de los productos y servicios serán realizadas según procedimientos específicos previstos para el proyecto y sus aspectos particulares, y según procedimientos generales del sistema para actividades de apoyo tales como la selección de personal, entrenamiento, auditorias, control de documentos, control de equipos, selección de proveedores, entre otros. Los procedimientos específicos se presentaron en el Plan de Calidad del Proyecto.

El Consorcio Patios Valledupar presenta un equipo de profesionales y técnicos de la más alta calidad y experiencia en todas las actividades del proyecto, de tal manera que se logre la realización de los estudios y diseños en el plazo propuesto. Esto garantizara la calidad y sostenibilidad de los estudios y diseños técnicos que se entregarán a SIVA S.A.S.

A continuación, se muestra en la figura No. 1, la ubicación del patio taller zona sur – Sector El Porvenir y la ubicación del patio taller zona norte – Sector Comfacesar.

Figura 1. Localización General



Fuente: Elaboración Propia

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá.

La ciudad es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte del departamento del Cesar y el sur del departamento de La Guajira. También es uno de los principales epicentros musicales, culturales y folclóricos de Colombia por ser la cuna del Vallenato, género musical de alta popularidad en el país y representativo de la música colombiana. Anualmente atrae

a miles de visitantes de Colombia y del exterior durante el Festival de la Leyenda Vallenata, máximo evento del Vallenato.

Su territorio es casi llano, con una pendiente constante de norte a sur, en el sentido oriente occidente, existe una división en centro urbano, generándose inclinación hacia el occidente y hacia el oriente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 225 m en el sector más norte y 130 m en el sector más sur, siendo la altitud media de 178 m. Además de las enormes elevaciones montañosas que la rodean, sobresalen en inmediaciones de la Ciudad dos cerros, al nororiente el cerro de Hurtado con una altura de 313 m y al occidente centro el cerro de la Popa con una altura de 270 m.

Valledupar es una ciudad que se destaca por la cantidad de árboles que existen y que aportan a disminuir las altas temperaturas que se dan durante casi todo el año. Un gran porcentaje de los árboles son mangos y cauchos.

3.1 Localización Especifica del Patio Taller Norte

Figura 2. Localización Específica Proyecto Patio Norte.



Fuente: Elaboración Propia

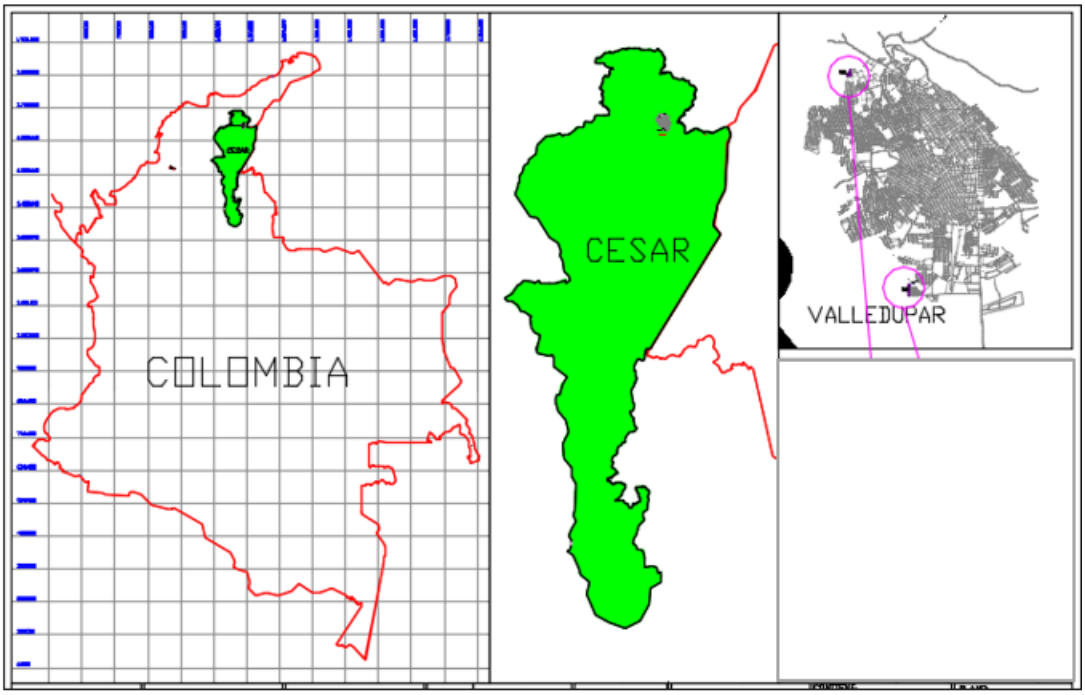
El predio definido para el desarrollo del Patio Taller Norte (PTN) está ubicado a 590 metros de su intersección con la Carrera 38. Este sector, conocido también como Comfacesar, se caracteriza por ser un área en consolidación dentro del casco urbano de la ciudad de Valledupar, donde la gran mayoría de sus desarrollos son residenciales, pertenecen a un nivel socioeconómico medio-alto, y son edificaciones en altura.

Se dispone de un área de aproximadamente 13.475 m2 para el desarrollo de un patio taller con capacidad para 83 buses. Esta área delimitada por una geometría “triangular” tiene una longitud de 202 metros en su cateto oriental, 145 metros en su costado sur, 22 metros al occidente y aproximadamente 222 metros en su diagonal. Se recomienda apoyarse en la figura No.2 para mejor entendimiento del predio.

El Patio Norte se encuentra ubicado en la zona noroccidental de la ciudad de Valledupar, con una coordenada media:

Este: 1086408
Norte: 1651998

Figura 3. Georreferenciación Regional



Fuente: Elaboración Propia

3.2 Hidrología Regional

El agua es uno de los determinantes de la asignación de usos para asentamientos humanos y para actividades agropecuarias e industriales. En los valles que circundan a ambos ríos, se hallan los mejores suelos para el desarrollo de la agricultura en sus tierras no inundables. Valledupar está ubicada al norte del Valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, en la Costa Caribe colombiana. El territorio del municipio de Valledupar es regado por los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí (con su afluente el río Donachuí), Ariguaní, Cesarito, río Seco, Diluvio y Mariangola. El valle del río Cesar cubre la mayor parte de la superficie del municipio.

3.2.1 Rio Cesar

El río Cesar separa la Sierra Nevada de Santa Marta de la cordillera de los Andes, en particular de la cordillera Oriental. Sigue su curso al sur, desde las tierras altas de La Guajira hacía la depresión momposina donde cambia el rumbo hacia el oeste, formando una de las ciénagas más importantes de Colombia, la Ciénaga de Zapatosa que se extiende por una superficie aproximada de 310 km². El principal afluente del río Cesar es el río Ari guaní, que nace en la Sierra Nevada y tiene una longitud de 183 km. Otros afluentes son los ríos Badillo, Guatapurí (85 km) y Cesarito.

El río Cesar desemboca en el río Magdalena, exactamente en la población llamada El Banco. Valledupar es la ciudad más importante en su recorrido.

3.2.2 Rio Badillo

Hacia el norte se encuentra el río Badillo, afluente del Cesar al igual que el Guatapurí, a cuyo cauce se dirigen las aguas de escorrentía que caen sobre la zona donde se construirá la estación de transferencia ubicada en la bifurcación hacia Badillo. Este curso fluvial, en líneas generales presenta un caudal y una longitud menores a la del Guatapurí, su longitud es de 37 Km.

La Sierra Nevada de Santa Marta es catalogada como una estrella fluvial de primer orden, sus laderas retienen bastante humedad producto del flujo de las masas de aire sobre el trópico, lo que propicia abundantes precipitaciones que mantienen con un caudal permanente sus principales ríos. Es también relevante la riqueza hídrica de la zona de pie de monte.

3.2.3 Hidrología Subterránea

El subsuelo del área es rico en corrientes y depósitos de agua que de antaño han sido el sustento para las familias de la zona. El nivel freático en algunos puntos se alcanza a 2.5 m. de profundidad.

3.3 Demografía

Según el censo realizado por el Departamento Nacional de Estadística de Colombia DANE, para el año 2018, en el Municipio de Valledupar habitan 490.075 personas, de las cuales 431.794 viven en la cabecera

municipal y el resto, 58.281 habitantes, se distribuyen en 25 corregimientos. La característica principal de la población de Valledupar, es que desde mediados del siglo XX ha mostrado unas tasas netas de crecimiento intercensal elevadas, incluso por encima de la media nacional.

4. HIDROLOGIA

4.1 Metodología

En las estructuras hidráulicas es necesario determinar la magnitud de los eventos hidrológicos que pudieran ocurrir con cierta frecuencia, para valores máximos durante un período determinado. Para esto, se deben procesar estadísticamente, los datos observados en las estaciones de medición, con el fin de proyectar los valores de eventos que podrían suceder en periodos definidos en la normatividad.

Dado que los caudales que interesan al estudio de vías como las que nos ocupa y así en la gran mayoría, o al menos en la mayor parte de los trayectos, no corresponde a caudales permanentes, a veces ni siquiera definidos, no se encuentran datos estadísticos que permitan inferencias a futuro. Por tanto, se hace empleo de metodologías que permitan proyectar caudales que en puntos de concentración, definidos, ya sea por rastro histórico o por topografía, afecten la vía cuando surgen en presencia de lluvia.

En el estudio de drenajes urbanos, las áreas o subcuencas que vierten a punto de captación, se delimitan por la divisoria de aguas que presenta la topografía del terreno y por las barreras generadas por el urbanismo.

Además de lo anterior, algunos terrenos presentan topografías de pendientes uniformes y continuas, es decir, no existen subcuencas con punto de concentración definidos naturalmente, sino que se existen áreas extensas de drenaje las cuales deben interceptarse y llevarse a un punto de vertimiento. En estos casos, la limitación de las cuencas, puede estar dada por la planificación de la ciudad.

Para la estimación de los caudales en los casos descritos anteriormente y que es el que nos ocupa, el manual de drenaje para carreteras del INVIAS incluye el método simplificado, de las curvas de intensidad, duración, frecuencia, el cual se basa en una fórmula empírica regionalizada para Colombia, y que tiene la siguiente síntesis:

Figura 4. Formula para Estimación de Caudales

$$i = \frac{a \times T^{b} \times M^{d}}{(t/60)^{c}}$$

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras INVIAS

No obstante, para el presente trabajo se elaboraron las curvas de intensidad - duración – frecuencia a partir de la ecuación propuesta por Vargas y Díaz – Granados- [1], la cual tiene en cuenta en las proyecciones de precipitación, con relación a la anteriormente mencionada, los datos de días con lluvia y la precipitación anual promedio multianual.

Figura 5. Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia

$$I = a \times \frac{T^b}{t^c} \times M^d \times N^e \times P_t^f$$

Fuente: Vargas y Diaz, Curvas Sintéticas Regionalizadas 1998

Para el cálculo de los caudales, se empleará el método racional el cual se adapta a las restricciones de áreas máximas para el caso.

4.2 Estación Pluviométrica Seleccionada en la Zona de Estudio

Para el análisis se emplean los datos de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Alfonso López municipio de Valledupar, departamento del Cesar. Esta estación se encuentra funcionando desde 1969 y a la fecha se encuentra activa, por tanto, sus datos son pertinentes para realizar la evaluación de la zona del proyecto.

Figura 6. Información de Estación Pluviométrica Seleccionada

DATOS DE LA ESTACIÓN	
Nombre	AEROPUERTO ALFONSO LÓPEZ
Código	28025502
Municipio	VALLEDUPAR
Elevación msnm	138
Localización	Latitud 10º 26’ 24” N Longitud 73º 15’ 0.0” W
Período de Registro	1976 – 2019
Tecnología	Convencional

Fuente: IDEAM

[1] VARGAS M., Rodrigo y DIAZ GRANADOS, Mario. Universidad de los Andes. Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia – 1998

4.3 Precipitaciones

4.3.1 Promedio Anual de Días con Lluvia

Acorde a la información encontrada, el promedio de días con lluvia en la zona, desde 1969 hasta el año 2019 es de 94.15. La figura 7, presenta los resultados para cada año en el periodo mencionado.

Figura 7. Promedio Anual de Días con Lluvia: 1969-2019

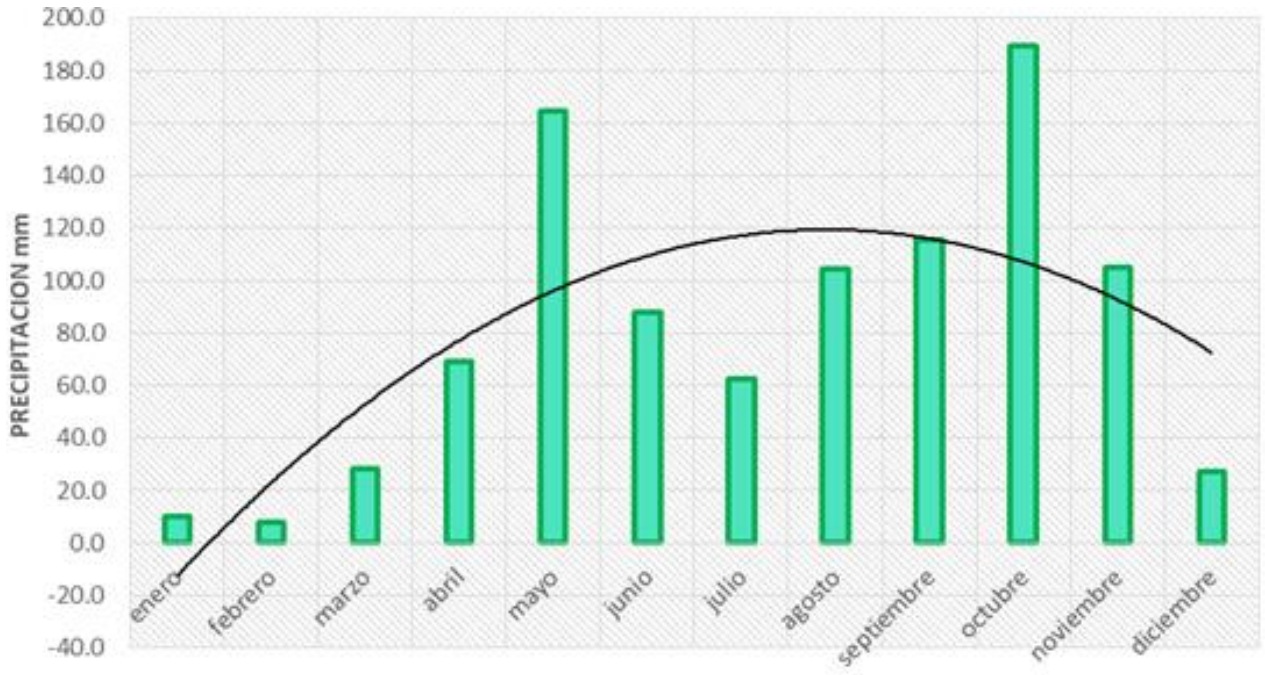
AÑO	DÍAS CON LLUVIA		AÑO	DÍAS CON LLUVIA
1969	150		**1996**	128
1970	99		**1997**	76
1971	83		**1998**	121
1972	56		**1999**	127
1973	65		**2000**	103
1974	88		**2001**	92
1975	84		**2002**	77
1976	54		**2003**	111
1977	64		**2004**	88
1978	59		**2005**	92
1979	71		**2006**	97
1980	57		**2007**	118
1981	92		**2008**	115
1985	71		**2009**	80
1986	60		**2010**	145
1987	108		**2011**	133
1988	95		**2012**	94
1989	101		**2013**	109
1990	96		**2014**	87
1991	76		**2015**	77
1992	82		**2016**	101
1993	123		**2017**	128
1994	91		**2018**	88
1995	110		**2019**	97
PROMEDIO			94.15	

Fuente: IDEAM

4.3.2 Precipitación Media Mensual

El histograma de precipitación media mensual refleja que los meses con mayores precipitaciones son mayo y octubre, con 165 mm y 190mm respectivamente.

Figura 8. Histograma de Precipitación Media Mensual



Fuente: Estación Aeropuerto Alfonzo López, VUP

4.3.3 Precipitación Media Anual y Precipitaciones Máximas en 24horas

En este orden de ideas, según el registro de la estación pluviométrica operada por el IDEAM del Aeropuerto Alfonso López, de la ciudad de Valledupar, el valor promedio de la precipitación anual total para el municipio, entre 1969 y el año 2020 es 968.14mm (Figura 9) y el valor promedio de precipitaciones máximas en el mismo periodo es de 84.88mm (Figura 10). Se debe resaltar que el año con valor máximo de precipitación fue 1985 (175.5mm), seguido el 2013 (131.2mm), y el 2007 (127.3mm).

Figura 9. Registro Precipitación Anual Promedio

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1969	9.8	6.9	42.3	0	47.8	90.4	43.3	18.6	5.9	106.3	158.7	8.5	538.5
1970	46	0	41.2	20.8	194	195	53	112.8	106	139	215.9	24.2	1147.9
1971	56	0	23	53	136.8	44.3	91.5	90.3	121.8	192.3	157.2	0	966.2
1972	45.2	4	111.2	132	182.6	119.1	27.2	43	100.6	69.7	11.8	30.6	877
1973	8.8	10	30.8	52	119.5	144	70	169	167	238.9	82.6	0	1092.6
1974	0	0	42.1	24.4	168.5	94.4	16.3	114.6	154.5	150.5	125.2	0	890.5
1975	0	0	13.3	0	118.7	42.9	185.8	159.4	160.3	375.4	131.8	34.5	1222.1
1976	0	0	0	100.8	29.6	17.4	7.6	70.3	52.1	190.1	55.1	0	523
1977	27.4	0	0	20	169	49.8	8	51.8	40.3	270.4	194.4	0	831.1
1978	0	29	13.3	200.5	63.8	40.9	54	42	108.7	79.8	38	23	693
1979	0	7	6	65.8	160.8	157	29.2	86	170.1	250.8	150.5	41	1124.2
1980	0	12	0	31.1	106.4	158	149.4	85	12.8	170.8	125.3	42	892.8
1981	14.6	5	25.8	83.4	362.8	187.5	26	77.2	140	373.4	42	9	1346.7
1982	0	24	28.9	69.9	170.2	93.9	21.4	103.3	112.7	191.3	93.7	24.4	933.7
1983	13.2	7.7	20.5	16.9	132.3	61.6	59.5	108.2	112.4	182.1	18.6	0	733
1984	29.2	16.1	70.6	75	153	75.9	143.7	119.3	115.1	191.6	91	0	1080.5
1985	0	0	0	48.8	78.6	65.4	48.1	68.3	108.3	186.5	35.2	207.5	846.7
1986	37.2	12.3	28.1	68.7	154.2	87.8	26.1	63.6	90.7	339.2	98.9	0.4	1007.2
1987	6.8	3.3	20	46.1	300.2	25.3	75.2	29.4	197.6	317	25.7	18.5	1065.1
1988	0	3.5	1.7	148.6	165	91	81.4	470.6	58.7	94.7	99.6	0.7	1215.5
1989	0	12.5	38.3	20.5	149.6	70.1	51.4	144.9	117	161	38.5	65.3	869.1
1990	0	0.1	33	113.7	133.3	87.2	21.4	145.5	171	359.9	153.9	43.5	1262.5
1991	0	1.2	8	14.6	95	104.9	50.6	82.5	91.9	110.5	85.3	0	644.5
1992	5.5	0	17.6	81.5	105.7	54.7	33.1	92.6	101.3	113.3	86.6	16.4	708.3
1993	41.7	0.3	51.4	189.1	158.6	65.9	28.4	37.2	80.9	95.4	159.6	55.4	963.9
1994	1.3	46.7	2.2	59	216.2	40	8.5	151.2	180.6	224	56.4	11.6	997.7
1995	0	1.2	86.8	71.7	155.3	144.7	107.3	227.4	98	193.5	72	12	1169.9
1996	62.1	50	53.1	62.8	238	117.1	211.5	101.7	131.5	66.5	139.6	7.1	1241
1997	0.3	0	0	99.8	23.1	15.7	12.7	80.9	106.7	103.7	40.3	22.7	505.9
1998	0	15.3	3.3	67	311.7	52.3	142.7	122.4	198.4	199.7	144.5	118.8	1376.1
1999	0	19.1	33.8	72.1	56	100	35.6	228.5	239	288.2	92.6	12.1	1177
2000	11.4	5	1.5	31.9	199.5	60.7	33.2	159.5	56.7	121.5	143.6	21.2	845.7
2001	0	0	19.2	6.4	255.7	17	110	61.3	116.6	215	49.9	78.6	929.7
2002	0	0	0	47.2	164.9	111.1	7	105.5	133.6	158.3	55.4	60.9	843.9
2003	0	0	74	60.1	184.7	60.2	87.6	80.7	52.4	309.9	180.3	7.6	1097.5
2004	0	4.9	0	124.7	138.6	22.5	109.3	7.8	165.3	105.7	80.3	73.3	832.4
2005	0	0	32.9	63.1	187.2	188.7	73.5	124.7	106	0	251.6	0	1027.7
2006	1.9	39.2	5.5	123.6	96.5	73.3	71.6	100	94.6	151.2	173.8	38.5	969.7
2007	0	1.1	74.2	*	132.8	66	25.6	99.2	182.8	291.3	66.4	9.2	948.6
2008	0	0	60.2	121.3	222.8	39.7	119.6	89.5	124.7	242.5	333.4	0	1353.7
2009	1.8	0	8.2	*	172.7	151.7	60.5	57.8	73.1	87.7	118	50	781.5
2010	0	8.1	22.8	121.8	182.4	174.6	137.1	126	180.3	384	132.8	113.3	1583.2
2011	0	3	52.1	42.8	414.4	139.7	78.9	70	87.8	174.6	137.9	17.6	1218.8
2012	0	0	13.8	103.1	258.3	69.4	103.2	119.3	73.2	177.6	35.5	0	953.4
2013	0	0	54.5	95.1	363	80	14.5	84.3	116.2	243.6	45	0	1096.2
2014	0	3	28.2	64	187.2	9	5	62.7	88.2	107	39.4	75.3	669
2015	0	21.4	0.3	17	29.5	76.8	8.7	45.2	97.2	138.2	44.1	0.6	479
2016	0	0	2.9	82.5	66.4	162.7	15.2	54.5	55.1	291.6	209.5	8.1	948.5
2017	2.3	1	97.2	52	112.3	181.3	134.8	141.1	217	158.8	106.7	9.7	1214.2
2018	82	0	46	87	122.9	56.5	14.4	129.3	99	134.5	33.9	0	805.5
2019	0.6	14.2	0.7	44.9	238.6	49.1	47.4	97.6	109.1	132.5	99	0	833.7
											PROMEDIO ANUAL		968.14

Fuente: IDEAM

Figura 10. Registro Precipitación Máximas (24h) Promedio Anual

AÑO	DÍAS CON LLUVIA		AÑO	DÍAS CON LLUVIA
1969	48.0		**1995**	51.7
1970	63.0		**1996**	84.5
1971	72.2		**1997**	57.8
1972	59.8		**1998**	72.0
1973	110.0		**1999**	81.2
1974	55.0		**2000**	117.6
1975	63.2		**2001**	85.6
1976	67.0		**2002**	78.6
1977	78.0		**2003**	91.0
1978	62.0		**2004**	105.0
1979	91.5		**2005**	101.7
1980	93.0		**2006**	72.5
1981	125.3		**2007**	127.3
1982	98.0		**2008**	83.4
1983	49.6		**2009**	61.4
1984	95.0		**2010**	122.8
1985	175.5		**2011**	83.8
1986	78.0		**2012**	92.5
1987	96.7		**2013**	131.2
1988	115.0		**2014**	67.8
1989	82.4		**2015**	41.2
1990	98.1		**2016**	95.7
1991	57.6		**2017**	73.6
1992	54.2		**2018**	79.9
1993	75.8		**2019**	88.8
1994	102.6		**2020**	98.5
PROMEDIO			84.88	

Fuente: IDEAM

4.3.4 Curvas de Intensidad – Frecuencia – Duración

Para el cálculo de las curvas de intensidad – duración – frecuencia de la estación Aeropuerto Alfonso López, ubicada en el municipio de Valledupar, se utiliza la metodología propuesta por Vargas y Díaz

– Granados-[2], la cual está en línea con la presentada en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS, solo que considera parámetros adicionales en el cálculo.

De acuerdo con esta referencia, se pueden calcular curvas Intensidad – Frecuencia – Duración, con la siguiente expresión:

Figura 11. Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia

$$I = a \times \frac{T^b}{t^c} \times M^d \times N^e \times P_t^f$$

Fuente: Vargas y Diaz, Curvas Sintéticas Regionalizadas 1998

En donde:

I = Intensidad de precipitación, mm/h

T= Período de retorno, años

t = Duración de lluvia, h

M =Promedio del valor máximo anual de precipitación en 24 h, mm

N = Promedio del número de días con lluvia al año

Pt= Precipitación media anual, mm

a,b,c,d,e y f = Parámetros dependientes de la ubicación geográfica de la estación

Para el área de influencia del proyecto, los valores correspondientes son:

a= 8,51

b= 0.21

c= 0.50

d= - 0.01

e= - 0.08

[2] VARGAS M., Rodrigo y DIAZ GRANADOS, Mario. Universidad de los Andes. Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia – 1998

f= 0.28

De esta manera la ecuación queda:

Figura 12. Ampliación de Fórmula para Calculo de Curvas de Intensidad, Duración, y Frecuencia

$$I = 8.51 \times \frac{T^{0.21}}{T^{0.50}} \times M^{-0.01} \times N^{-0.08} \times P_t^{0.28}$$

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Precipitaciones: Resultados de Intensidad, Frecuencia, Duración

A continuación, se presentan los resultados para los diferentes periodos de retorno, y para intervalos de duraciones de 10 minutos:

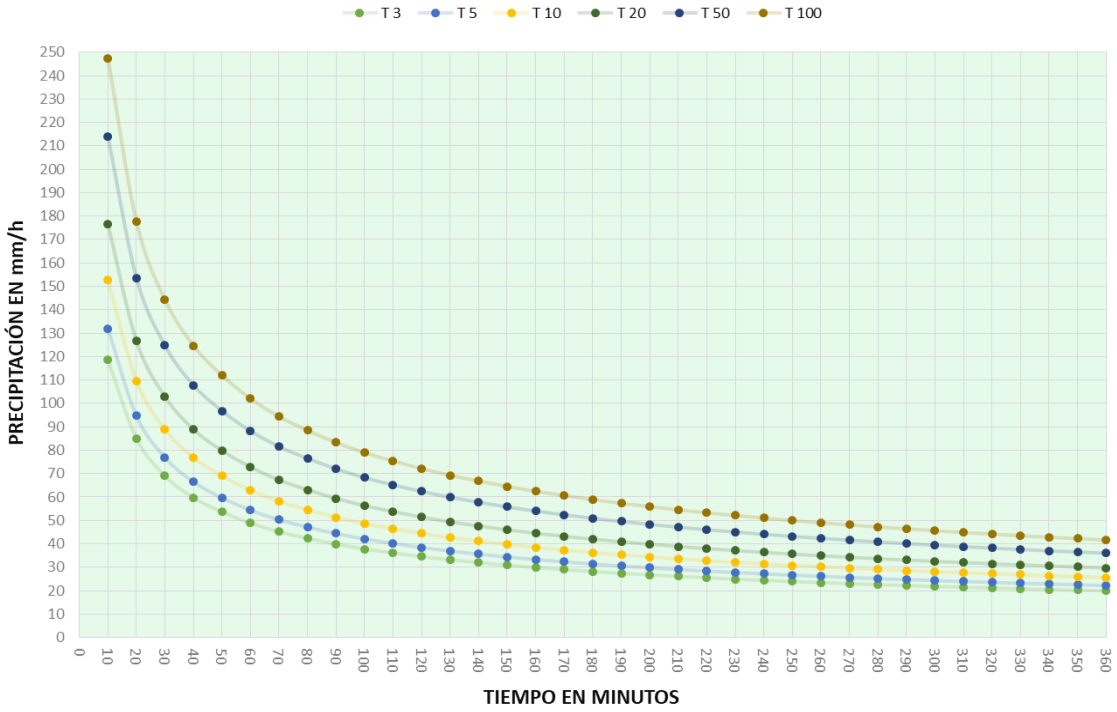
- Minutos: 10
- Horas: 0.17
- Per. Retorno – Tr 3: 118.51
- Per. Retorno – Tr 5: 131.93
- Per. Retorno – Tr 10: 152.61
- Per. Retorno – Tr 20: 176.52
- Per. Retorno – Tr 50 213.97
- Per. Retorno – Tr 100: 247.50

Figura 13. Resultados de Intensidad, Frecuencia, y Duración

t (MINUTOS)	t (horas)	PERIODO DE RETORNO					
		Tr: 3	Tr: 5	Tr: 10	Tr: 20	Tr: 50	Tr: 100
		INTENSIDAD					
10	0.17	118.51	131.93	152.61	176.52	213.97	247.50
20	0.33	85.06	94.69	109.53	126.69	153.58	177.64
30	0.50	69.10	76.93	88.98	102.93	124.77	144.32
40	0.67	59.70	66.46	76.87	88.92	107.78	124.67
50	0.83	53.64	59.71	69.07	79.89	96.84	112.01
60	1.00	48.86	54.40	62.92	72.78	88.22	102.05
70	1.17	45.18	50.29	58.17	67.29	81.56	94.34
80	1.33	42.37	47.17	54.56	63.11	76.50	88.49
90	1.50	39.90	44.42	51.38	59.43	72.03	83.32
100	1.67	37.81	42.09	48.69	56.32	68.27	78.97
110	1.83	36.12	40.21	46.51	53.80	65.22	75.44
120	2.00	34.55	38.47	44.49	51.46	62.38	72.16
130	2.17	33.17	36.93	42.71	49.41	59.89	69.27
140	2.33	32.01	35.64	41.22	47.68	57.80	66.85
150	2.50	30.90	34.40	39.80	46.03	55.80	64.54
160	2.67	29.90	33.29	38.51	44.54	53.99	62.45
170	2.83	29.05	32.34	37.40	43.26	52.44	60.66
180	3.00	28.21	31.41	36.33	42.02	50.94	58.92
190	3.17	27.45	30.55	35.34	40.88	49.55	57.32
200	3.33	26.78	29.81	34.48	39.88	48.35	55.92
210	3.50	26.12	29.08	33.63	38.90	47.16	54.55
220	3.67	25.51	28.40	32.84	37.99	46.05	53.27
230	3.83	24.97	27.80	32.15	37.19	45.08	52.14
240	4.00	24.43	27.20	31.46	36.39	44.11	51.02
250	4.17	23.93	26.64	30.81	35.64	43.20	49.97
260	4.33	23.48	26.14	30.24	34.98	42.40	49.04
270	4.50	23.03	25.64	29.66	34.31	41.59	48.11
280	4.67	22.61	25.17	29.12	33.68	40.82	47.22
290	4.83	22.23	24.75	28.63	33.12	40.14	46.43
300	5.00	21.85	24.33	28.14	32.55	39.45	45.64
310	5.17	21.49	23.92	27.67	32.01	38.80	44.88
320	5.33	21.17	23.56	27.25	31.52	38.21	44.20
330	5.50	20.84	23.20	26.83	31.03	37.62	43.51
340	5.67	20.52	22.84	26.42	30.56	37.05	42.86
350	5.83	20.24	22.53	26.06	30.14	36.54	42.26
360	6.00	19.95	22.21	25.69	29.71	36.02	41.66

Fuente: Elaboración Propia

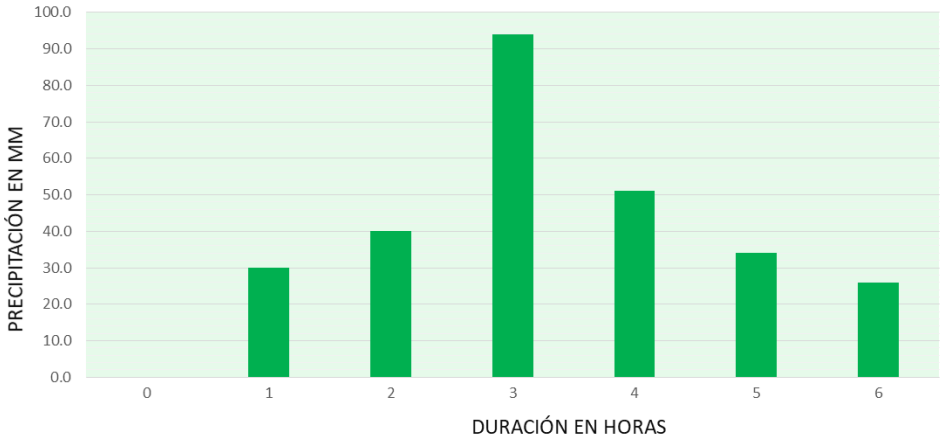
Figura 14. Curvas IFD Aeropuerto Alfonso López, VUP



Fuente: Elaboración Propia

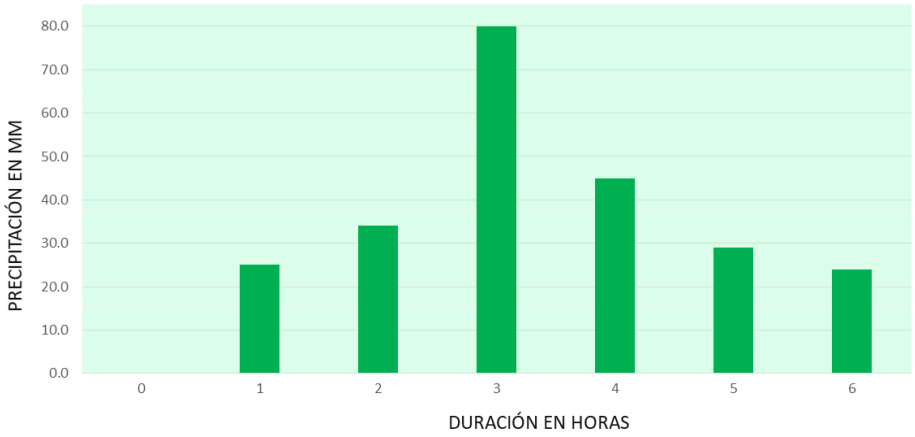
4.5 Histogramas

Figura 15. Histograma Periodo 10 Años



Fuente: Elaboración Propia

Figura 16. Histograma Periodo 5 Años



Fuente: Elaboración Propia

4.6 CAUDALES

Para el calculo de caudales, se emplea el metodo racional, el cual se basa en la formula

Q = 0.00278 x A x i x C

Donde:

Q: Caudal en m3/s
A: Area de drenaje. Corresponde al área de la subcuenca en Ha
i: intensidad de la lluvia en mm/hr
C: Coeficiente de escorrentía

5. ÁREAS DEL DRENAJE

Las áreas se drenaje a considerar, son las internadas de cada patio, esto teniendo en cuenta que los lotes estarán protegidos con un jarillón perimetral de 2.5 metros a 3.0 metros de alto, que no permitirá el ingreso de aguas de escorrentía de predios aledaños.

5.1 Intensidad

La Intensindad se obtiene a partir de las curvas IDF, entrando con el tiempo de concentración.

5.2 Tiempo de concentración

Es el tiempo que se considera necesario para que toda la cuenca contribuya al sitio de concentración en análisis, en este caso corresponde al sitio de ubicación de la alcantarilla. Este tiempo se cuenta a partir del inicio de la precipitación.

Para el cálculo del tiempo de concentración existen diversas fórmulas, las cuales se presentan en el manual de drenaje para carreteras del IVIAS. Para el presente trabajo se utilziará la ecuación de la onda cinemática de Morgali y Linsley, y Aron y Erborge.

La siguente en la síntesis de la fómula:

Figura 17. Ecuación de Onda Cinemática para Calculo de Tiempo de Concentración

$$T_c = \frac{6.998\, L^{0.60}\, n^{0.60}}{i^{0.4}\, S^{0.3}}$$

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras: INVIAS

Donde:

Tc: tiempo de concentración en minutos

L: la longitud hace referencia a la distancia a la cual se plantea hacer una primera captación de la escorrentía, y es de 70 m.

n: es el coeficiente de rugosidad caracteristico del área. Teniendo en cuenta que tenemos una combinación de pavimento, andenes y zonas verdes, asumimos un valor de 0.02

S: es la pendiente que caracteriza el átea de drenaje en el sentido de la escorrentía o del cauce. Para la zona, del patio norte se tiene una pendiente caracteristica del 1.5% y para el patio norte del 0.77%

De la aplicación de la ecuación de la onda cinemática, los resultados son:

Patio Norte, tiempo de concentración es de 3.2 min.

Patio Sur, tiempo de concentración es de 4.1 min.

Acorde al RAS 2017, se debe hacer una simulación y evaluar la insidencia de aplicar tiempo de concentracíon mínimos (entre 3 y 10 min). En atención a esta directriz, para los cálculos adoptaremos un valor de 10 min.

5.3 Coeficiente de Escorrentías

El corefociente de escorrentía se define a partir de la tabla 2.9 del manual de drenaje para carreteras del INVIAS, en la cual se presenta los coeficientes de escorrentía para areas urbanas. Con base en esta informacion, el valor aplicable al área de análisis es de 0.80.

Figura 18. Coeficientes de Escorrentías para áreas Urbanas (Tabla 2.9)

RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras: INVIAS

5.4 Periodo de Retorno

Acorde al RAS 2017, el periodo a emplear es de 5 años. No obstante, considerando la importancia del manejo de la escorrentía en la operación del patio taller, tomaremos un periodo de retorno de 10 años.

Figura 19. Periodos de Retorno

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: RAS 2017

5.5 Cálculo de Caudales

Lo caudales se definen usando el método racional, el cual tiene en cuenta el área de drenaje, el coeficiente de escorrentía, el tiempo de concentración, el periodo de retorno y la consecuente intensidad pluviométrica. La formula a aplicar es la establecida en el manual de drenaje de carreteras del INVIAS:

$$Q = 0.00278 \times A \times i \times C$$

Q = Caudal en m3/s
A = Área de drenaje en Ha.
i = Intensidada de la lluvia para el tiempo de concentración del área de drenaje
C = Coeficiente de escorrentía

6. CONCLUSIONES

- Posterior a los análisis hidráulicos realizados en el patio taller norte se Identificó y cuantifico las condiciones hidrológicas existentes en el área de influencia del proyecto, con el fin de dimensionar y diseñar adecuadamente todas las obras del componente de redes hidrosanitarias. Se cuantificaron cantidades adicionales por el cambio de terreno, la disposición topográfica y las longitud de red adicional por cambio en el punto de conexión.

- Se Realizó la caracterización climática de la zona de influencia del proyecto vial en los aspectos de la precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación y nubosidad, con miras a establecer las posibles relaciones entre el medio atmosférico

- Se cuantifico los caudales máximos instantáneos para las corrientes que cruzan la vía con el fin de conocer el comportamiento de las mismas.

- Se realizó el mapeo correspondiente de las redes hidrosanitarias correspondientes al patio taller norte, estas se encuentran contenidas en los anexos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS -2017

- Manual de drenaje para carreteras – INVIAS

- Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia - Rodrigo Vargas M.

- Hidrología básica y aplicada – Allen Bateman

- Fundamentos de hidrología de superficie – Francisco Javier Aparicio Mijares