

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

#### **TOMO-I**



## **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANO PARA LA URBANIZACION NUEVE DE ABRIL Y SECTOR LOS JARDINES, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN**

### **TESIS**

#### **PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

POR:

BACH. RICKY MARTIN VÁSQUEZ BERRIOS

ASESOR ING. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR

TARAPOTO – PERÚ  
2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANO  
PARA LA URBANIZACION NUEVE DE ABRIL Y SECTOR LOS  
JARDINES, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE  
SAN MARTIN**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

Por:

**BACH. RICKY MARTIN VÁSQUEZ BERRIOS**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

Presidente: **ING. SANTIAGO CHÁVEZ CACHAY**.....

Secretario: **ING. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ**.....

Miembro: **ING. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS**.....

Asesor: **ING. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR**.....

## **DEDICATORIA**

*A mis madres:*

Jenni Jaqueline Berrios Delgado y Juanita Delgado Vásquez por su gran esfuerzo por sacarme adelante, porque gracias a ellas estoy alcanzando mis metas profesionales, he sentido ese sufrimiento día a día por apoyarme y eso era lo que me motivaba más por alcanzar ese propósito de superación que anhelaban para mi persona, no me alcanzara la vida para agradecerles por todo ese apoyo brindado, esto va para ustedes porque son las personas que más admiro y valoro en el mundo.

*A cada uno de mis familiares:*

Por su gran apoyo durante todo este camino que me toco recorrer para lograr mis metas son testigos del esfuerzo realizado, les estaré toda la vida agradecido por su apoyo de una u otra manera.

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios:*

Por guiarme por el buen camino y protegerme brindándome salud todo este tiempo para poder cumplir todas mis metas trazadas y sobre todo, por dar salud a mis madres las cuales fueron y serán el motivo para mi superación día a día.

*A los ingenieros:*

Charles Enrique Valladares Delgado y Alexander Antonio Coronel Delgado por su orientación y consejos para poder llevar a cabo esta tesis.

Néstor Raúl Sandoval Salazar, asesor de la presente tesis por su apoyo académico desinteresado, para que se desarrolle dicho objetivo de la mejor manera.

Docentes de la Universidad Nacional De San Martín por su aporte en mi formación profesional.

# INDICE

	pág.
CARATULA	
CONTRACARATULA.....	i
APROBACION DE TEXTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE.....	v
RESUMEN EN CASTELLANO.....	xviii
RESUMEN EN INGLES.....	xix
I. INTRODUCCION.....	01
1.1 Generalidades.....	01
1.2 Exploracion Preliminar Orientada a la Investigación .....	01
1.3 Aspectos Generales del Estudio.....	02
1.3.1 Características generales.....	02
1.3.1.1 Ubicaciones Geográfica del Proyecto.....	02
1.3.1.2 Vías de Acceso .....	05
1.3.1.3 Aspectos Climáticos.....	05
1.3.1.4 Aspecto Hidrológico.....	06
1.3.1.5 Aspectos Topográficos.....	07
1.3.1.6 Situación del Sistema Existente.....	07
1.3.1.7 Área de Influencia .....	08
1.3.1.8 Población Beneficiada.....	09
II. MARCO TEORICO.....	12
2.1 Antecedentes,planteamiento,delimitación, y formulación del problema a resolver.....	12

2.1.1	Antecedentes del problema.....	12
2.1.2	Planteamiento del problema.....	12
2.1.3	Delimitación del problema.....	13
2.1.4	Formulación del Problema a Resolver.....	14
2.2	Objetivos.....	14
2.2.1	Objetivo General.....	14
2.2.2	Objetivos Específicos.....	14
2.3	Justificación de la Investigación.....	14
2.4	Delimitación de la Investigación .....	15
2.5.	Marco Teórico .....	15
2.5.1	Antecedentes de la Investigación.....	15
2.5.2	Fundamentación Teórica de la Investigación.....	16
2.5.2.1	Sistema de Alcantarillado Pluvial Urbano.....	16
2.5.2.2	Aguas Pluviales.....	17
2.5.2.3	Tipos de precipitaciones pluviales.....	17
2.5.2.4	Escorrentía Superficial.....	17
2.5.2.5	Factores que Influyen en la Formación de Caudales o Escorrentía Superficial.....	18
2.5.2.5.1	La Duración (t).....	18
2.5.2.5.2	La Intensidad (i).....	18
2.5.2.5.3	La Frecuencia (f).....	21
2.5.2.5.4	La Variación temporal.....	21
2.5.2.5.5	Tiempo de Concentración (Tc).....	21
2.5.2.5.6	Periodo de retorno.....	22
2.5.2.5.7	Coeficiente de Escorrentía (c).....	23
2.5.2.6	Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos.....	24

2.5.2.7	Obras de Drenaje.....	26
2.5.2.7.1	Entrada a la Red de Drenaje.....	26
2.5.2.7.2	Conducción de las Aguas de Drenaje.....	26
2.5.2.7.3	Estructuras de Entrega.....	26
2.5.2.8	Caudales Máximos de Diseño.....	26
2.5.2.9	Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje.....	27
2.5.2.9.1	Premisas para el Diseño.....	27
2.5.2.9.1.1	Características topográficas.....	27
2.5.2.9.1.2	Estudio de cuencas hidrográficas.....	27
2.5.2.9.1.3	Características del cauce.....	27
2.5.2.9.1.4	Datos de crecidas.....	28
2.5.2.9.1.5	Evaluación de obras de drenaje existentes.....	28
2.5.2.9.1.6	Evaluación de interferencias existentes.....	28
2.5.2.9.2	Calculo Hidráulico en el diseño de las obras de drenaje.....	28
2.5.2.10	Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial.....	29
2.5.2.11	Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje.....	29
2.5.2.12	Consideraciones para el pre dimensionamiento de los canales.....	32
2.5.2.13	Mecánica de Suelos.....	37
2.5.2.13.1	Tipos de suelo.....	37
2.5.2.13.2	Clasificación de suelos.....	38
2.5.2.13.2.1	Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS).....	39
2.5.2.13.3	Peso específico.....	41
2.5.2.13.4	Ángulo de fricción.....	41
2.5.2.13.5	Empuje del suelo.....	42
2.5.2.13.6	Coeficiente de balasto.....	43
2.5.2.14	Análisis Estructural.....	45

2.5.2.14.1	Tipos de Cargas sobre Alcantarillas.....	45
2.5.2.14.1.1	Carga Permanente.....	45
2.5.2.14.1.2	Carga Temporal.....	45
2.5.2.14.1.3	Impacto.....	46
2.5.2.14.1.4	Cargas Vivas (LL).....	46
2.5.2.14.1.5	Carga de empuje.....	48
2.5.2.14.1.6	Carga de relleno.....	49
2.5.2.14.1.7	Carga de sismo.....	50
2.5.2.15	Estados Límites y Combinación de Cargas.....	51
2.5.2.15.1	Estado Límite de Servicio.....	51
2.5.2.15.2	Estado Límite de Resistencia.....	51
2.5.2.15.3	Combinación de cargas.....	51
2.5.2.16	Diseño estructural.....	54
2.5.2.16.1	Diseño de Losas.....	55
2.5.2.16.1.1	Cálculo del Refuerzo.....	55
2.5.3	Marco Conceptual: Definición de Terminos Básicos.....	57
2.6	Hipótesis.....	58
III.	MATERIALES Y METODOS.....	59
3.1	Materiales.....	59
3.1.1	Recursos Humanos.....	59
3.1.2	Recursos Materiales.....	59
3.1.3	Recursos de Equipos.....	59
3.2	Metodología.....	59
3.2.1	Universo, Muestra .....	59
3.2.2	Sistema de Variables.....	59
3.2.2.1	Variable Independiente.....	59



3.2.2.2	Variable Dependiente.....	59
3.2.2.3	Indicadores.....	60
3.2.3	Diseño Experimental de la Investigación.....	60
3.2.3.1	Tipo y Nivel de Investigación.....	60
3.2.3.2	Diseño Experimental del Método de Investigación.....	60
3.2.4	Diseño de Instrumentos.....	61
3.2.4.1	Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.....	61
3.2.4.1.1	Fuentes Técnicas.....	61
3.2.4.1.2	Instrumentos.....	61
3.2.5	Procesamiento de la Información.....	62
3.2.6	Análisis e interpretación de datos y resultados.....	63
3.2.7	Información del proyecto: diseño obtenido.....	63
3.2.7.1	Estudio Hidráulico.....	63
3.2.7.1.1	Generalidades.....	63
3.2.7.1.2	Obras de drenaje.....	63
3.2.7.2	Estudios Preliminares.....	64
3.2.7.2.1	Topografía.....	64
3.2.7.2.2	Área de drenaje.....	65
3.2.7.2.3	Estructuras Hidráulicas Existentes en el Dren Colector Sinchi Roca.....	65
3.2.7.3	Análisis Hidrológico.....	66
3.2.7.3.1	Precipitación máxima diaria.....	67
3.2.7.3.2	Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos.....	68
3.2.7.3.3	Cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	68
3.2.7.3.4	Intensidades de lluvia.....	69
3.2.7.3.5	Tiempo de concentración.....	70
3.2.7.3.6	Periodo de retorno.....	70

3.2.7.4	Caudales Máximos de Diseño.....	70
3.2.7.4.1	Método Racional.....	71
3.2.7.5	Consideraciones Para el Diseño de las Estructuras de Drenaje.....	72
3.2.7.5.1	Coeficiente de rugosidad (n).....	72
3.2.7.5.2	Velocidades.....	72
3.2.7.5.3	Material sólido de arrastre.....	72
3.2.7.5.4	Borde libre.....	73
3.2.7.5.5	Socavación local a la salida de la alcantarilla.....	73
3.2.7.5.6	Abrasión.....	73
3.2.7.6	Cálculo de Caudales de Diseño de Cada Dren.....	73
3.2.7.7	Verificación del funcionamiento hidraulico de las estructuras de drenaje existentes.....	74
3.2.7.8	Cálculo de las Pendientes de Diseño.....	74
3.2.7.9	Diseño Hidraulico de las Estructuras de Drenaje.....	74
3.2.7.10	Diseño Estructural.....	74
3.2.7.10.1	Criterios de diseño estructural.....	74
3.2.7.10.1.1	Hipótesis de Análisis.....	74
3.2.7.10.1.2	Normas Aplicables.....	75
3.2.7.10.1.3	Estudio de Mecánica de suelos.....	75
3.2.7.10.1.4	Parámetros de diseño.....	75
3.2.7.10.1.4.1	Cargas.....	75
3.2.7.10.1.4.2	Combinaciones de carga.....	76
3.2.7.10.1.5	Modelamiento y Análisis estructural.....	76
3.2.7.10.1.6	Diseño Estructura.....	79
3.2.7.11	Planteamiento Hidráulico del Sistema de Drenaje.....	79
3.2.7.11.1	Sistema de drenaje Dren Colector Sinchi Roca, entre las cuadras 01 y 06 del Jr. Sinchi Roca.....	79

3.2.7.11.2 Sistema de drenaje Dren colector Sinchi Roca desde final de la cuadra 06 hasta su entrega al dren Alfonso Ugarte.....	79
IV. RESULTADOS.....	81
4.1 Características Generales.....	81
4.2 Estudio Socio Económico.....	82
4.3 Topografía .....	83
4.4 Área de Drenaje.....	83
4.5 Analisis Hidrológico.....	84
4.5.1 Precipitación máxima diaria.....	84
4.5.2 Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos.....	85
4.5.3 Cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	85
4.5.4 Intensidades de lluvia.....	86
4.5.5 Tiempo de concentración.....	88
4.5.6 Periodo de retorno.....	89
4.6 Caudales máximos de diseño.....	89
4.6.1 Consideraciones para el Diseño de las Estructuras de Drenaje.....	89
4.6.2 Cálculo de Caudales de Diseño de cada Dren.....	89
4.6.3 Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente.....	92
4.7 Cálculo de las Pendientes de Diseño.....	94
4.8 Diseño Hidráulico de las Estructuras de Drenaje.....	100
4.9 Ubicación de las Alcantarillas Marco de Concreto Armado.....	107
4.10 Diseño Estructural.....	108
4.10.1 Consideraciones para el Diseño Estructural.....	108
4.10.1.1 Estudio de Mecánica de Suelos.....	108
4.10.1.2 Combinaciones de Cargas.....	109
4.10.2 Modelamiento y Análisis Estructural.....	109

4.10.3	Diseño Estructural.....	110
4.11	Planteamiento Hidráulico del Sistema de Drenaje.....	111
V.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	112
5.1	Estudio Socio Económico.....	112
5.2	Topografía.....	112
5.3	Análisis Hidrológico.....	113
5.4	Área de Drenaje.....	113
5.5	Estructuras Hidráulicas Existentes en el Dren Colector Sinchi Roca.....	114
5.6	Precipitación .....	116
5.7	Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos.....	116
5.8	Tiempo de concentración.....	116
5.9	Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de Drenaje Existente.....	116
5.10	Condiciones del drenaje superficial.....	116
5.11	Estudio de Mecánica de Suelos.....	116
5.12	Cargas.....	117
5.13	Obras de Arte.....	117
5.14	Planteamiento hidráulico del sistema de drenaje.....	117
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
6.1	Conclusiones.....	118
6.2	Recomendaciones .....	119
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	120
VIII.	ANEXOS.....	122
	ANEXO N°01: Coordenadas del Levantamiento Topográfico.....	123
	ANEXO N°02: Plano de Ubicación General de las Estructuras Hidraulicas Encontradas.....	124
	ANEXO N°03: Panel Fotografico de las Estructuras de Drenaje Existentes.....	125

ANEXO N°04: Cálculo de la prueba de KOLGOMOROV-SMIRNOV.....	126
ANEXO N°05: Analisis Estadístico para las Distribuciones NORMAL, LOGNORMAL, LOG PEARSON III Y EXTREMA TIPO I-GUMBEL.....	127
ANEXO N°06: Calculo para la Maxima Precipitacion para Diferentes Periodos de Retorno Según METODO DE DICK PESCHKE Y BELL.....	128
ANEXO N°07: Calculo de los Caudales que Discurriran por las Diferentes Calles del Proyecto.....	129
ANEXO N°08: Cálculo y Verificación de Estructuras de Drenaje Existentes.....	130
ANEXO N°09: Cálculo de Pendientes.....	131
ANEXO N°10: Cálculo Hidraulico de las Estructuras de Drenaje.....	132
ANEXO N°11: Cálculo del Diseño Estructural de las Alcantarillas.....	133
ANEXO N°12: Diseño del Planteamiento Hidraulico del Sistema de Drenaje: Alternativas 1 y 2.....	134

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla N°01: Tasa de Crecimiento Estimada.....	09
Tabla N°02: Población Beneficiaria.....	09
Tabla N°03°: Población Objetivo.....	10
Tabla N°04: Vivienda por Tipo de área.....	11
Tabla N°05: Métodos para cálculo de tiempo de concentración.....	22
Tabla N°06: Criterios de Diseño Generalizados para estructuras de Control de Agua.....	23
Tabla N° 07: Coeficientes de Escorrentía para ser utilizado en el Método Racional.....	23
Tabla N°08: Valores críticos para la prueba Kolmogorov-Smirnov de bondad y ajuste.....	25
Tabla N° 09: Coeficientes de rugosidad de Manning.....	32
Tabla N° 10: Taludes Recomendables (Horizontal: Vertical).....	34
Tabla N° 11: Ancho de Solera (b) .....	34
Tabla N° 12: Borde Libre con relación al caudal.....	35

Tabla N° 13: Borde Libre con relación al ancho de solera.....	35
Tabla N° 14: Criterios de Velocidades Mínimas (V <sub>mín</sub> ).....	36
Tabla N° 15: Valores Coeficiente de Escurrimiento ( $\beta$ ).....	36
Tabla N° 16: Velocidades Máximas permisibles.....	37
Tabla N° 17: Valores Referenciales de Esfuerzo Portante " $\sigma_t$ " según Tipo de Suelo.....	38
Tabla N°18: Sistema de Clasificación de Suelos Unificado "S.U.C.S.".....	40
Tabla N° 19: Valores de Angulo de Fricción Interna " $\phi$ ", Peso Específico " $\gamma_s$ " y Coeficiente de Fricción "f" en función del tipo de Suelo.....	41
Tabla N°20: Modulo de deformación $E_0$ y Módulo de reacción vertical del suelo (Ks1).....	44
Tabla 21: Combinaciones de carga y Factores de Carga.....	53
Tabla 22: Factores de carga para cargas permanentes, $\gamma_p$ .....	54
Tabla N° 23: Estación pluviométrica.....	67
Tabla N° 24: Serie Histórica de precipitación máximas en 24 horas - Estación Tarapoto.....	67

### **INDICE DE CUADROS**

Cuadro N°01: Información general de ubicación del proyecto.....	81
Cuadro N°02: Población Beneficiaria.....	82
Cuadro N°03°: Población Objetivo.....	82
Cuadro N°04: Vivienda por tipo de área.....	83
Cuadro N°05: Características y Área de zona ha Drenar.....	83
Cuadro N°06: Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas estación Tarapoto.....	84
Cuadro N°07: Prueba Kolgomorov-Smirnov para la Distribución.....	85
Cuadro N°08: Resumen de cálculo de precipitaciones máximas en 24 horas.....	85
Cuadro N°09: precipitación máximas (mm).- Estación Tarapoto: modelo de Bell.....	86

Cuadro N°10: intensidades máximas (mm/h): Estación Tarapoto.....	87
Cuadro N°11: Tiempos de Concentración para cada sub cuenca.....	88
Cuadro N°12: Intensidades máximas para cada sub cuenca, para diferentes periodos de retorno.....	88
Cuadro N°13: Caudales de Diseño: TRAMO: CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 06 DEL JR. SINCHI ROCA.....	89
Cuadro N°14: Caudales de Diseño: TRAMO :CUADRA 01 HASTA ENTREGA A DREN ALFONSO UGARTE.....	90
Cuadro N°15: Caudales de Diseño: TRAMO: CUADRA 15 JR. ALFONSO UGARTE - CRUCE VIA DE EVITAMIENTO - HASTA PASANDO PROLOMG. LIBERTAD (C-18 ALF. U).....	90
Cuadro N°16: Caudales de Diseño: TRAMO: CUADRA 06 Y 07 DEL JR. LOS ANGELES Y C-01 DE PROLONGACION LIBERTAD.....	90
Cuadro N°17: Caudales de Diseño: TRAMO: DRENES LATERALES O SECUNDARIOS DREN SINCHI ROCA.....	91
Cuadro N°18: Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente: DREN SINCHI ROCA - LADO DERECHO.....	92
Cuadro N°19: Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente: DREN SINCHI ROCA - LADO IZQUIERDO.....	92
Cuadro N°20: Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente: DREN ALFONSO UGARTE - LADO DERECHO.....	93
Cuadro N°21: Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente: DREN ALFONSO UGARTE - LADO IZQUIERDO.....	94
Cuadro N°22: Pendientes de Diseño: JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06: LADO DERECHO.....	94
Cuadro N°23: Pendientes de Diseño: JR. AMERICA C-01 (DESPUES DE RECIBIR APORTES DE AMBOS LADOS DE SINCHI ROCA).....	95
Cuadro N°24: Pendientes de Diseño: JR. ALFONSO UGARTE - VIA DE EVITAMIENTO LADO DERECHO.....	95
Cuadro N°25: Pendientes de Diseño: LOS ANGELES C-06 y 07 y PROLONGACION LIBERTAD.....	96
Cuadro N°26: Pendientes de Diseño: JR. SINCHI ROCA C-07 y JIRON JOSE A. QUIÑONES C-02.....	96

Cuadro N°27: Pendientes de Diseño: JR. AMERICA C-01.....	97
Cuadro N°28: Pendientes de Diseño: JR. AMERICA C-02.....	97
Cuadro N°29: Pendientes de Diseño: JR. UNION C-01.....	98
Cuadro N°30: Pendientes de Diseño: JR. UNION C-02.....	98
Cuadro N°31: Pendientes de Diseño: JR. MIRAFLORES C-04.....	98
Cuadro N°32: Pendientes de Diseño: JR.PRÓCERES C-02.....	99
Cuadro N°33: Pendientes de Diseño: JR. 06 DE MAYO C-02.....	99
Cuadro N°34: Pendientes de Diseño: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-09.....	99
Cuadro N°35: Pendientes de Diseño: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-10.....	100
Cuadro N°36: Diseño Hidráulico: JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06.....	100
Cuadro N°37: Diseño Hidráulico: JR. AMERICA C-01.....	101
Cuadro N°38: Diseño Hidráulico: JR. ALFONSO UGARTE C-15 - CRUCE VIA DE EVITAMIENTO - CRUCE PROLONG. LIBERTAD - FINAL.....	101
Cuadro N°39: Diseño Hidráulico: JR. LOS ANGELES C-06 Y C-07 Y PROLONGACION LIBERTAD C-01.....	102
Cuadro N°40: Diseño Hidráulico: JR. SINCHI ROCA C-07 .....	103
Cuadro N°41: Diseño Hidráulico: JR. JOSE A. QUIÑONES C-02.....	103
Cuadro N°42: Diseño Hidráulico: JR.AMERICA C-01 (Superficial).....	104
Cuadro N°43: Diseño Hidráulico: JR.AMERICA C-02.....	104
Cuadro N°44: Diseño Hidráulico: JR. UNION C-01.....	105
Cuadro N°45: Diseño Hidráulico: JR. UNION C-02.....	105
Cuadro N°46: Diseño Hidráulico: PJ. LOS MIRAFLORES C-04.....	105
Cuadro N°47: Diseño Hidráulico: JR, PROCERES C-02.....	106
Cuadro N°48: Diseño Hidráulico: JR. 06 MAYO C-02.....	106
Cuadro N°49: Diseño Hidráulico: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-09.....	106
Cuadro N°50: Diseño Hidráulico: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-10.....	107



Cuadro N°51: Ubicación Alcantarillas Marco de Concreto Armado.....	107
Cuadro N°52: Características del suelo.....	108
Cuadro N°53: Empuje de Suelos (E):.....	109
Cuadro N°54: combinaciones de carga.....	109
Cuadro N°55: Dimensiones de las estructuras a proyectar.....	109
Cuadro N°56: Alternativas de trazo del planteamiento Hidráulico.....	111

### **INDICE DE IMÁGENES**

Imagen N° 01: Mapa de Ubicación de la Zona del Proyecto.....	03
Imagen N°02: Ubicación del Proyecto en el Distrito de Tarapoto.....	04
Imagen N°03: Ubicación del Área de Estudio del Proyecto.....	04
Imagen N°04: Sub Cuencas de Drenaje en Área de Estudio.....	08
Imagen N°05: Presión de tierra en reposo.....	42
Imagen N°06: Diagrama de Prueba de Placas.....	43
Imagen N°07: Empuje lateral superficial. Triangulo depresiones.....	49
Imagen N°08: Empuje lateral conforme la profundidad de relleno. Trapecio de presiones.....	49
Imagen N°09: Empuje de Relleno.....	50

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura N°01: Diagrama de cargas.....	77
Figura N°02: Vista del modelo estructural bidimensional.....	77
Figura N°03: Diagrama de Momento Flectores.....	78
Figura N°04: Diagrama de Fuerza Cortante.....	78
Figura N°05: Comparación de Distribuciones-Estación Tarapoto.....	86
Figura N°06: Intensidad-Duración.....	87

## RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto, con fines de titulación como ingeniero civil.

Teniendo en cuenta que el desarrollo urbano se ha acelerado en la segunda mitad del siglo XX con gran concentración de población en pequeños espacios, impactando en el ecosistema terrestre y acuático y en la propia población. Este proceso viene ocurriendo debido a la falta de control del espacio urbano que produce efectos directos sobre la infraestructura del agua: abastecimiento, sistema sanitario, drenaje urbano e inundaciones ribereñas y residuos sólidos.

Por otro lado el fenómeno "El Niño" que es de carácter cíclico y de periodo de recurrencia de 11 a 12 años de promedio (aunque no siempre de la misma intensidad); en los últimos años se ha reducido considerablemente a menos de 6 años.

Es muy clara la incidencia de este calentamiento del agua en el Pacífico Ecuatorial en el clima de la costa norte del Perú manifestándose en las anomalías de: Lluvias torrenciales y Caudales extraordinarios en los ríos.

Se diseñará una red de alcantarillado pluvial urbano, en la ciudad de Tarapoto, tomando en cuenta:

- Las restricciones existentes, en este caso dadas por el Reglamento Nacional.
- Los parámetros hidráulicos de acuerdo al tipo de material elegido y la geometría de los conductos.
- La intensidad de la lluvia de diseño
- Los caudales de escorrentía variables en el tiempo y con valor máximo calculado con el método Racional.

**PALABRAS CLAVES:** Alcantarillado, Pluvial, Urbano

## ABSTRACT

The present work has been developed in the Professional Academic School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín-Tarapoto, for purposes of titling as civil engineer.

Taking into account that urban development has accelerated in the second half of the twentieth century with large concentration of population in small spaces, impacting on the terrestrial and aquatic ecosystem and the population itself. This process is occurring due to the lack of control of the urban space that produces direct effects on the water infrastructure: water supply, sanitary system, urban drainage and riparian floods and solid waste.

On the other hand, the "El Niño" phenomenon, which is cyclical in nature and has a recurrence period of 11 to 12 years on average (although not always of the same intensity); in recent years it has been considerably reduced to less than 6 years.

It is very clear the incidence of this water warming in the Equatorial Pacific in the climate of the north coast of Peru manifesting in the anomalies of: Torrential rains and Extraordinary flows in the rivers.

An urban storm drainage network will be designed in the city of Tarapoto, taking into account:

- The existing restrictions, in this case given by the National Regulation.
- The hydraulic parameters according to the type of material chosen and the geometry of the ducts.
- The intensity of rain design
- Runoff flows varying in time and with maximum value calculated with the Rational method.

KEY WORDS: Sewer, Pluvial, Urban

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

#### **TOMO-II**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANO  
PARA LA URBANIZACION NUEVE DE ABRIL Y SECTOR LOS  
JARDINES, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN  
MARTIN**

#### **TESIS**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**BACH. RICKY MARTIN VÁSQUEZ BERRIOS**

**ASESOR ING. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANO  
PARA LA URBANIZACION NUEVE DE ABRIL Y SECTOR LOS  
JARDINES, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN  
MARTIN**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

Por:

**BACH. RICKY MARTIN VÁSQUEZ BERRIOS**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

Presidente: **ING. SANTIAGO CHÁVEZ CACHAY.....**

Secretario: **ING. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMIREZ.....**

Miembro: **ING. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS.....**

Asesor: **ING. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR.....**

## INDICE

	Pág.
CARATULA	
CONTRACARATULA.....	i
APROBACION DE TEXTOS.....	ii
ANEXO N°13: Planos del Proyecto.....	01
13.1: Plano de Ubicación .....	02
13.2: Plano Topográfico-Curvas de Nivel.....	03
13.3: Plano de Ubicación de Obras de Drenaje Existente.....	04
13.4: Plano de Manzaneo y Lotización.....	05
13.5: Plano de Perfiles Longitudinales de Alcantarillas.....	06
13.6: Plano Secciones Transversales de Alcantarillas.....	07
13.7: Plano de Detalles de Armaduras de Alcantarillas .....	08
13.8: Plano de Flujos de Agua Pluvial.....	09

# **I. INTRODUCCION**

## **1.1 Generalidades**

El Perú cuenta con una variedad de fenómenos climáticos que ocurren en las diversas partes de su territorio, es así que en ciertos lugares llueve, en otros cae granizo e incluso nieve. En la ciudad de Tarapoto solo se puede apreciar el fenómenos climáticos como la lluvia, que varía desde garuas, hasta lluvias torrenciales, este proceso de lluvias ocasiona que la ciudad se llene de descargas pluviales, las cuales si no tienen un adecuado sistema de drenaje, ocasionaran desastres en las zonas urbanas.

Un adecuado sistema de drenaje urbano es capaz de controlar tales descargas pluviales y dirigir las hacia los ríos de tal manera que no afecte a las calles, ni las casas de dichas zonas.

Es por eso que el presente trabajo pretende crear una propuesta de manejo de las aguas pluviales en la zona urbana de los sectores de la urbanización nueve de abril y sector los jardines en el distrito de Tarapoto, el cual beneficie de manera directa a toda la población afectada en dichos sectores del distrito.

## **1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación**

El interés hacia los problemas asociados al drenaje urbano en nuestras ciudades ha crecido sin género de duda en los últimos años. Y sin embargo, para la gran mayoría de personas que residen en cualquiera de nuestras poblaciones, constituyen todavía algo alejado de nuestras preocupaciones, algo que está ahí pero sobre lo que no existe una urgencia ni un debate diario. Las redes de alcantarillado son uno de los entramados más complejos a la vez que desconocidos, entre todas las infraestructuras del tejido urbano. Existen otros servicios públicas tales como el abastecimiento de agua potable, redes viales, alumbrado, etc. que al estar en contacto más directo con el ciudadano y constituir un patrimonio visible, resultan más conocidos a la vez que las inversiones que a ellos se dedican son más fácilmente justificables ante la opinión pública. El drenaje de la ciudad y los medios a través de los cuales se realiza la evacuación de sus aguas pluviales son por el contrario un patrimonio oculto,

literalmente enterrado, en definitiva otra ciudad invisible debajo de la ciudad visible, que sólo nos muestra de vez en cuando sus “enfermedades” cuando un aguacero supera su capacidad de desagüe.

Uno de los grandes desafíos que tiene el sector saneamiento es satisfacer la creciente demanda para la evacuación de aguas pluviales y el tratamiento de las mismas; tomando en cuenta la acelerada ocupación territorial y urbanismo, así como la presencia de “El niño” cada vez más frecuente.

En nuestro distrito aún existen muchos sectores que no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, el cual pueda elevar el nivel de vida de la población.

Viendo así la importancia del alcantarillado pluvial urbano para la población en general se ha elaborado la presente tesis denominada: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANO PARA LA URBANIZACION NUEVE DE ABRIL Y SECTOR LOS JARDINES, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN”**

### **1.3 Aspectos Generales del Estudio**

#### **1.3.1 Características Generales**

##### **1.3.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto**

Tarapoto “Ciudad de las Palmeras” y capital de la provincia de San Martín, está ubicada en la selva nororiental peruana, a 06°31’30” de latitud sur y 76°21’50” de longitud oeste; a 618 km al noreste de Lima y a 250 msnm. Se asienta en la ladera occidental del cerro Escalera, en la cordillera Azul, último contrafuerte de la cordillera de los Andes en el Perú, antes de que éste dé paso a la presencia del impresionante llano Amazónico.

El Distrito de Tarapoto tiene una extensión territorial aproximado de 67.81 km<sup>2</sup> y representa el 0.14% del territorio del departamento de San Martín y el 1.21% del territorio en el ámbito de la provincia respectivamente. El relieve de la ciudad de

Tarapoto es accidentado; entre los ríos Cumbaza y Shilcayo existe una pendiente que varía entre 2.5% y el 5%, en el sentido noroeste-sureste.



El área de estudio que comprende el emplazamiento de las vías, se encuentra ubicada entre el cementerio General de la ciudad de Tarapoto y la zona de la vía de Evitamiento cerca de la intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.

El proyecto está comprendido entre las coordenadas geográficas siguientes:

**Jr Sinchi Roca Inicio C-01:**

Latitud Sur : 6°29'12"

Longitud Oeste : 76°22'4"

**Prolongación Libertad final C-01**

Latitud Sur : 6°29'38"

Longitud Oeste : 76°22'37"

**Ubicación Política**

Departamento : San Martín

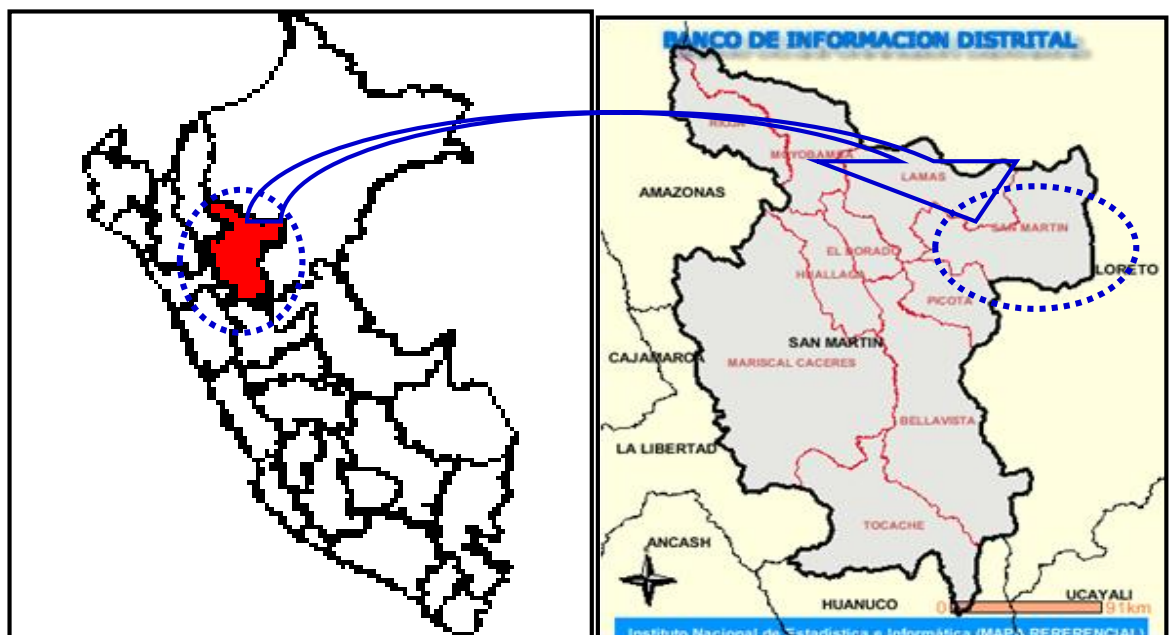
Provincia : San Martín

Distrito : Tarapoto

Zona : Urbana

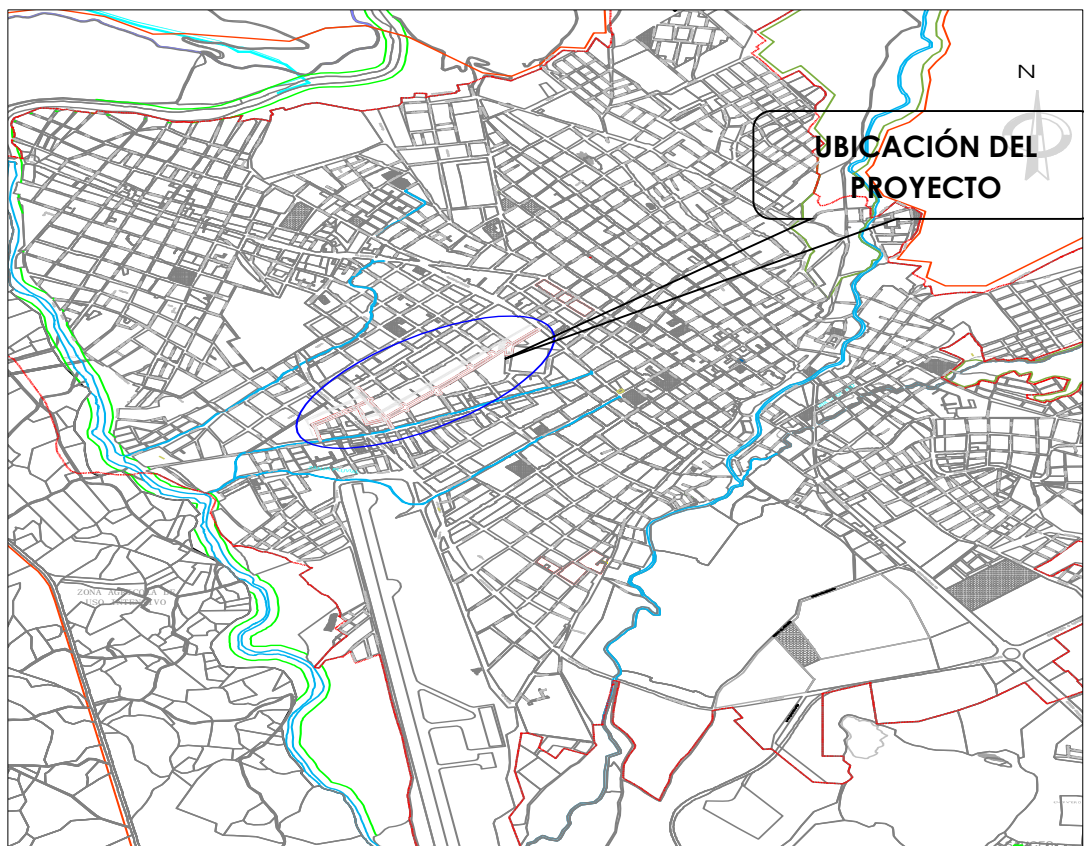
Ubicación : Jirón Sinchi Roca cuadras del 01 al 07, José A. Quiñones cuadras 01 y 02, Los Ángeles cuadras 06 y 07, América cuadra 01, Prolongación Libertad, en la urbanización nueve de abril y sector los jardines.

**Imagen N° 01: Mapa de Ubicación de la Zona del Proyecto**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (MAPA REFERENCIAL)

Imagen N°02: Ubicación del Proyecto en el Distrito de Tarapoto



FUENTE: GOOGLE MAPS

Imagen N°03: Ubicación del Área de Estudio del Proyecto



Fuente: Google Earth

### **1.3.1.2 Vías de Acceso**

#### **✓ Primera Ruta**

Desde Lima conduce a Tarapoto, después de recorrer 886 Km de la carretera Panamericana Norte hasta Chamaya, se ingresa a la carretera Fernando Belaunde Terry, y luego se pasa por: Moyobamba, Tabalosos, San Miguel y otras comunidades ubicadas a la vera del río Mayo hasta llegar al distrito de Tarapoto.

#### **✓ Segunda Ruta**

Se inicia en la ciudad de Lima, a través de 530 Km. Pasando por Ticlio, llegando a la ciudad de Tingo María, de aquí sigue un recorrido de 478 Km. por la carretera Fernando Belaunde hasta Tarapoto, en conclusión, por esta ruta hay 1008 Km. de Lima a Tarapoto.

#### **✓ Tercera Ruta**

La tercera ruta, la constituye la carretera de 133 Km. Que une esta ciudad con Yurimaguas, capital de la provincia del Alto Amazonas, esta ruta da acceso al norte.

#### **✓ Cuarta Ruta**

El acceso desde la ciudad de Lima por vía aérea es de aproximadamente (01 hora) a la Ciudad de Tarapoto.

### **1.3.1.3 Aspectos Climáticos:**

La zona en estudio se encuentra ubicada en la parte Occidental del flanco Subandino Oriental correspondiente a la Selva Alta, formando parte de la Cuenca Hidrográfica del río Huallaga, donde las características climáticas de esta zona son del tipo tropical, es decir cálido y húmedo.

#### **✓ Precipitación:**

El promedio de precipitación pluvial total anual de este tipo climático, varía entre los 1000 y 1400 mm, con promedio de 1213 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de octubre (a veces setiembre) y abril, siendo siempre marzo el que registra el valor más elevado.

El número de días de lluvia a lo largo del año en esta zona, varía entre 88 y 116. El número de días de lluvia al mes, varía entre un mínimo de 6 y un máximo de 13. Finalmente, el promedio de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. Y un máximo de 13 mm; sin embargo los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanza valores que oscilan entre 87 mm y 170 mm. Siendo la precipitación media anual en la ciudad de Tarapoto de 1213 mm.

✓ **Temperatura:**

Las temperaturas que corresponden a este tipo climático (en base a la información de las estaciones de Tarapoto) fluctúan entre 24.8°C y 26.5°C; esta temperatura es en general mayor en el sector bajo y va disminuyendo aguas arriba del río Cumbaza. El sector más cálido está representado por la estación de Tarapoto, donde los promedios anuales más altos de temperatura alcanzan valores entre 27.1°C (Diciembre) y 27.3°C (Diciembre y Enero) respectivamente, siendo su oscilación media anual muy estrecha, que alcanza valores entre 1.5°C y 1.9°C a lo largo del año. La ciudad de Tarapoto presenta una temperatura máxima de 35°C, y la temperatura mínima registrada es de 13.3°C, con un promedio de 26.2°C.

✓ **Vientos:**

La estación de Tarapoto, registra un viento persistente de dirección Norte de velocidad media de 3.2 Km/hora y, en menor porcentaje de dirección Sur con velocidad media de 6.3 Km/hora, durante todo el año. Existe la ocurrencia esporádica de vientos fuertes acompañados por fuertes precipitaciones, de consecuencias funestas.

✓ **Humedad Relativa:**

La estación de Tarapoto tiene los promedios más bajos 77%. Existen dos periodos lluviosos, uno entre febrero a marzo y otro de septiembre a diciembre, con una precipitación media anual de 1,369.25mm.

**1.3.1.4 Aspecto Hidrológico:**

La ciudad de Tarapoto se encuentra ubicada en la red hidrográfica de la cuenca del Cumbaza. Constituida por el río Cumbaza, como eje principal, siendo sus

afluentes principales por la margen izquierda el río Shilcayo y las quebradas Ahuashiyacu y Pucayacu y por la margen derecha la quebrada Shupishiña. El caudal de estos cuerpos de agua son muy variables durante todo el año y dependen de la intensidad de las lluvias. Así mismo el cambio climático está generando variación en la intensidad y temporalidad de las precipitaciones, reportándose meses de sequía y precipitaciones no acordes a los registros históricos.

#### **1.3.1.5 Aspectos Topográficos.**

La topografía, en forma general, del distrito de Tarapoto, es ondulada con pendientes moderadas, comprendido entre las cotas relativas de 270 msnm y 240 msnm; así mismo las pendientes de la zona del proyecto a intervenir varían entre 0.11% a 11.73%.

#### **1.3.1.6 Situación del Sistema Existente**

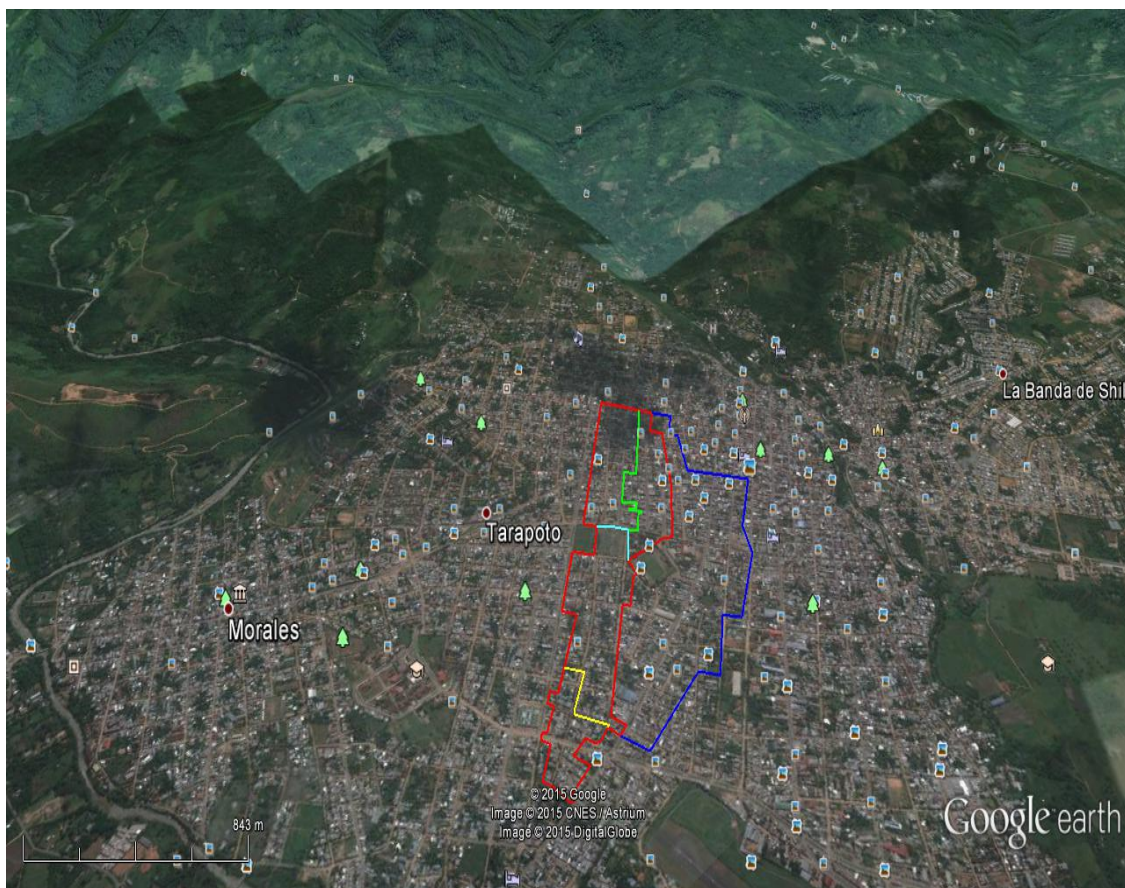
- ✓ Actualmente lo que se puede apreciar dentro del área de influencia del proyecto en mención es que los servicios básicos con los que cuenta esta población directa es: agua potable, desagüe sanitario, energía eléctrica, telefonía, limpieza pública, televisión por cable, educación y salud; no cuenta con un buen sistema de drenaje pluvial ni pavimentado de la vía.
- ✓ El sistema de drenaje superficial se encuentra en condiciones inadecuadas dado que en algunos tramos presenta zanjas profundas y en otros tramos las cunetas y alcantarillas existentes se encuentran lleno de maleza y basura generando malos olores que afectan la salud y tranquilidad de los pobladores.
- ✓ El servicio de transporte terrestre se está dando de manera restringida dado que la vía no presenta las condiciones adecuadas para su utilización, ya que con las constantes lluvias y el inadecuado sistema de drenaje ha provocado que las calles de la zona en estudio se han ido deteriorando constantemente quedando como resultado una pésima superficie de rodadura, esto genera que las vías paralelas se congestionen con el tránsito vehicular.



### 1.3.1.7 Área de Influencia

El área de estudio que comprende la zona de intervención de las vías, que inicia entre la intersección de la cuadra 07 del Jr. Orellana y el Jr. Sinchi Roca, pasando por Jr. América C-02 y Los Ángeles C-06 y 07, prolongación Libertad hasta la intersección con el Jirón Alfonso Ugarte cuadra 15, donde se desarrollara dicho proyecto, y el Área de influencia corresponde y abarca a las vías aledañas en el Distrito de Tarapoto, e indirectamente al Distrito de Morales, quienes de alguna manera serán beneficiados por este proyecto, ubicados dentro la Provincia de San Martín, Departamento de San Martín, el Distrito de Tarapoto se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas  $06^{\circ}31'30''$  de latitud sur y  $76^{\circ}21'50''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 330 m.s.n.m según el Instituto Geofísico Nacional del Perú. Se asienta en la ladera occidental del cerro Escalera, en la cordillera Azul. Último contrafuerte de la cordillera de los Andes en el Perú, antes de que éste dé paso a la presencia del impresionante llano Amazónico.

**Imagen N°04: Sub Cuencas de Drenaje en Área de Estudio**



FUENTE: GOOGLE MAPS

### 1.3.1.8 Población Beneficiada

La población referencial del proyecto, corresponde al distrito de Tarapoto, que es la capital de la provincia de San Martín, región San Martín.

Este distrito, según el censo de población y vivienda - 2007, realizado por el INEI, muestra una población de 68,295 habitantes, los mismos que según la tasa intercensal (**1.60%**) para los periodos 1993 al 2007, proyectadas al año 2015 es de 77,543 habitantes.

**Tabla N°01: Tasa de Crecimiento Estimada**

	2007	1993	
Nombre del Distrito	Población 2007	Población 1993	Tasa de crecimiento
Tarapoto	68,295	54,581	1.60%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

**Tabla N°02: Población Beneficiaria**

Dist.	Prov.	Dpto.	Población (habitantes)								
			Censo								
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tarapoto	San Martín	San Martín	68,295	69,388	70,498	71,626	72,772	73,937	75,120	76,322	77,543

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007

#### ✓ Población Objetivo

La población beneficiaria también llamada objetivo, es la que se encuentra asentada en ambas márgenes de los jirones Sinchi Roca cuerdas 01 al 07, José A. Quiñones cuerdas 01 y 02, pasaje José A. Quiñones, América cuerdas 01,02 y 03, los Ángeles cuerdas 06 y 07, Prolongación Libertad, en la Urbanización nueve de Abril y sector los jardines, distrito de Tarapoto, y a la población que hace uso diariamente de esta vía para lo cual se ha establecido el ingreso diario que realiza las personas beneficiarias hasta el centro de la ciudad, Población de la Institución

Educativa TUPAC AMARU, Institución Educativa Inicial N° 218, Academia PREPOL, Empresa de Transportes y Turismo CAJAMARCA, Empresa de Transporte y Turismo SISA, Empresa de Transportes y Turismo SAN MARTIN, mostrándose en el siguiente cuadro a la población beneficiada:

**Tabla N°03°: Población Objetivo**

<b>POBLACION BENEFICIARIA</b>	<b>POBLACION DIRECTA</b>
Población de Ambas márgenes de las Vía involucradas en el proyecto	1,265.00
I.E Túpac Amaru	855.00
I.E. INICIAL N° 218	124.00
Academia PREPOL	132.00
Población Ingresada Empresa de Transportes y Turismo CAJAMARCA	625.00
Población Ingresada Empresa de Transportes y Turismo SISA	350.00
Población Ingresada Empresa de Transportes y Turismo SAN MARTIN	325.00
Población ingresada a ESSALUD	3,769.00
Población del Distrito Tarapoto (5% del Total)	3,877.00
<b>TOTAL :</b>	<b>11,322.00</b>

Fuente: Equipo Modular

La población objetivo es de 11,322 habitantes (al año 2015), los mismos que radican en los jirones Sinchi Roca cuadras 01 al 07, José A. Quiñones cuadras 01 y 02, pasaje José A. Quiñones, América cuadras 01,02 y 03, los Ángeles cuadras 06 y 07, Prolongación Libertad, en la Urbanización nueve de Abril y sector los jardines, distrito de Tarapoto, dentro los cuales se encuentran 02 Instituciones



Educativas, 03 empresas de Transportes y Turismo, 01 academia Pre Policial, población que accede a ESSALUD, además se considera un 5% de la población del distrito que de una u otra manera serán beneficiados directamente, además se asume que el proyecto beneficiara a toda la población de referencia y a la población de los distritos aledaños ya que en una y otra oportunidad se hará uso de esta vías.

✓ **Características de la Población Afectada**

➤ **Tasa de Crecimiento de la provincia**

El incremento de la población, medido por la tasa de crecimiento intercensal del departamento fue de 3.02% al año 1972, 4.01% al año 1981, 4.66% al año 1993 y de 2.00% al año 2007, de la provincia de san Martin fue de 3.64% al año 1981, de 4.06% al año 1993, y de 2.25% al año 2007 y para el distrito fue de **1.60%** al año de 2007, lo cual confirma la tendencia decreciente debido a la mayor información que reciben los hogares.

➤ **Características de la Vivienda**

En el área de influencia directa del proyecto encontramos un total de 16,492 viviendas, distribuidas en el 99.16% están en el área urbana y solo el 0.84% está en el área rural.

**Tabla N°04: Vivienda por Tipo de área**

<b>CATEGORIAS</b>	<b>CASOS</b>	<b>%</b>
Urbano	16,354	99.16%
Rural	138	0.84%
<b>Total</b>	<b>16,492</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: INEI - CPV2007

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a Resolver**

#### **2.1.1 Antecedentes del Problema**

Ante el considerable crecimiento urbano que se está viviendo en la actualidad en la ciudad de Tarapoto, el aumento de área techada y la disminución de áreas verdes, Consecuencia de esto urge la necesidad de implementar un sistema de drenaje adecuado de las calles de la ciudad.

Debido a que las calles del distrito de Tarapoto no cuentan con un buen sistema de drenaje pluvial esto provoca que en época lluviosa se agrave más la situación, ya que la zona en estudio por encontrarse en una parte baja las aguas pluviales escurren en gran volumen y rapidez por dichas calles ocasionando su deterioro e intransitabilidad, incluso se llega afectar inundando viviendas contiguas a las calles.

Por los aspectos presentados anteriormente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que resuelva los problemas que presenta las condiciones actuales de las calles de la urbanización nueve de abril y sector los jardines , mediante la Propuesta de un sistema de drenaje pluvial. Utilizando todos los parámetros técnicos necesarios para presentar un soporte de los cálculos, de tal manera contribuir a mejorar la calidad de vida de la población.

#### **2.1.2 Planteamiento del Problema**

Las vías involucradas en el proyecto presenta una superficie de rodadura a nivel de afirmado y terreno natural, en muy mal estado de conservación con huecos y zanjas en su capa de rodadura producto de las escorrentías de la lluvia, existen tramos en la cual se puede apreciar grandes zanjas que en muchos casos son profundas y que poco a poco van disminuyendo el ancho original de calzada destinado al tránsito de vehículos, tornándose en peligro latente para todos los pobladores y usuarios que día a día tienen que cruzar estas zanjas por pequeños puentes de madera contruidos provisionalmente para ingresar a sus viviendas .

Otro problema que se genera, son los grandes charcos de agua que se forman producto de la basura que algunas personas inescrupulosas arrojan en los costados de esta zanja, generando malos olores y focos infecciosos, deteriorando la salud de los pobladores de esta zona; así mismo provoca enfermedades respiratorias sobre todo en los niños menores, los alumnos de las Instituciones Educativas identificadas y; si a todo esto se añade el crecimiento urbano desordenado, ya sea por factores migratorios o las deficientes políticas orientadas al crecimiento urbanístico, esto muestra un panorama propicio para realizar transformaciones que beneficien de manera directa e indirecta a la comunidad en su conjunto, y en forma específica a los beneficiarios directos de la zona del presente Proyecto.

### **2.1.3 Delimitaciones del Problema.**

Se ha previsto la delimitación geográfica a nivel distrital, la delimitación se ha realizado tomando en cuenta que el proyecto podrá servir, influenciar o modificar el comportamiento socioeconómico del ámbito de estudio.

Los servicios con que cuenta esta población es: agua potable, desagüe sanitario, energía eléctrica, telefonía, limpieza pública, televisión por cable, educación y salud; no cuenta con un buen sistema de drenaje pluvial ni pavimentado de la vía.

El área de estudio que comprende el emplazamiento de las vías, se encuentra ubicada entre el cementerio General de la ciudad de Tarapoto y la zona de la vía de Evitamiento cerca de la intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.

El proyecto está comprendido entre las coordenadas geográficas siguientes:

#### **Jr Sinchi Roca Inicio C-01:**

Latitud Sur : 6°29'12"

Longitud Oeste : 76°22'4"

#### **Prolongación Libertad final C-01**

Latitud Sur : 6°29'38"

Longitud Oeste : 76°22'37"

#### **2.1.4 Formulación del Problema a Resolver**

Debido a los daños causados por los diferentes fenómenos naturales, como las precipitaciones pluviales las cuales propician la incomodidad e inseguridad de los pobladores de dichos sectores.

Es así que a raíz de que la ciudad de Tarapoto, específicamente en la urbanización Nueve de Abril y sector los jardines, no cuenta con un buen sistema de drenaje pluvial es que surge la siguiente pregunta:

**¿El diseño de un Sistema de Alcantarillado Pluvial Urbano para la Urbanización Nueve de Abril y Sector los Jardines del distrito de Tarapoto, mejorará la transitabilidad y calidad de vida de la población de dicha zona?**

### **2.2 Objetivos**

#### **2.1 Objetivo General**

- Realizar el diseño hidráulico y estructural, del sistema de alcantarillado pluvial urbano para mejorar el tránsito tanto peatonal y vehicular en la urbanización Nueve de Abril y sector los jardines distrito de Tarapoto.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico de la zona del proyecto.
- Realizar el estudio de suelo correspondiente.
- Desarrollar el estudio hidrológico en la zona.
- Determinar los caudales de diseño de las obras de drenaje pluvial.
- Ubicación y diseño hidráulico de cunetas y/o alcantarillas.
- Desarrollar el diseño estructural de cada una de las obras de drenaje.
- Planteamiento de la red de flujo para aguas pluviales.

### **2.3 Justificación de la Investigación**

El presente estudio se justifica debido a la necesidad de dar solución al estado actual de las calles y problemática del drenaje pluvial en la urbanización nueve de abril y sector los jardines, mediante la propuesta de un sistema de drenaje pluvial,

ya que en la actualidad no existe estudio alguno, por lo cual es necesario el diseño de su respectivo sistema de drenaje pluvial para facilitar una adecuada transitabilidad vehicular y peatonal además de la conducción de las precipitaciones de manera segura, para evitar los daños que estas aguas puedan ocasionar a las propiedades de la población en estudio.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje pluvial en el sector de la urbanización nueve de abril y sector los jardines será de gran impacto para la población, por cuanto se verán mejorados su estilo y calidad de vida, de manera que en épocas de ciclos lluviosos no se verán afectados por eventualidades relacionadas con el libre escurrimiento superficial por ese sector, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por las vías internas de la zona.

De igual manera, el presente estudio servirá de referencia a futuras investigaciones relacionadas con los sistemas de alcantarillado pluvial urbano en el distrito de Tarapoto y/o de cualquier zona que se desee estudiar.

## **2.4 Delimitación de la Investigación**

La presente investigación se desarrollará en el campo del diseño de obras de drenaje pluvial urbano, el cual tiene como objetivo evitar el ingreso de agua a las viviendas y el deterioro masivo del afirmado de las calles de la zona urbana de la Urbanización Nueve de Abril y Sector los Jardines en época de frecuentes precipitaciones.

## **2.5 Marco Teórico**

### **2.5.1 Antecedentes de la Investigación**

➤ **Cibrián Fernández. (2009)<sup>1</sup>**, menciona los antecedentes sobre la problemática que se ha venido acarreado con los sistemas de drenaje pluvial desde su origen. En el mismo, se mencionan los acontecimientos que originaron el uso que tiene en la actualidad este sistema. Los dos problemas primordiales sobre los sistemas de drenaje pluvial, como lo son la cantidad y calidad de los

---

<sup>1</sup> CIBRIÁN FERNÁNDEZ Irving. (2009). en su tesis "reducción de escurrimientos pluviales mediante la utilización de pavimentos de concreto permeable" CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.pag.2.

escurrimientos pluviales que se descargan al sistema, son abordados; también se hace mención sobre sus consecuencias más recurrentes.

➤ **Granda Acha. (2013)<sup>2</sup>**, Hace referencia que uno de los grandes desafíos que tiene el sector saneamiento es satisfacer la creciente demanda para la evacuación de aguas pluviales y el tratamiento de las mismas; tomando en cuenta la acelerada ocupación territorial y urbanismo, así como la presencia de “El niño” cada vez más frecuente. En la actualidad existen numerosos modelos numéricos que simulan el evento lluvia esorrentía. Estos modelos constituyen una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones en los proyectos de drenaje urbano; por lo que es una necesidad sumar dichas herramientas a la gestión de manera correcta, es decir conocer las hipótesis en que se basan los métodos de cálculo, las fórmulas que se utilizan, los parámetros que se requieren para los cálculos internos, todo esto para evitar errores de convergencia y asimismo permitir el análisis de los resultados.

➤ **Chávez Iglesias. (2010)<sup>3</sup>**, Indica que debido al crecimiento acelerado de la ciudad y la falta de infraestructura de drenaje pluvial de las calles que no brinda un normal desarrollo de la actividad urbana, producida por precipitaciones pluviales que originan inundaciones, no cuenta con una infraestructura de eliminación rápida y eficaz de aguas pluviales, convirtiendo forzosamente las calles en canales abiertos de evacuación pluvial inundando viviendas y colapsando alcantarillas, a consecuencia de esto urge la necesidad de implementar un sistema de drenaje adecuado de las calles de la ciudad.

## **2.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación.**

### **2.5.2.1 Sistema de Alcantarillado Pluvial Urbano**

Castro Fresno<sup>4</sup>, indica que se entenderá por sistemas de alcantarillado pluvial urbano un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en

---

<sup>2</sup> GRANDA ACHA Rudy Rolandy. (2013), en su tesis “ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URB. ANGAMOS” Piura.

<sup>3</sup> CHAVEZ IGLESIAS Alan Ángel. (2010), en su tesis “Diseño de drenaje pluvial de la localidad de Pilluana provincia de picota región San Martín.

<sup>4</sup> CASTRO FRESNO Daniel, drenaje urbano superficial de aguas, pág. 20-21.

las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana; es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos.

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente las originadas de las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas, pero discurran a través de la ciudad bien sea por cauces naturales, conductos artificiales simplemente a lo largo de su superficie.

### **2.5.2.2 Aguas Pluviales**

Son aguas de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de estas aguas es drenada o se infiltra y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos o desechos.

En muchas localidades no se realiza la diferenciación entre alcantarillado sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado combinadamente al mismo destino causando que los desechos se junten todos.

### **2.5.2.3 Tipos de precipitaciones pluviales**

Las precipitaciones pueden ser clasificadas de acuerdo con las condiciones que producen movimiento vertical del aire:

Convectivas, orográficas y de convergencia.

### **2.5.2.4 Escorrentía Superficial**

Castro Fresno<sup>5</sup> considera que la escorrentía superficial viene a ser el caudal que fluye sobre el terreno y sobre las edificaciones es decir, la porción que no ha sido absorbida por el suelo o infiltrado, ni se ha evaporado a la atmósfera, y es por tanto la parte que interesa evacuar. Es el aspecto más palpable del problema pluvial, sin embargo este fenómeno es el menos estudiado y el más complejo de analizar.

Diferentes autores han hecho pruebas en maquetas y mediciones “in situ” para determinar un modelo matemático que represente al movimiento del agua sobre el terreno. Los estudios realizados se han enfocados principalmente a grandes

---

<sup>5</sup> Castro Fresno Daniel, drenaje urbano superficial de aguas, pág. 21

extensiones de terreno para dar soluciones a grandes cuencas. Estos resultados no son aplicables a zonas urbanas con área de captación pequeña, especialmente en los casos de pendientes pronunciadas y cuando se presenta condiciones irregulares, como pueden ser, la existencia de obstáculos urbanísticos, edificaciones y calles que no siguen la dirección del flujo natural del agua.

Las variables más importantes que afectan los escurrimientos superficiales, son el coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración, variables que se representan con las letras “c” y “Tc”.

#### **2.5.2.5 Factores que influyen en la formación de caudales o escorrentía superficial<sup>6</sup>.**

##### **2.5.2.5.1 La Duración (t).**

Es el período de análisis. Las lluvias de corta duración, conocidas también como tormentas, son eventos que por lo general tienen duraciones entre 5 minutos y 24 horas, y se utilizan para el cálculo de crecientes.

##### **2.5.2.5.2 La Intensidad (i).**

Se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo. Se expresa en milímetros por hora (mm/h).

Para poder diseñar las obras hidráulicas, es necesario conocer los datos de caudales de las escorrentías superficiales, sin embargo en la práctica no se dispone de registros de caudales extremos, motivo por el cual de manera tradicional se utiliza la información de pluviosidad para estimar las crecidas de los cauces a una determinada frecuencia.

Solamente se cuenta con precipitaciones máximas en unos registros de 24 horas; las mismas que deben ser sometidos a un tratamiento que permita conocer su distribución temporal de acuerdo a lo siguiente:

#### **Modelo de Dick y Peschke.**

Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente<sup>7</sup>:

---

<sup>6</sup> El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, pág. 34



$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (F.1)$$

Dónde:

Pd = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P<sub>24h</sub> = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

**Modelo de Frederich Bell**

Este modelo permite calcular la lluvia máxima asociada a un periodo de retorno y una duración de tormenta, usando como valor índice la lluvia de una hora de duración y 10 años de periodo de retorno.

La expresión es la siguiente<sup>8</sup>:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54.t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10} \dots\dots\dots (F.2)$$

Dónde:

t = duración en minutos

T= periodo de retorno en años

P<sub>t</sub><sup>T</sup> = (precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P<sub>60</sub><sup>10</sup> = precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

Relación válida para duraciones de lluvia (t) comprendidas entre 5 y 120 minutos y periodos de retorno entre 2 y 100 años.

El valor de P<sub>60</sub><sup>10</sup>, puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

---

<sup>7</sup> El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, pág. 35

<sup>8</sup> El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, pág. 35

$$I = a. P_{24}^b$$

I: intensidad máxima, en mm/h

a, b : parámetros del modelo

$P_{24}$  = precipitación máxima en 24 horas

### Intensidad Máxima

Se pueden calcular indirectamente, mediante la siguiente relación<sup>9</sup>:

$$I = \frac{K T^m}{t^n} \dots\dots\dots(F.3)$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm / min.)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Aparicio (1997)<sup>10</sup>, señala que esta expresión permite generar las curvas IDF a través de un modelo de regresión lineal, pudiéndose extrapolar la ecuación generada, a zonas que carecen de registros pluviográficos y que se encuentran relativamente cerca.

Para obtener una expresión con la forma de un modelo de regresión lineal múltiple, se aplicaron logaritmos a la ecuación anterior, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Log } I = \text{log } k + m \text{ log } T - n \text{ log } t \dots\dots\dots (F.4)$$

O de otra manera:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \dots\dots\dots (F.5)$$

<sup>9</sup> El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, pág. 38

<sup>10</sup> Aparicio F. J., Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996). "Fundamentos de Hidrología de Superficie". Pag.20

Dónde:

$$y = \log I \quad a_0 = \log k$$

$$x_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$x_2 = \log t \quad a_2 = -n$$

**2.5.2.5.3 La Frecuencia (f).**- Es una medida de la probabilidad de ocurrencia de eventos mayores o iguales que el que se analiza. Generalmente se relaciona con el período de retorno ( $T_r$ ). Por ejemplo, el aguacero que tiene una frecuencia del uno por mil tiene una probabilidad de ser igualado o excedido una vez cada mil años en promedio. Para este aguacero el período de retorno es de mil años<sup>11</sup>.

**2.5.2.5.4 La Variación temporal.**- Está representada por el histograma de la lluvia. La duración del aguacero se divide en "n" intervalos iguales, y a cada intervalo le corresponde una parte de la precipitación total.

#### **2.5.2.5.5 Tiempo de Concentración ( $T_c$ )<sup>12</sup>:**

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$t_c = t_o + t_f \dots\dots\dots(F.6)$$

Dónde:

$t_o$ : tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

$t_f$ : tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés  $= \sum L_i / V_i$ .

En ese contexto, de acuerdo a las formulas recomendadas, por los manuales del MTC y el la Norma 060 del RNE, se tiene lo siguiente:

<sup>11</sup> Aparicio F. J., Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996). "Fundamentos de Hidrología de Superficie".pag.22

<sup>12</sup> Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC,pag.38

**Tabla N°05: Métodos para cálculo de tiempo de concentración**

MÉTODO	FÓRMULA PARA tc (minutos)	DATOS
Kirpich	$tc = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$	L= Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S= Pendiente promedio de la cuenca, m/m
California Culverts Practice	$tc = 0.0195(L^3/H)^{0.385}$	L= Longitud del curso de agua más largo, m. H= Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y la salida, m.
Federal Aviation Administración	$tc = \frac{0.7035(1.1 - C).L^{0.50}}{S^{0.333}}$	C = Coeficiente de escorrentía del método Racional L= Longitud del flujo superficial. m S= Pendiente de la superficie, m/m
Ecuación de Retardo SCS	$tc = \frac{0.0136.L^{0.8}(1000/CN - 9)^{0.7}}{S^{0.5}}$	L = Longitud Hidráulica de la cuenca de mayor trayectoria de flujo, m. CN= Numero de curva SCS S= Pendiente Promedio de la cuenca, m/m
Ecuación de George Rivero	$tc = \frac{0.016.L}{(1.05 + 0.2P)(100, S)^{0.04}}$	L = Longitud del cauce principal, m. S= Pendiente Promedio de la cuenca, m/km p = Relación entre área cubierta de vegetación A

Fuente: Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC

### 2.5.2.5.6 Período de retorno<sup>13</sup>:

Se denomina Período de Retorno “T”, al tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años.

El período de retorno está íntimamente ligado a la importancia de la obra. Así, para efectos de diseño, el valor de Tr se selecciona de acuerdo a estándares de diseño o por juicio especializado.

Se recomiendan algunos valores de Tr para algunas estructuras, siendo los siguientes:

<sup>13</sup> Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Libro Hidrología Aplicada Diseño Hidrológico, Capítulo 13.

**Tabla N°06: Criterios de Diseño Generalizados para estructuras de Control de Agua.**

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Periodo de Retorno en Años (T)</b>
<b>Alcantarillas de Carreteras</b>	
Volúmenes de Tráfico Bajos	5 - 10
Volúmenes de Tráfico Intermedios	10 - 25
Volúmenes de Tráfico Altos	50 - 100
<b>Puentes de Carreteras</b>	
Sistema Secundario	10 - 50
Sistema Primario	50 - 100

Fuente: Ven Te Chow, "Hidrología Aplicada Diseño Hidrológico"

#### **2.5.2.5.7 Coeficiente de Escorrentía (c)**

El Coeficiente de escorrentía (c) es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitada, en un intervalo de tiempo determinado.

Los valores que se recomiendan para el coeficiente de escurrimiento son los siguientes<sup>14</sup>:

**Tabla N° 07: Coeficientes de Escorrentía para ser utilizado en el Método Racional**

<b>CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE</b>	<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>						
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>
<b>AREAS URBANAS</b>							
ASFALTO	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
CONCRETO/TECHOS	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

<sup>14</sup> Diario el peruano, NORMA OS 060 DRENAJE PLUVIAL URBANO pág. 04, 8 junio 2006

Zonas verdes (jardines, parques, etc.) condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano de 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio de 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75 % del área)							
Plano de 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio de 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano de 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio de 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano de 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio de 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano de 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio de 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano de 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio de 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Diario el Peruano, Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano pág. 22

### 2.5.2.6 Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos<sup>15</sup>

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad. En el anexo se ha desarrollado las pruebas

<sup>15</sup> Fundamentos de Hidrología de superficie”, Aparicio (1996), pág.279

de Chi cuadrado Normal, Chi Cuadrado Log Normal y el de Smirnov – Kolgomorov, siendo este último el que detallaremos en el presente trabajo.

### Prueba de Ajuste de Smirnov – Kolgomorov

Consiste en comparar las diferencias existentes entre la probabilidad de los datos agrupados y la probabilidad ajustada, tomando la distancia más grande entre el valor observado y la recta del modelo.

$$D = \text{Max} /F(X) - P(x)/ \dots\dots\dots (F.7)$$

Dónde:

D = Es el estadístico, diferencia máxima entre profundidad ajustada empírica

F(X) = Probabilidad de la bondad de ajuste

P(x) = Probabilidad de los datos agrupados

$$P[\text{Max}/F(x) - P(x)/ > D ] = \alpha$$

Además se tiene que:

**Tabla N°08: Valores críticos para la prueba Kolmogorov-Smirnov de bondad y ajuste**

Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.224 / \sqrt{n}$	$1.358 / \sqrt{n}$	$1.628 / \sqrt{n}$

Fuente :“Fundamentos de Hidrología de superficie”, Aparicio (1992)

### **2.5.2.7 Obras de Drenaje.**

El objetivo de las obras de drenaje es el de conducir las aguas de escorrentía, o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final.

En su diseño existen tres componentes básicas: Las condiciones de diseño de estas componentes dependen de las características propias de cada sistema de drenaje.

Por eso BALLESTER<sup>16</sup> considera estos tres componentes que son:

#### **2.5.2.7.1 Entrada a la Red de Drenaje.**

- ✓ *Canales interceptores.*
- ✓ *Canales recolectores.*
- ✓ *Cunetas, sumideros y alcantarillas.*

#### **2.5.2.7.2 Conducción de las Aguas de Drenaje.**

Con pocas excepciones las aguas de drenaje se transportan por corrientes naturales o por canales, que son conductos a superficie libre, abiertos o cerrados.

#### **2.5.2.7.3 Estructuras de Entrega.**

Los canales de conducción de un sistema de drenaje pueden descargar en otros conductos mayores, en corrientes naturales o en almacenamientos concentrados.

Si se trata de descarga a ríos, por ejemplo, la margen que recibe el caudal de drenaje deberá tener una protección en gaviones o piedra pegada que evite su deterioro. A su vez, si la parte final de la conducción queda localizada en una zona inundable, deberán tomarse las medidas del caso para asegurar la estabilidad de las estructuras de drenaje, y su óptimo funcionamiento hidráulico.

#### **2.5.2.8 Caudales Máximos de Diseño.**

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgo, vulnerabilidad, importancia y costo de obra y muchos otros más.

---

<sup>16</sup> Ballester Muñoz Francisco, manual de drenaje, caminos, canales y puertos edición 2005, pág. 31



La Norma OS - 060 del RNE, drenaje Pluvial Urbano del RNE, establece que los caudales de diseño para los sistemas de drenaje menor urbanos, deben ser calculados por el Método Racional, si el área de la cuenca es igual o menor a 13 km<sup>2</sup>. Y por método de Hidrograma Unitario o modelos de simulación para área de cuencas mayores<sup>17</sup>.

#### **2.5.2.9 Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje.**

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje longitudinal y transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido (material de arrastre y basura en nuestro caso) que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente, por lo tanto un buen diseño de drenaje, requiere de una razonable exactitud en la predicción de las escorrentías máximas para determinados intervalos de ocurrencia.

##### **2.5.2.9.1 Premisas para el Diseño**

Las Premisas para el estudio hidráulico son las siguientes:

###### **2.5.2.9.1.1 Características topográficas**

Este aspecto es de mucha importancia en el diseño, dado que las condiciones topográficas del terreno nos permite determinar el tipo, características de la obras de arte en relación con las calles y viviendas existentes, a fin de no generar problemas de accesibilidad o de peligro a los transeúntes.

###### **2.5.2.9.1.2 Estudio de cuencas hidrográficas**

La evaluación de las cuencas hidrográficas nos permite conocer los aportes de caudal de la cuenca así como de las cuencas que confluyen a la misma, estableciéndose con ello, un planteamiento hidráulico adecuado para el funcionamiento de todo el sistema de drenaje en la zona de estudio<sup>18</sup>.

###### **2.5.2.9.1.3 Características del cauce**

Las características del cauce, nos permite determinar el tipo de estructura a colocar de tal manera de cumplir con los requerimientos hidráulicos de la cuenca.

---

<sup>17</sup> Norma OS - 060 del RNE, drenaje Pluvial Urbano, pag.19

<sup>18</sup> CONDORI LUQUE HARVEY, 2004, DISEÑO DE CANALES pag.11

#### **2.5.2.9.1.4 Datos de crecidas**

Esta información conjuntamente con la pendiente de diseño adoptado, nos permite determinar la sección hidráulica adecuada para la estructura.

#### **2.5.2.9.1.5 Evaluación de obras de drenaje existentes**

Este aspecto es de importancia fundamental para el diseño hidráulico de las alcantarillas porque nos da una idea clara y real de cómo ha estado funcionando la estructura a lo largo de su vida.

Del mismo modo, producto de la evaluación hidráulica, estructural y arquitectónica que se realizan a las obras de drenaje existentes, nos permitirá determinar conocer a detalle, cuáles de estas estructuras podrán seguir formando parte del sistema de drenaje proyectado, razón por la cual, de ser pertinente su utilización, las condiciones topográficas existentes, tanto para entrada y salida de las estructuras, son condicionantes obligatorios a ser tomados en cuenta en el diseño de las obras hidráulicas nuevas.

#### **2.5.2.9.1.6 Evaluación de interferencias existentes**

Este aspecto es también de mucha importancia que muchas veces condiciona el diseño geométrico tanto en planta como en perfil de las estructuras hidráulicas a construirse, la interferencia más notorias son las relacionadas con el sistema de desagüe de las viviendas recientemente construida, sin tener en consideración el sistema de drenaje pluvial.

Además de los postes de energía eléctrica, lo cual también condiciona el diseño en planta de algunos tramos de las alcantarillas de drenaje pluvial.

#### **2.5.2.9.2 Calculo Hidráulico en el diseño de las obras de drenaje<sup>19</sup>**

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning, para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación:

---

<sup>19</sup> Ballester Muñoz Francisco, manual de drenaje, caminos, canales y puertos edición 2005, pág. 29

$Q_d > Q_m$

Dónde:

$Q_m$  = Descarga máxima proyectada en m<sup>3</sup>/seg. (Método Racional)

$Q_d$  = Descarga de diseño de la obra en m<sup>3</sup>/seg.

$$Q_m = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots (F.8)$$

Dónde:

$Q$  = Cantidad de descarga, en m<sup>3</sup>/s.

$A$  = Área de la sección transversal del cauce, en m<sup>2</sup>.

$R$  = Radio hidráulico, en m = ( $A/P$ )

$P$  = Perímetro mojado, en m.

$S$  = Pendiente longitudinal de la cuneta, en m/m

$n$  = Coeficiente de Rugosidad.

### **2.5.2.10 Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial**

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades, en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvia, iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, debe contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias, de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes.<sup>20</sup>

### **2.5.2.11 Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje**

**Por norma O.S 060 DRENAJE URBANO<sup>21</sup>:**

#### **2.5.2.11.1 Consideraciones del caudal de diseño.**

✓ Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados:

<sup>20</sup> Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2016/ Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial/ Pág. 154

<sup>21</sup> El Peruano, 2006, Norma OS. 060, pág. 56

1. Por el Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km<sup>2</sup>.
2. Por el Método de Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación para área de cuencas mayores de 13 Km<sup>2</sup>.

#### **2.5.2.11.2 Captación de aguas pluviales en edificaciones**

Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; mas con la finalidad de garantizar la estabilidad de las estructuras de la edificación, estas aguas deberán ser evacuadas a los jardines o suelos sin revestir a fin de poder garantizar su infiltración al subsuelo.

Si esta condición no es posible deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada.

##### **2.5.2.11.2.1 Criterios para evacuación de las aguas almacenadas en azoteas:**

SEGÚN NORMA OS 060 DRENAJE URBANO<sup>22</sup> Para la evacuación de las aguas pluviales almacenadas en azoteas se utilizarán montantes de 0.05m. De diámetro como mínimo y una ubicación que permita el drenaje inmediato y eficaz con descarga a jardines o patios sin revestimiento.

##### **2.5.2.11.2.2 Criterios para evacuación de las aguas pluviales de las viviendas**

Estas aguas deberán ser evacuadas hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada para lo cual, se debe prever la colocación de ductos o canaletas de descargas sin tener efectos erosivos en las cunetas que corren a lo largo de las calles.

#### **2.5.2.11.3 Captación en zona vehicular - pista**

Para la evacuación de las aguas pluviales en calzadas, veredas y las provenientes de las viviendas se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

##### **2.5.2.11.3.1 Orientación del Flujo**

En el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (Sl) y transversales (St) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes do la calzada.

Las pendientes a considerar son:

---

<sup>22</sup> El Peruano, 2006, Norma OS. 060, pág. 56

Pendiente Longitudinal (Sl) > 0,5%.

Pendiente Transversal (St) de 2% a 4%

### **2.5.2.11.3.2 Captación y Transporte de aguas Pluviales de calzada y aceras**

La evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizará mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

#### **a. Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales.**

- Sección Circular.
- Sección Triangular.
- Sección Trapezoidal.
- Sección Compuesta.
- Sección en V.

#### **b. Determinación de la capacidad de la cuneta**

La capacidad de las cunetas depende de su sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construyan.

La capacidad de conducción se hará en general utilizando la Ecuación de Manning.

El ancho máximo T de la superficie del agua sobre la pista será:

- En vías principales de alto tránsito: Igual al ancho de la berma.
- En vías secundarias de bajo tránsito: Igual a la mitad de la calzada.

#### **b.1. Coeficiente de rugosidad**

NORMA OS 060 DRENAJE URBANO<sup>23</sup> La tabla N° 1 muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondientes a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

---

<sup>23</sup> El Peruano, 2006, Norma OS. 060, pág. 04

**Tabla N° 09: coeficientes de rugosidad de Manning**

1. Cunetas de las Calles	Coeficiente de Rugosidad N
a. <b>Cuneta de Concreto con acabado paleteado</b>	0,012
b. <b>Alcantarilla de concreto armado, con acabado sin pulir</b>	0.016
c. <b>Alcantarilla de concreto armado, sin acabado</b>	0.017
d. <b>Pavimento Asfáltico</b>	
1. Textura Lisa	0,013
2. Textura Rugosa	0,016
e. <b>Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico</b>	
1. Liso	0,013
2. Rugoso	0,015
f. <b>Pavimento de Concreto</b>	
1. Acabado con llano de Madera	0,014
2. Acabado escobillado	0,016
g. <b>Ladrillo</b>	0,016
h. <b>Para cunetas con pendiente pequeña</b> , donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0,002

Fuente: NORMA OS 060 DRENAJE URBANO pág. 04

### 2.5.2.12 Consideraciones para el pre dimensionamiento de los canales<sup>24</sup>.

#### a) Tirante (y)

Es la distancia vertical, desde el fondo del canal hasta la superficie del flujo.

#### b) Tirante normal (yn)

Es el tirante del flujo en equilibrio que existe en el canal. Se puede calcular mediante tanteos con la siguiente ecuación de Manning.

$$A R^{2/3} = Q \cdot S^{1/2} / n$$

Dónde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Arrea hidráulica (m<sup>2</sup>)

<sup>24</sup> MERRITT, Frederic S., "Manual del Ingeniero Civil", Volumen III, Pág. 21-46

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente a la línea de energía (m/m)

### c) Tirante Crítico ( $y_c$ )

Es el tirante hidráulico que existe cuando el caudal es el máximo para una energía específica dada, o el tirante al que ocurre un caudal determinado con la energía específica mínima<sup>25</sup>.

El número fround (F) determina la condición del flujo así:

Sí,

F = 1 Existe flujo critico

F > 1 Existe flujo supercrítico

F < 1 Existe flujo subscrito

Luego:

$$F = V \sqrt{\frac{g \cdot A}{T}} \dots\dots\dots(F.11)$$

Dónde:

V = velocidad media de la sección (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m2 /s)

A = área hidráulica de la sección (m2)

T = Espejo de agua (m)

### d) Talud en Cunetas (Z)<sup>26</sup>

Es la inclinación de las paredes de los canales que dependen de la geología de los terrenos que atraviesan.

En el siguiente cuadro se muestra los taludes recomendables:

---

<sup>25</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter, "Infraestructura de Riego", Parte I, Pág. 26

<sup>26</sup> ROSELL CALDERÓN, Cesar Arturo, "Irrigación", Pág. 149

**Tabla N° 10: Taludes Recomendables (Horizontal: Vertical)**

<b>Para Cortes en:</b>	<b>Talud</b>
Conglomerado	1:1
Suelos arcillosos	1:1
Suelos areno – limosos	1.5:1
Suelos arenosos	2:1
Suelos arenosos sueltos	3:1
Roca alterada suelta	0.5:1
Roca sana	0.25:1
<b>Para rellenos:</b>	
Tierra vegetal, arcilla	1.5:1
Suelo arenoso	3:1

**Fuente: Cesar Arturo Rosell Calderón, COLECCIÓN EL INGENIERO CIVIL CAPITULO DE INGENIERO CIVIL, TOMO 14 "IRRIGACIÓN", Pág. 150**

**e) Ancho de Solera (b)<sup>27</sup>**

Viene a ser la base del canal. Resulta muy útil para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, con lo cual se pueden manejar con facilidad las fórmulas para calcular los tirantes.

Una forma práctica de fijar el ancho de solera se basa en el caudal, como se muestra en siguiente cuadro:

**Tabla N° 11: Ancho de Solera (b)**

<b>Caudal Q (m / s )</b>	<b>Solera b (m )</b>
Menor de 0.1	0.30
Entre 0.1 y 0.2	0.50
Entre 0.2 y 0.4	0.75
Mayor de 0.4	1.00

**Fuente: Ing° Walter Morales Uchofén, Infraestructura de Riego, Pág.46**

<sup>27</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter. "Infraestructura de Riego" , Parte I, Pág. 46



### f) Borde Libre (f)

Es la distancia vertical entre la superficie del flujo para el tirante normal y la corona de los bordos del canal. Se deja este desnivel como margen de seguridad al canal con el objeto de evitar desbordamientos.<sup>28</sup>

Cuando el caudal es menor de 2.00 m<sup>3</sup>/s es suficiente 0.3 m. el Bureau of Reclamación utiliza (canales mayores a 2.00 m<sup>3</sup>/s) para canales con régimen supercrítico la fórmula<sup>29</sup>.

$$f = 0.60 + 0.0037v^3y^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots F.12$$

**Tabla N° 12: Borde Libre con relación al caudal**

Q(m <sup>3</sup> /s)	f(m)
Menor de 0.50	0.30
Mayor de 0.50	0.40

Fuente: Morales Uchofén, INFRAESTRUCTURA DE RIEGO-PARTE I, Pág. 46

**Tabla N° 13: Borde Libre con relación al ancho de solera**

b(m)	f(m)
Hasta 0.80	0.40
0.80 – 1.50	0.50
1.50 – 3.00	0.60

Fuente: Morales Uchofén, INFRAESTRUCTURA DE RIEGO-PARTE I, Pág. 47

### g) Velocidad (v)<sup>30</sup>

En el diseño de canales, la velocidad es un parámetro que es necesario verificar de tal manera que estén en un rango cuyos límites son los que se muestra en las tablas siguientes.

#### ➤ Velocidad Mínima (V<sub>mín.</sub>)

Que no produzcan sedimentación (depósitos de materiales sólidos en suspensión), valores experimentales se indican a continuación en la tabla N° 14, velocidades menores, disminuyen la capacidad de conducción del canal:

<sup>28</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter. "Infraestructura de Riego" , Parte I, Pág. 46

<sup>29</sup> ROSELL CALDERÓN, Cesar Arturo, "Irrigación", Pág. 154

<sup>30</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter. "Infraestructura de Riego" , Parte I, Pág. 48

**Tabla N° 14: Criterios de Velocidades Mínimas (V<sub>mín</sub>)**

<b>Fuente</b>	<b>V<sub>mín</sub>.</b>
Frederic S. Merritt, MANUAL DEL INGENIERO CIVIL-volumen II, Pág. 22-8 Y para alcantarillado pluvial	2 pies/s(0.61 m/s) 3 pies/s(0.91 m/s)
CAPECO, REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES, Pág. 485-secc. S.124.2	0.60 m/s
Cesar Arturo Rosell Calderón, IRRIGACIÓN del Capítulo de Ingeniería Civil – Consejo Departamental de lima. Tomo 14, Pág. 147-148  Dónde:  $\beta$ = coeficiente que depende del material en suspensión (ver cuadro N° 08).  y = altura del agua en metros.	$\beta.y^2$
Ricardo Alfredo López Cualla, DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, Pág. 319  - Según la Empresa de Acueductos de Bogotá.  - Otras normas.	1.0m/s 0.80 – 0.90 m/s
Máximo Villón Vejar, Programa H canales para Windows, versión 2.0	0.30 m/s

**Fuente: elaboración propia.**

**Tabla N° 15: Valores Coeficiente de Escurrimiento ( $\beta$ )<sup>31</sup>**

<b>Material transportado.</b>	<b>Valor</b>
Arcilla muy fina.	0.53
Arena muy fina.	0.58
Barro arenoso.	0.64
Arcilla gruesa.	0.70

**Fuente: Morales Uchofén, INFRAESTRUCTURA DE RIEGO-PARTE I, Pág. 50**

<sup>31</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter. "Infraestructura de Riego" , Parte I, Pág. 50

### ➤ **Velocidad Máxima (V<sub>máx.</sub>)**

Que no produzcan erosión en las paredes y fondo del canal, valores que sobrepasan las velocidades máximas permisibles, modifican la rasante y crean dificultades al funcionamiento de las estructuras que tenga el canal. Valores experimentales indican velocidades máximas recomendadas, según las tablas del N° 16 al N° 19. Verificar que las velocidades de diseño, estén comprendidas entre los límites indicados<sup>32</sup>.

**Tabla N° 16: Velocidades Máximas permisibles**

<b>Material</b>	<b>V<sub>máx</sub> (m/s)</b>
Revestido de concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con Concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0
Terreno revestido de zacate	0.9 – 1.0
Terreno arcilloso	0.8 – 0.9
Terreno arenoso	0.5 – 0.7

Fuente: Máximo Billón Béjar, HCANALES para Windows, Versión 2.0

### **h) Caudal de diseño<sup>33</sup>**

Es el caudal máximo de escorrentía a utilizar en el diseño hidráulico de las estructuras. El caudal se define como el volumen de agua por unidad de tiempo; se expresa en m<sup>3</sup>/seg., lts/seg, etc.

## **2.5.2.13 MECANICA DE SUELOS**

### **2.5.2.13.1 Tipos de suelo:**

Un factor de suma importancia en el diseño, es el suelo, el cual siempre confina las paredes de la estructura, además de que también juega un papel relevante sobre la losa superior de la alcantarilla, ya que es sobre esta que se le coloca el relleno a la estructura. Por ello, el suelo debe soportar tanto la estructura como las sobrepresiones en las paredes y losas. De esta manera, es evidente que cada suelo va a suministrar sobrepresiones diferentes, dependiendo de la densidad del mismo suelo, lo que nos lleva al análisis de los tipos de suelos por utilizar.

<sup>32</sup> César Arturo Rosell Calderón, IRRIGACIÓN del Capítulo de Ingeniería Civil – Consejo Departamental de Lima Tomo 14, Pág.147.

<sup>33</sup> MORALES UCHOFÉN, Walter, “Infraestructura de Riego”, Parte I, Pág. 60

**Tabla N° 17: Valores Referenciales de Esfuerzo Portante “  $\sigma_t$  ” según Tipo de Suelo<sup>34</sup>**

<b>Tipo de Suelo</b>	<b><math>\sigma_t</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Roca, dura y sana (granito, basalto)	40.00
Roca, medio dura y sana (pizarras y esquistos)	20.00
Roca, blanda y fisurada	7.00
Conglomerado compacto bien graduado	4.00
Gravas, mezcla de arena y grava	2.00*
Arena gruesa, mezcla de grava y arena	2.00*
Arena fina a media, arena media a gruesa, mezcla con limo y arcilla	1.50*
Arena fina, arena media a fina mezclada con limo o arcilla	1.00*
Arcilla inorgánica, firme	1.50
Arcilla inorgánica, blanda	0.50
Arcilla Inorgánica con o sin arena	0.25
(*) Reducir en 50% en el caso de estar bajo el nivel freático	

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), MANUAL DE OBRAS, Pág. 13

### **2.5.2.13.2 Clasificación de suelos:**

Clasificar un suelo, es agruparlo, de manera tal de conocer lo siguiente:

- Sus descripciones, de modo que se pueda identificar y tener una idea sobre sus futuros comportamientos en cualquier tipo de obra.
- El conocimiento de su permeabilidad y su resistencia al esfuerzo cortante.

De aquí surge el problema de agrupar los suelos en un reducido número de tipos y por otro lado, tenemos la ventaja de la clasificación por su notación corta, resulta muy útil para dar con una idea general y una información abstracta y fácil de identificar un suelo. Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos o subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común, para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una

<sup>34</sup> Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), MANUAL DE OBRAS, Pág. 13

descripción detallada. Actualmente en los laboratorios se usa el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), para la distribución por tamaño del grano y plasticidad de los suelos.

#### **2.5.2.13.2.1 Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS)<sup>35</sup>:**

La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Los Estados Unidos de América, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros y laboratoristas. Este sistema clasifica los suelos en dos amplias categorías:

-Suelos de grano grueso: son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No.200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S; donde “G” significa grava o suelo gravoso y “S” significa arena o suelo arenoso.

- Suelos de grano fino: con 50% o más pasando por la malla No.200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo “M”, que significa limo inorgánico, “C” para arcilla inorgánica u “O” para limos y arcillas orgánicos. El símbolo “Pt” se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

W: bien graduado

- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)

Para una clasificación apropiada con este sistema, se recomienda la siguiente información:

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y Pt.

---

<sup>35</sup> American Society for Testing and Materials, 1985, pp. 395-408

**Tabla N°18: Sistema de Clasificación de Suelos Unificado "S.U.C.S."**

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW,GP,SW,SP. >12% ->GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Quando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan	
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
		<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50		<b>ML</b>		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
				<b>CL</b>		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
	<b>OL</b>		Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50		<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
<b>Suelos muy orgánicos</b>			<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

Fuente: American Society for Testing and Materials, 1985, pp. 395-408

**2.5.2.13.3 Peso específico:** El peso específico es importante porque nos indica la relación materia-volumen del insumo que se va a utilizar en el diseño. La función de este parámetro en el proyecto es la de dar el peso de la columna de material que se encuentra por encima de la losa superior; por tanto, cuanto más profundo sea el nivel de desplante de la alcantarilla, más peso es el que se le va a imponer a la parte superior de la estructura. Esto, por ende, causa cambios en el análisis de las fuerzas de la misma estructura; además, el peso específico es también utilizado para la obtención del empuje lateral, el cual se aplica a las paredes de la estructura.

**2.5.2.13.4 Ángulo de fricción<sup>36</sup>:** El ángulo de fricción depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos, además de que se le considera constante aunque no lo es.

Se tendrá en cuenta para la selección de esta los diferentes tipos de suelos presentada en el siguiente cuadro:

**Tabla N° 19: Valores de Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ”, Peso Específico “ $\gamma_s$ ” y Coeficiente de Fricción “f” en función del tipo de Suelo.**

Tipo de Suelo	Angulo de Fricción $\phi$ (grados sexagesimales)	Peso Específico $\gamma_s$ (Kg./m <sup>3</sup> )	Coeficiente de Fricción f
Arena o grava sin partículas finas	35° - 40°	1 750 – 1 900	0.50 – 0.60
Arena o grava con mezcla de partículas finas	25° - 35°	1 900 – 2 100	0.40 – 0.50
Arena fina	23° - 30°	1 750 – 1 900	0.30 – 0.40
Arcilla media compacta	25° - 35°	1 600 – 1 900	0.25 – 0.40
Arcilla suelta	20° - 25°	1 400 – 1 750	0.20 – 0.30
Agua	0	1 000 – 1 100	-----

**Fuente: Braja M. Das, 2001**

<sup>36</sup> Das, B. (2001). Muros de retención y cortes apuntalados. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Thomson editores. México D.F., México.

**2.5.2.13.5 Empuje del suelo:** Este tipo de presiones laterales se ligan a varias condiciones como el tipo de muros que se van a evaluar, o paredes como lo es en el caso de las alcantarillas, en cuanto a los valores de resistencia al corte, al peso específico del suelo, al agua que se encuentre circundante a la estructura, entre otras.

Los empujes en el terreno se dividen respecto de la condición de soporte lateral que se tenga; además, de si existen desplazamientos horizontales o no. De esta forma, existen tres tipos de empujes laterales: el empuje activo, el pasivo y el de reposo.

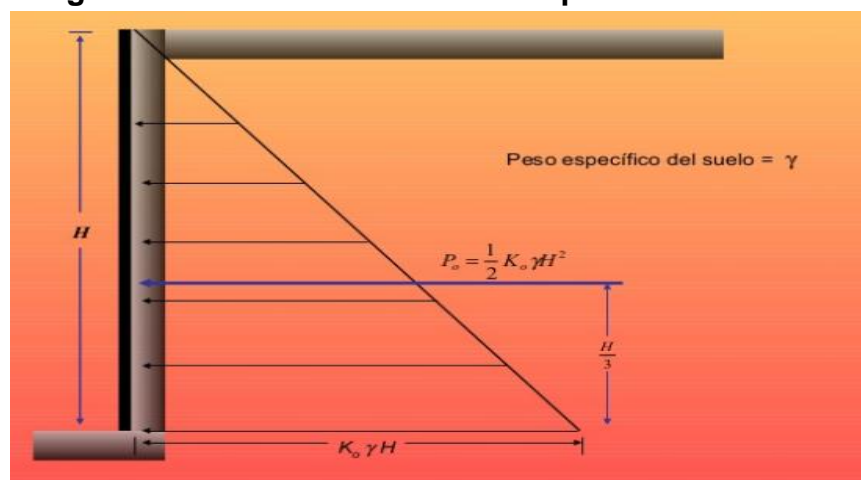
Para el caso particular de las alcantarillas, se toma el empuje en reposo, ya que las paredes son las estructuras, que son las que toman las fuerzas laterales: se equilibran a ambos lados de la alcantarilla, de modo tal que no existen desplazamientos horizontales, por lo que el empuje siempre va a permanecer estable. (Se darían solo deformaciones por flexión.)

Para estimar el empuje en reposo, se debe utilizar el coeficiente de reposo “ko”, que se calcula según la teoría de Jaky, propuesta en el año 1944, la cual propone la siguiente ecuación para ko:<sup>37</sup>

$$K_o = 1 - \sin \theta \dots \dots \dots F.12$$

Con esta ecuación, se obtiene el coeficiente de reposo, el cual es de gran utilidad para la obtención de la carga de empuje de tierras en reposo.

**Imagen N°05: Presión de tierra en reposo**



Fuente: Das B. Fundamentos de la ingeniería geotécnica (2001)

<sup>37</sup> Das, B. MUROS DE RETENCIO Y CORTES APUNTALEDOS. FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTECNICA. MEXICO D.F (2001).

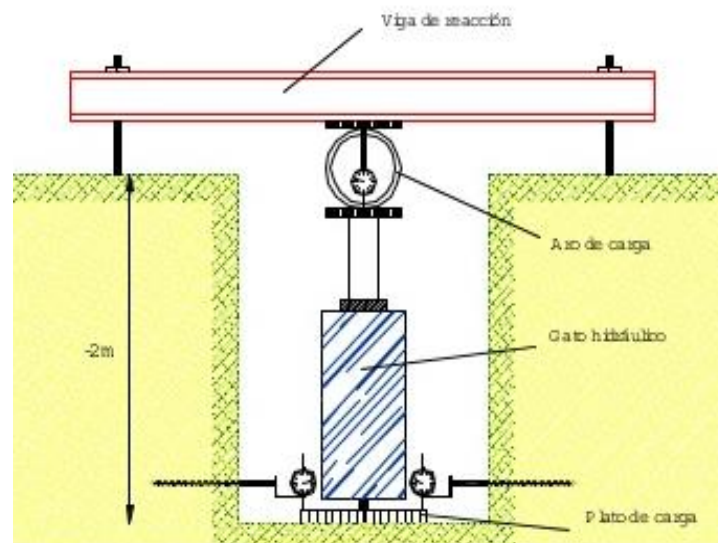


**2.5.2.13.6 Coeficiente de balasto:** También conocido como “coeficiente de Reacción del suelo”, o “coeficiente de Sulzberger”. Asocia la tensión transmitida al suelo por medio de una placa rígida de 30,5 cm de diámetro, y una deformación de 0, altura y 127 cm en el suelo, producida por esta carga; así, relaciona la carga y aplica “q” con el asentamiento de la misma “y”, y se identifica con la letra “Cb”.

Una de las funciones de este coeficiente es ayudar a crear modelos más realistas a la hora de modelar una interface entresuelo-estructura, de manera que se cambian los apoyos estructurales convencionales (como empotramientos o articulaciones), por resortes que modelan mejor la forma de interacción de las estructuras con el suelo.

Según JUÁREZ BADILLO<sup>38</sup> La forma de obtener este parámetro de diseño es mediante una prueba de campo llamada, “Prueba de Placas”, la cual consiste en generar una presión capaz de penetrar 0,127 cm, una placa de 30.5 cm de diámetro. Las unidades del coeficiente de balasto son [kg/m<sup>3</sup>].

**Imagen N°06: Diagrama de Prueba de Placas.**



**Fuente: guía de laboratorio de mecánica de suelos U.N.L.P**

La manera de incorporar este concepto al proyecto es colocando, en el perímetro en contacto con el suelo, los apoyos tipo resorte, que se comportan de una manera elástica, cumpliendo así la ley de Hooke:

$$F = k \times \Delta l \dots \dots \dots F.13$$

<sup>38</sup> Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. (1992). “Mecánica de Suelos”. Tomo III. Limusa. Grupo Noriega Editores. México.

Dónde:

F: Fuerza

k: constante de elongación

$\Delta l$ : Deformación del resorte.

Aplicando esta fórmula al caso de las alcantarillas, "F" son las fuerzas que se le aplican a la estructura por medio de las cargas, " $\Delta l$ " es la deformación que puede ocurrir en los elementos de la estructura, "k", es el producto entre coeficiente de balasto y el área tributaria para cada resorte que se vaya a evaluar; de manera que:

$$K = C_b \times A \dots\dots\dots F.14$$

Dónde:

k: constante de elongación para resorte de modelo estructural.

$C_b$ : coeficiente de balasto

A: área tributaria de cada resorte.

Valores típicos de coeficientes de balasto para los tres tipos de suelos por tomar en cuenta, haciendo uso de la siguiente tabla<sup>39</sup>:

**Tabla N°20: Módulo de deformación  $E_0$  y Módulo de reacción vertical del suelo ( $K_s1$ ).**

Tipo de suelo	Módulo de Deformación $E_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de reacción vertical $K_s1$ (kg/cm <sup>3</sup> )
Suelo fangoso	11.00 a 33.00	0.50 a 1.50
Arena seca o húmeda, suelta (NSPT 3 a 9)	0.16H a 0.48H	1.20 a 3.60
Arena seca o húmeda, media (NSPT 9 a 30)	0.48H a 1.60H	3.60 a 12.00
Arena seca o húmeda, densa (NSPT 30 a 50)	1.60H a 3.20H	12.00 a 24.00

<sup>39</sup> Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. (1992). "Mecánica de Suelos". Tomo III. Limusa. Grupo Noriega Editores. México.

Grava fina con arena fina	1.07H a 1.33H	8.00 a 10.00
Grava media con arena fina	1.33H a 1.60H	10.00 a 12.00
Grava media con arena gruesa	1.60H a 2.00H	12.00 a 15.00
Grava gruesa con arena gruesa	2.00H a 2.66H	15.00 a 20.00
Grava gruesa firmemente estratificada	2.66H a 5.32H	20.00 a 40.00
Arcilla blanda (qu 0.25 a 0.50 kg/cm <sup>2</sup> )	15 a 30	0.65 a 1.30
Arcilla media (qu 0.50 a 2.00 kg/cm <sup>2</sup> )	30 a 90	1.30 a 4.00
Arcilla compacta (qu 2.00 a 4.00 kg/cm <sup>2</sup> )	90 a 180	4.00 a 8.00
Arcilla dura (qu 4.00 a 10.00 kg/cm <sup>2</sup> )	180 a 480	8.00 a 21.00

**Fuente:** Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. (1992). "Mecánica de Suelos".

H: Profundidad del pozo de cimentación en cm

\*: Los terrenos granulares si están sumergidos se tomarán con  $E_o$  o  $K_{s1}$  igual a los del cuadro multiplicados por 0.6

\*\* : Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración. Si se consideran cargas permanentes que produzcan  $V$  y  $M$  y ha de tener lugar la consolidación, se multiplican los valores de  $E_o$  y  $K_{s1}$  por 0.25

#### **2.5.2.14 Análisis Estructural**

Las cargas que se tomarán en cuenta para la elaboración de los diseños serán:

##### **2.5.2.14.1 Tipos de Cargas sobre Alcantarillas<sup>40</sup>**

**2.5.2.14.1.1 Carga Permanente:** (También llamada carga muerta.) Es la carga perteneciente al peso de los elementos utilizados para la construcción de la estructura.

**2.5.2.14.1.2 Carga Temporal:** (También llamada carga viva.) Es la sobrecarga que se le impone a una estructura, cuya magnitud depende de la utilidad que se le dé al diseño que se debe realizar.

<sup>40</sup> Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, (2001). "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

En el caso del proyecto de diseño de alcantarillas, la carga temporal juega un papel predominante en las estructuras superficiales, no así en las profundas, pues la carga se disipa con la profundidad.

Debido a que la alcantarilla es una estructura de paso, la utilidad principal es, como su nombre lo dice, dar paso a los vehículos que necesiten transitarse por el lugar donde se construyan, de modo que sea completamente confiable y seguro.

**2.5.2.14.1.3 Impacto:** El impacto no es una carga; es un porcentaje que se le adiciona a la carga viva; es un incremento que se le aplica a la carga de rueda estática para tomar en cuenta el golpe por las cargas de las ruedas en los equipos en movimiento. Este incremento se da por lo general por el choque entre las ruedas del vehículo y las discontinuidades de la superficie de rodamiento, lo que provoca el impacto mencionado; además, el solo hecho de ser una carga móvil, incrementa la acción estática. Para obtener el porcentaje de impacto, se necesitaron varias premisas:

Si la longitud de losa superior es menor de 45 cm, el porcentaje de impacto por utilizar es de 30%. Si la longitud de la losa sobrepasa los 45 cm, entonces, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$I = \frac{50}{L+125} \dots\dots\dots F.15$$

Donde

I: porcentaje de impacto

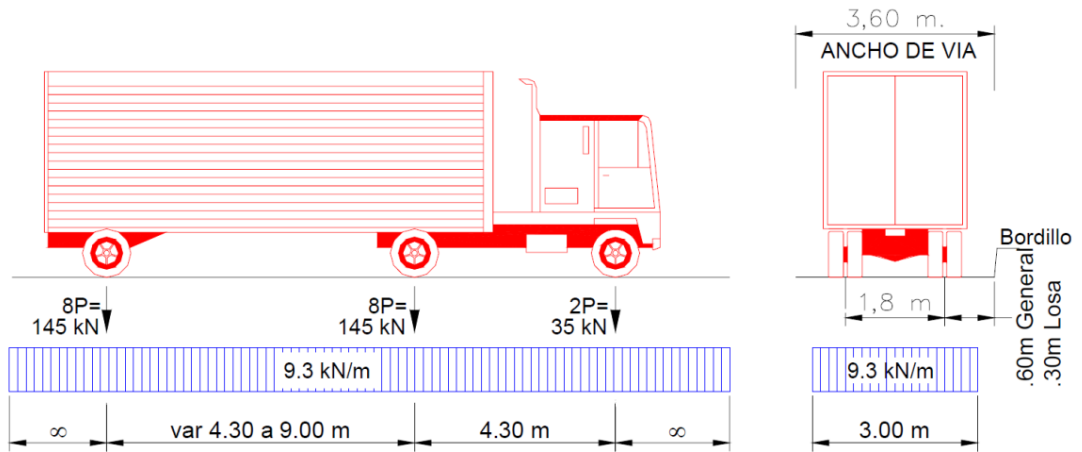
L: ancho de losa superior

**2.5.2.14.1.4 Cargas Vivas (LL):**

Corresponde a la carga de los camiones de diseño, el cual se ha determinado siguiendo los procedimientos que indica el “Manual de Diseño de Puentes” (MTC, 2003), y corresponde al HL-93.

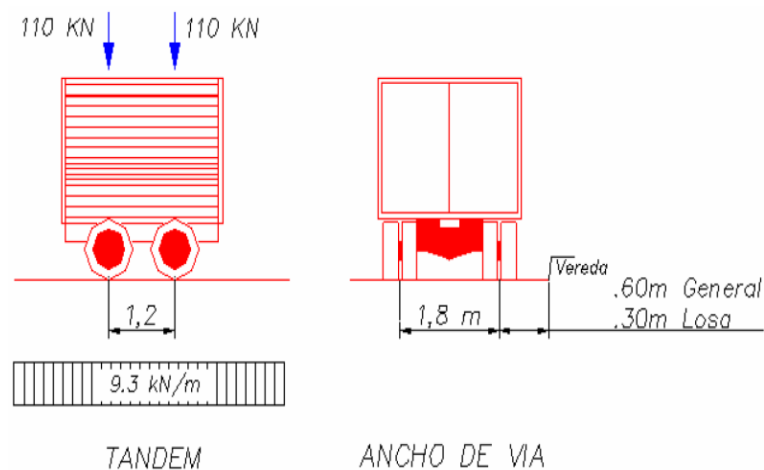
- **Camión de Diseño**

Consiste en un eje delantero de 35KN (3.6t) y dos ejes posteriores de 145KN (14.8t) espaciados según se muestra en la figura. La línea de diseño consiste en una carga uniforme de 9.30KN/m (0.96t/m) uniformemente distribuida.



- **Tándem de Diseño**

Consiste en dos ejes de 110KN (11.2t) espaciados a 1.20m. La línea de diseño consiste en una carga uniforme de 9.30KN/m (0.96t/m) uniformemente distribuida.



- **Distribución de carga viva:** La utilización de rellenos hace que se presente un comportamiento de disipación de carga viva con respecto a la profundidad de relleno, utilizada en el diseño de las alcantarillas. De esta forma, cuanto más profundo se encuentra la losa superior, menos es la carga que recibe; a la vez, la carga cambia de puntual a distribuida, ampliando su franja de carga distribuida, en función de la profundidad. Según el “American Association of State Highway and Transportation Officials”, por sus siglas “AASHTO”, se indica la forma como se debe disipar la carga conforme la profundidad<sup>41</sup>:

De 0 a 0,6 m de relleno: colocar la carga viva como una carga puntual sobre la losa superior.

<sup>41</sup> American Association of State Highway and Transportation Officials”, “AASHTO”.

De 0,6 a 2,5 m de relleno: en este tramo de relleno, la carga se disipa en forma triangular, de manera que esta sigue una pendiente, sobre la cual, mientras más se acerque el valor del relleno a 2,5 m, el área de contacto de la carga se amplía, hasta convertirse en una carga uniforme distribuida. Así, cuanto más grande sea el área de contacto, la magnitud de la carga es menor, pues está repartida en más área. La forma como se disminuye la magnitud de dicha carga es:

$$W = \frac{4P}{7Z} \dots\dots\dots F.16$$

Donde

W: magnitud de carga distribuida [kg/m]

P: carga puntual proveniente de los camiones de diseño. [kg]

Z: profundidad de relleno hasta la losa superior. [m].

**2.5.2.14.1.5 Carga de empuje:** El empuje del suelo es la presión que ejerce la columna de material, que se encuentra a los lados de los elementos de la estructura. Este se obtiene a partir del coeficiente de empuje, el cual, una vez que se ha alcanzado, se utilizó para calcular el empuje en reposo, que es producto de<sup>42</sup>:

$$E_0 = \frac{1}{2} \gamma K_0 H \dots\dots\dots F.17$$

Dónde:

$\gamma$ : peso específico

$K_0$ : coeficiente de reposo

H: nivel de desplante.

En el caso de las alcantarillas, el nivel de desplante se compone por suma de las cotas de la altura de la pared de la alcantarilla y la profundidad del relleno que se utilizó para su diseño.

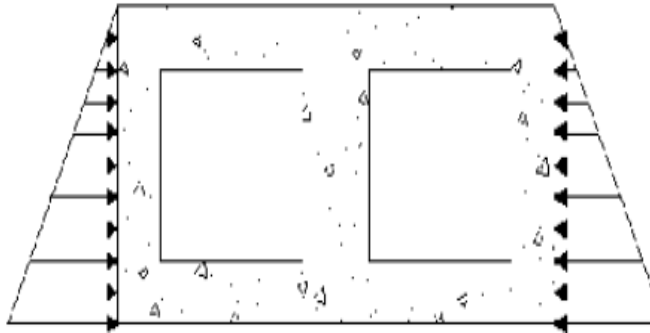
Como el suelo circundante rodea la estructura, se tiene que este empuje se da en las dos paredes de la alcantarilla, formando un triángulo de presiones, en el caso cuando no se tiene relleno sobre la losa superior, y haciendo un trapecio de

---

<sup>42</sup> Braja M. Das, 4ta. Edición, 2001. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".

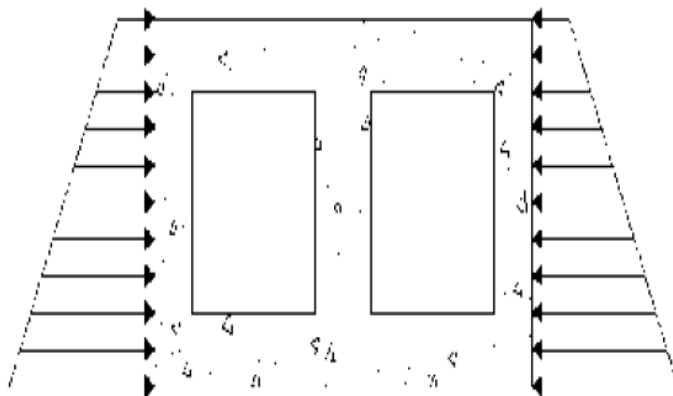
presiones, cuando si existe relleno sobre aquella losa. Así las cosas, el diagrama de fuerzas para los empujes del suelo es el siguiente:

**Imagen N°07: Empuje lateral superficial. Triangulo depresiones.**



Fuente: Das B. Fundamentos de la ingeniería geotécnica (2001)

**Imagen N°08: Empuje lateral conforme la profundidad de relleno. Trapecio de presiones.**



Fuente: Das B. Fundamentos de la ingeniería geotécnica (2001)

**2.5.2.14.1.6 Carga de relleno:** La carga de relleno se da cuando la estructura se encuentra confinada por completo por el material circundante: sobre las paredes se ejerce la carga de empuje, y sobre la losa superior de la alcantarilla, se comienza a acumular una columna de material, la cual, cuanto más grande sea, le imprime más carga a la losa. La magnitud de esta carga está en función del peso específico del suelo; es decir, mientras más denso sea el material, la carga va a ser mayor con respecto a la profundidad. La carga de relleno se calculó con la siguiente formula<sup>43</sup>:

$$R = \gamma \times H \times L \dots \dots \dots \text{F.18}$$

<sup>43</sup> Braja M. Das, 4ta. Edición, 2001. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".

Dónde:

R: carga de relleno

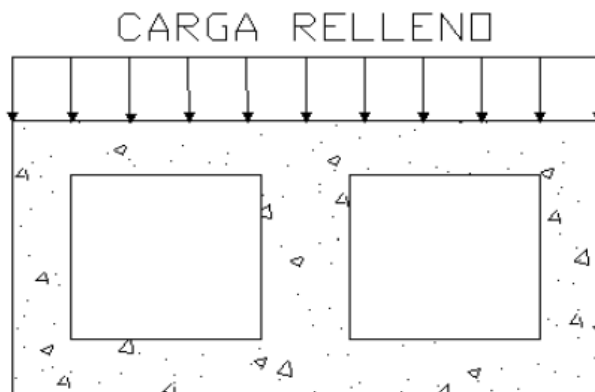
$\gamma$ : peso específico del suelo

H: profundidad de relleno

L: longitud de alcantarilla (1m)

De esta manera, se puede obtener la carga de relleno en la estructura, la cual tiene la siguiente forma y orientación:

### Imagen N°09: Empuje de Relleno



Fuente: Das B. Fundamentos de la ingeniería geotécnica (2001)

#### 2.5.2.14.1.7 Carga de sismo:

En el caso en cuestión del proyecto realizado, al estar las alcantarillas confinadas por una gran masa de suelo, pueden suceder dos casos particulares. Si en el momento en que ocurre un sismo, la alcantarilla se encuentra con un relleno vasto, las oscilaciones se dan en la estructura junto con la masa de suelo circundante: todo el suelo y la estructura se comportan como si fuera un solo ente. En síntesis, no se debe contemplar la carga de sismo en las alcantarillas profundas, ya que en el evento citado, todo el conjunto se comporta como uno solo.

Por lo contrario, si la alcantarilla se encuentra superficialmente, en el momento del sismo, si puede alterarse la estabilidad de la estructura, creando una sobrepresión en las paredes, que puede alterar el análisis estructural y este, por ende, el diseño final del alcantarillado. Sin embargo, es muy improbable que el sismo ocurra en el mismo momento en que, por encima de la alcantarilla, este pasando



el vehículo de diseño. En otras palabras, las acciones sísmicas combinadas con el resto de ellas ya interactuantes en el diseño, no generan acciones superiores a las ya consideradas.

#### **2.5.2.15 Estados Límites y combinación de cargas <sup>44</sup>**

##### **2.5.2.15.1 Estado Límite de Servicio**

El estado límite de servicio será tomado en cuenta como una restricción sobre los esfuerzos, deformaciones y ancho de grietas bajo condiciones regulares de servicio. El estado límite de servicio da experiencia relacionada a provisiones, las cuales no siempre pueden ser derivadas solamente de resistencia o condiciones estadísticas.

##### **2.5.2.15.2 Estado Límite de Resistencia**

El estado límite de resistencia será tomado en cuenta para asegurar la resistencia y estabilidad. Bajo este estado límite podría ocurrir daño estructural y frecuentemente sufrimiento, pero la integridad completa de la estructura se espera que se mantenga. De acuerdo a las especificaciones AASHTO, el factor de resistencia  $\phi$  será:

- Flexión y tracción de concreto reforzado .....0.90

##### **2.5.2.15.3 Combinación de cargas**

Debido a que todas las cargas no actúan simultáneamente, las normas de AASHTO especifican varias combinaciones de cargas y fuerzas a las cuales debe estar sujeta la estructura. A continuación presentamos la notación para las diferentes cargas:

Cargas permanentes:

DD = Fuerza de arrastre hacia abajo.

DC = Carga muerta de componentes estructurales y no estructurales.

DW = Carga muerta de superficie de rodadura y dispositivos auxiliares.

EH = Presión de tierra horizontal.

ES = Carga superficial en el terreno.

EV = Presión vertical del relleno.

---

<sup>44</sup> Manual de Diseño de Puentes”. MTC – DGCF. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones., Lima – Perú 2003.

Cargas transitorias<sup>45</sup>:

BR = Fuerza de frenado.

CE = Fuerza centrífuga vehicular.

CR = "Creep" del concreto.

CT = Fuerza de choque vehicular.

CV = Fuerza de choque de barcos.

EQ = Sismo. FR = Fricción.

IC = Carga del hielo.

IM = Impacto.

LL = Carga viva vehicular.

LS = Carga viva superficial.

PL = Carga viva peatonal.

SE = Asentamiento.

SH = Contracción.

TG = Gradiente de temperatura.

TU = Temperatura uniforme.

WA = Carga de agua y presión del flujo.

WL = Carga de viento sobre la carga viva.

WS = Carga de viento sobre la estructura.

La carga total factorizada será:

$$Q = n \sum \gamma_i q_i \dots \dots \dots F.22$$

Dónde:

n = Factor de resistencia que relaciona ductilidad, redundancia e importancia operativa.

$q_i$  = Carga especificada.

$\gamma_i$  = Factores de carga especificados en las tablas N°20 y N°21.

---

<sup>45</sup> Manual de Diseño de Puentes". MTC – DGCF. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones., Lima – Perú 2003.pag 50

**Tabla 21: Combinaciones de carga y Factores de Carga<sup>46</sup>.**

Combinación de cargas	DC DD DW EH EV ES	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	Usar solamente uno de los indicados en estas columnas en cada combinación					
									SE	EQ	IC	CT	CV	
Estado Límite														
RESISTENCIA I	$\gamma_p$	1.75	1.00				1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
RESISTENCIA II	$\gamma_p$	1.35	1.00				1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
RESISTENCIA III	$\gamma_p$		1.00	1.40			1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
RESISTENCIA IV Sólo EH, EV, ES, DW, DC	$\gamma_p$ 1.5		1.00				1.00	0.50/1.20						
RESISTENCIA V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	0.40		1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
EVENTO EXTREMO I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1.00				1.00				1.00			
EVENTO EXTREMO II	$\gamma_p$	0.50	1.00				1.00					1.00	1.00	1.00
SERVICIO I	$\gamma_p$	1.00	1.00	0.30	0.30		1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
SERVICIO II	$\gamma_p$	1.30	1.00				1.00	1.00/1.20						
SERVICIO III	$\gamma_p$	0.80	1.00				1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$				
FATIGA														
Sólo LL, IM, CE.		0.75												

**Fuente: “Manual de Diseño de Puentes”. MTC – DGCF. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones., Lima – Perú 2003.**

Los factores de carga para las combinaciones serán tomados de la tabla 20. Los factores de carga de las cargas permanentes serán tomados de la tabla 21. Los factores serán escogidos para producir el efecto factorizado extremo total. Para cada combinación serán investigados los efectos máximos positivos y negativos.

En combinaciones de carga donde el efecto de una fuerza reduce el efecto de la otra, se aplicará el mínimo valor de la fuerza reductora. De la misma manera cuando la carga permanente aumenta la estabilidad o la capacidad de carga de algún componente o todo el puente, se evaluará la posibilidad de una combinación de carga con el mínimo valor de la carga permanente.

<sup>46</sup> Manual de Diseño de Puentes”. MTC – DGCF. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones., Lima – Perú 2003.pag 51

Para el cálculo de las deformaciones será usado el mayor factor de carga TU, CR y SH, para otros cálculos se usarán los valores mínimos de factor de carga<sup>47</sup>.

**Tabla 22: Factores de carga para cargas permanentes,  $\gamma_p$**

TIPO DE CARGA	FACTOR DE CARGA	
	Máximo	Mínimo
DC: Componentes y Auxiliares	1.25	0.90
DD: Fuerza de arrastre hacia abajo	1.80	0.45
DW: Superficies de Rodadura y Accesorios	1.50	0.65
EH: Presión horizontal de tierra		
Activa	1.50	0.90
En reposo	1.35	0.90
EV: Presión vertical de tierra		
Estabilidad global	1.35	N/A
Estructuras de retención	1.35	1.00
Estructuras rígidas empotradas	1.30	0.90
Pórticos rígidos	1.35	0.90
Estructuras flexibles empotradas excepto alcantarillas metálicas	1.95	0.90
Alcantarillas Metálicas	1.50	0.90
ES: Carga superficial en el terreno	1.50	0.75

Fuente: “Manual de Diseño de Puentes”. MTC – DGCF.

Para la evaluación de la estabilidad global de los taludes con o sin estructuras de cimentación, serán usados los factores máximos. El factor de carga para TG y SE será determinado para cada proyecto específico. El factor de carga viva en la combinación de carga del Evento Extremo I (sismo), será determinado para cada proyecto específico.

#### **2.5.2.16 Diseño estructural:**

Explica los procedimientos o métodos de cálculo utilizados para la realización de los diseños estructurales de las alcantarillas, que es, en síntesis, el objetivo fundamental del proyecto. Para explicar el método utilizado en el diseño estructural, se va a unir los dos elementos horizontales en una solo subtítulo llamado losas; esto, porque aunque una sea losa superior y la otra, losa inferior, ambas se diseñan igual. Por otro lado, también se aborda el diseño de las paredes, por supuesto, separado de las losas.

<sup>47</sup> Manual de Diseño de Puentes”. MTC – DGCF. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones., Lima – Perú 2003.pag.52

### 2.5.2.16.1 Diseño de Losas:

La función de las losas es la de proveer una superficie plana y útil (que, por lo general, es horizontal), cuyas superficies superiores e inferiores son paralelas o casi paralelas entre sí. En el caso de las alcantarillas, las dimensiones de ancho y largo para la losa superior e inferior son iguales; ello, por ser alcantarillas rectangulares. La diferencia entre ambas radica en el espesor de cada una y en la cantidad de acero de refuerzo que se vaya a utilizar para su diseño. Para tal diseño, se siguieron procedimientos para comprobar flexión, compresión pura, cortante y acero por temperatura, para ambas losas.

#### 2.5.2.16.1.1 Cálculo del Refuerzo

El refuerzo se calcula conforme a la norma para concreto ciclópeo y armado del Reglamento Nacional de Construcciones y en base al diseño a la rotura. La calidad del concreto será  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y la calidad de la armadura  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

#### ➤ Criterios Generales para el Diseño.

##### I. Refuerzo de Repartición por Contracción y Temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Es el refuerzo perpendicular al principal. Los espaciamientos "S" permisibles son:

$$0.45 \text{ m} > S < 5d \dots\dots\dots \text{F.23}$$

$$S = Ab/As \dots\dots\dots \text{F.24}$$

Cuantías Mínimas a usar, serán:

$$\text{Para: muros} \quad \rho_{\min t^\circ} = 0.0018$$

$$\text{Losas} \quad \rho_{\min t^\circ} = 0.0018$$

Luego las Áreas de Refuerzo por Temperatura " $A_{st^\circ}$ ", serán:

$$\text{Para: muros} \quad A_{st^\circ} = 0.0018 b d_T \dots\dots\dots \text{F.25}$$

$$\text{Losas} \quad A_{st^\circ} = 0.0018 b d_T \dots\dots\dots \text{F.26}$$

Dónde:

S = Espaciamiento entre barras de acero, distribuidos en un metro de ancho.

$d_T$  = altura total o espesor total del elemento en (cm)

As = Área total del refuerzo (cm<sup>2</sup>)

b = Ancho del elemento, para nuestro caso b = 100 cm

## II. Refuerzo Mínimo de Elementos Sujetos a Tracción (Asmín).

Las Cuantías Mínimas a usar para  $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ , serán:

Para: Losas  $\rho_{min} = 0.0018$  .....F.27

Muros  $\rho_{min} = 0.0020$ .....F.28

Luego las Áreas del Refuerzo Mínimo “  $AS_{min}$  ”, serán:

Para: Muros  $AS_{min} = 0.0020\ b\ d$ ..... F.29

Losas  $AS_{min} = 0.0018\ b\ d$ .....F.30

Dónde:

$d$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al centro del refuerzo de tracción (cm).

## III. Elementos Rectangulares con Refuerzo de Tracción Únicamente.

El momento resistente a la rotura será calculado, según:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \dots\dots\dots F.31$$

Y

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \dots\dots\dots F.32$$

Dónde:

$A_s$  = Área del refuerzo en tracción (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = Límite de fluencia del refuerzo, se usará  $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$

$d$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tracción (cm)

$a$  = Profundidad del prisma rectangular de esfuerzos (cm)

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, se usará  $f'_c = 210\ \text{Kg/cm}^2$

$b$  = Ancho de la cara en compresión de un elemento sujeto a flexión (cm), para nuestro caso  $b = 100\ \text{cm}$ .

$\phi$  = Factor de reducción de capacidad, se usará el factor para flexión y tracción simple  $\phi = 0.90$

La cuantía (  $\rho$  ) del refuerzo no excederá de 0.75 de la cuantía balanceada (  $\rho_b$  ), que produce la condición de falla balanceada, ósea debe cumplirse.

$$\rho = \frac{A_s}{bd} < 0.75\rho_b \dots\dots\dots F.33$$

$$\rho_b = \frac{0.85\beta f'_c}{f_y} \cdot \frac{6100}{6100+f_y} \dots\dots\dots F.34$$

Dónde:

$\beta = 0.85$  Para  $f'_c$  hasta 280 kg/cm<sup>2</sup> y se reducirá de 0.05 por cada 70 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia en exceso de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Para concreto de  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f_y = 4200$  kg /cm<sup>2</sup>, la  $\rho_{m\acute{a}x} = 0.020$

#### IV. Resistencia a la Rotura por Fuerza Cortante ( $\tau$ )

El esfuerzo cortante nominal en la rotura “  $\tau_u$  “, como medida de la tracción diagonal, es:

$$\tau_u = \frac{V_u}{bd} \dots\dots\dots F.35$$

El esfuerzo cortante nominal que tomará el concreto “  $\tau_c$  ” es:

$$\tau_c = 0.50 \phi \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots F.36$$

Dónde:

$$V_u = 1.8 V \dots\dots\dots F.37$$

$V$  = Cortante en el elemento, producto del análisis estructural

$\phi$  = Factor de reducción,  $\phi = 0.85$  (para elementos sometidos a tracción diagonal, adherencia y anclaje)

Debe cumplirse lo siguiente:

$$\tau_u < \tau_c \quad (ok) \dots\dots\dots F.38$$

#### 2.5.3 Marco conceptual

##### ✓ Alcantarillado Pluvial: <sup>48</sup>

Es el sistema de drenaje que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento.

<sup>48</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

✓ **Drenaje Urbano<sup>49</sup>:**

Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

✓ **Coefficiente de Escorrentía<sup>50</sup>:**

Coefficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

✓ **Coefficiente de Fricción<sup>51</sup>:**

Coefficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

✓ **Duración de la Lluvia<sup>52</sup>:**

Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos.

✓ **Frecuencia de Lluvias<sup>53</sup>:**

Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.

✓ **Periodo de Retorno<sup>54</sup>:**

Es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

✓ **Napa Freática:**

Corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. A menudo, en este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

✓ **Zacate:**

Nombre genérico de varias especies de hierba que sirven de pasto y forraje.

## 2.6 Hipótesis

Si se diseña un sistema de alcantarillado pluvial urbano mejorará el estado actual de las calles y calidad de vida de los pobladores de la urbanización Nueve de Abril y sector los jardines distrito de Tarapoto.

---

<sup>49</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

<sup>50</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

<sup>51</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

<sup>52</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

<sup>53</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40

<sup>54</sup> NORMA DE DRENAJE URBANO, Norma Técnica O.S. 060, Drenaje Pluvial Urbano, pág. 24-40



### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Materiales**

Para el presente trabajo se ha hecho el uso de lo siguiente:

##### **3.1.1 Recursos Humanos**

- ✓ Tesista
- ✓ Asesor
- ✓ Técnico de laboratorio de mecánica de suelos
- ✓ Técnico Topógrafo
- ✓ Asistentes

##### **3.1.2 Recurso Materiales y Servicios**

- Ensayo de laboratorio
- Material bibliográfico
- Material de escritorio
- Movilidad y viáticos

##### **3.1.3 Recursos de Equipos**

- 01 computadora
- 01 calculadora científica
- Equipos topográficos (Estación total)

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Universo y/o muestra**

###### **➤ Universo**

La ciudad de Tarapoto

###### **➤ Muestra**

Las calles que conforman la Urbanización Nueve de Abril y sector los Jardines.

##### **3.2.2 Sistema de Variables**

###### **3.2.2.1 Variable Independiente**

Precipitación

###### **3.2.2.2 Variable Dependiente**

Diseño y evacuación de aguas pluviales.

### 3.2.2.3 Indicadores

- Precipitación.
- Intensidad
- Duración.
- Frecuencia.
- Topografía.
- Cuneta.
- Sumideros.
- Alcantarillas.

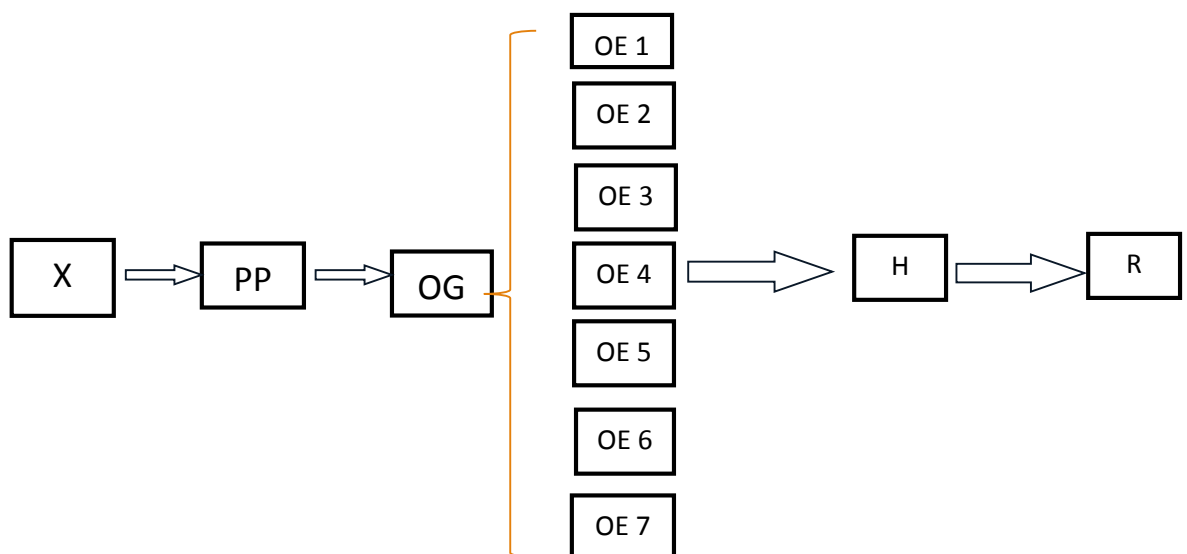
### 3.2.3 Diseño experimental de la investigación

#### 3.2.3.1 Tipo y Nivel de Investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, que depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, y se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

#### 3.2.3.2 Diseño Experimental del Método de Investigación

Para el diseño de la investigación, emplearemos el de una investigación por objetivos conforme al esquema siguiente:



Fuente: elaboración propia

## **X: Diseño del sistema de alcantarillado pluvial urbano.**

PP: Planteamiento del problema

OG: Objetivo General

OE: Objetivos Específicos

H: Hipótesis

R: Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del estudio definitivo.

### **3.2.4 Diseño de instrumentos**

El levantamiento topográfico de la zona en estudio será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

Los datos recopilados de estudio de suelos deberán ser sometidos a distintos tipos de ensayos los cuales se llevaran a cabo en las instalaciones del laboratorio BARTRA, CONCRETO, SUELOS Y ASFALTO, ubicado en el jr. Los Jardines #161 distrito de Tarapoto.

#### **3.2.4.1 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos**

##### **3.2.4.1.1 Fuentes Técnicas**

Para la investigación de campo y gabinete se utilizará las técnicas de observación, fichajes y manejo de información.

Para la investigación documental se utilizará: textos, libros y revistas de la Biblioteca Especializada de la FICA y Biblioteca Central de la UNSM, libros y revistas especializadas particulares, proyecto de tesis e informes de ingeniería relacionados al tema y también se hará uso de la biblioteca virtual (INTERNET), normatividad y Reglamentos, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

##### **3.2.4.1.2 Instrumentos**

- **Instrumentos Bibliográficos**

Se hará uso de los libros y revistas que traten del tema en forma general y también de aquellos textos, tesis, informes, investigaciones afines y revistas que tocan el tema en forma particular.

- **Instrumentos de laboratorio**

Todos los instrumentos que se provea de laboratorios particulares de la zona.

### **3.2.5 Procesamiento de la información**

- Se obtendrán información teórica referente al tema en estudio.
- Se procederá a organizar la información según lo establecido por el reglamento de la UNSM-T.
- Comprendió la evaluación y análisis de la información siguiente:
  - Datos de Precipitaciones Máximas en 24 Horas de la Estación Meteorológica CO - Tarapoto (1984-2014).
  - Mapa Físico del Catastro Urbano de la Ciudad de Tarapoto, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín en versión digital.
  - Plano de levantamiento topográfico a escala 1:1000 de la zona de emplazamiento de las posibles obras del proyecto, siendo lo siguiente:
    - Jr. Orellana 07 (Frontis de Cementerio)
    - Jr Sinchi Roca cuadras 01 al 07
    - Jr, América Cuadras 01al 03
    - Jr. José A. Quiñones Cuadra 01 y 02
    - Jr Los Ángeles cuadra 05 al 07
    - Avenida Vía de Evitamiento cuadras 04 y 05
    - Jr. Prolongación Libertad cuadra 01
    - Jr. Alfonso Ugarte Cuadras 15 al 18
- Se procederá a hacer el diseño correspondiente, y analizar los resultados.
- Los valores conseguidos se ordenaran apropiadamente con la finalidad de facilitar el análisis y evaluación, y así establecer los resultados solicitados en la presente investigación y de esta manera poder formular el documento final.
- Presentación de informe final.

### **3.2.6 Análisis e interpretación de datos y resultados**

El método empleado para el estudio socio económico consistió en recurrir a fuentes existentes (INEI) sobre la población beneficiaria, tipos de viviendas, existencia de servicios educativos, de salud y otros en la zona, elaborando cuadros respectivos.

Para el estudio hidrológico se utilizó el método de la formula racional, para la determinación de caudales (método directo o de aforo).

La hidráulica nos proporciona los principios básicos para el diseño y utilizaremos algunos de estos principios y algunas consideraciones prácticas.

Se diseñará secciones Rectangulares de concreto armado y revestimiento de concreto que son las más usadas en el diseño del drenaje pluvial de calles.

### **3.2.7 Información del proyecto: Diseño obtenido**

#### **3.2.7.1 Estudio Hidráulico**

##### **3.2.7.1.1 Generalidades**

El sistema de drenaje pluvial se diseñara para dar salida en forma eficaz y económica a toda el agua que fluye por la superficie de la vía además de evacuar el agua de las zonas adyacentes de las viviendas.

##### **3.2.7.1.2 Obras de drenaje**

- **Trabajo de campo.**

Consistió en efectuar un recorrido del área de influencia del Proyecto, en la ciudad de Tarapoto, con la finalidad de observar y evaluar las características topográficas, relieve y aspectos hidrológicos de los cauces naturales y artificiales, así como la identificación y ubicación de estructuras hidráulicas existentes, tales como: cunetas, alcantarillas longitudinales, obras de toma, etc., así como tener una idea preliminar de las futuras obras que serán necesarias para el drenaje de las vías proyectadas.

El reconocimiento de campo ha permitido tener una apreciación de la situación actual de las características hidrológicas y de drenaje del jirón Sinchi Roca y Jirones Adyacentes, los cuales constituyen el área de drenaje total del Proyecto.

De la información obtenida en campo se ha podido establecer que el agua de escorrentía existente en el área de estudio, proviene exclusivamente de las precipitaciones pluviales caídas en la ciudad de Tarapoto.

- **Trabajo de gabinete.**

El trabajo de gabinete ha consistido en el analizar, procesar y obtener resultados a partir de los datos e información recopilada; llegándose en última instancia a estimar los caudales máximos de escorrentía superficial en los drenes, con lo cual se realizarán los diseños de las diferentes obras hidráulicas que requiere la vía para su operación en cualquier etapa del año, tales como: alcantarillas longitudinales, Alcantarillas de cruce, Cunetas, etc.

Así mismo, la información obtenida en los cálculos hidrológicos, e hidráulicos, se contrastará con la información obtenida en campo, realizadas en base a las mediciones de las estructuras existentes, lo que nos permitirá evaluar si las estructuras tienen el diseño adecuado para absolver las solicitudes hidráulica de los drenes colectores y secundarios en época de grandes precipitaciones pluviales.

Esto también nos permitirá aplicar con mejor criterio los valores de los caudales calculados, para el diseño de las nuevas estructuras, logrando con ello que las estructuras de drenaje total de la vía materia del estudio funcionen correctamente a lo largo de su vida útil, si es que existen las condiciones de mantenimiento periódico que se requiere para este tipo de obras.

### **3.2.7.2 Estudios Preliminares**

#### **3.2.7.2.1 Topografía**

En el Mapa Físico del Catastro Urbano de la Ciudad de Tarapoto, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín se ha trazado el área de influencia de las sub cuencas que pertenecen al dren Sinchi Roca, efectuado en base a la verificación en campo y de la topografía del terreno, del sentido de los flujos de cada dren que conforma el sistema, con lo que se obtuvo las áreas colectoras de influencia de cada una de ellas. Así mismo, en el levantamiento topográfico realizado al área de influencia del proyecto, se contempla la ubicación precisa de cada una de las obras hidráulicas existentes en el dren principal Sinchi Roca y vías adyacentes.

Previamente se realizó el reconocimiento del terreno, etapa en la cual se investiga, razona y deduce el método más apropiado para llevar a cabo de una manera óptima el trabajo de campo, que consistió en lo siguiente:

a. El levantamiento topográfico se realizó con una Estación Total marca TOPCON, Modelo ES-105, en el área del proyecto, partiendo de los BM'S y vértices de la poligonal de apoyo obteniendo los puntos topográficos, ubicación de las viviendas, linderos de predios o parcelas, calles, accesos, postes de luz teléfono, cunetas y alcantarillas existentes buzones y otros.

b. En el levantamiento topográfico se han registrado 4381 puntos topográficos y se han establecido 10 Puntos de control Horizontal y Vertical (BMs) que corresponden a la poligonal de apoyo y que se encuentran ubicados dentro del área del proyecto, estos BMs se han ubicado en estructuras existente de concreto cuyas coordenadas se muestra en el cuadro Anexo N°01:

c. En la fase de gabinete, que consiste en el Procesamiento de los datos y la digitalización de los planos, se ha empleado el programa AIDC ns y AUTOCAD 2014, obteniendo los planos de planta georreferenciado a curvas de nivel con una equidistancia de 0.50 m curvas secundarias y 2.00 m curvas principales y en una escala 1/1750, se observa los BMs, los predios comprendidos en el proyecto, los caminos, infraestructura existente y todo lo solicitado en los términos de referencia.

#### **3.2.7.2.2 Área de drenaje**

En la zona de influencia del proyecto materia del presente estudio, el dren principal lo constituye el dren Sinchi Roca, el cual recibe las aguas de las áreas de drenaje de la parte alta de la ciudad a través de los drenes Comandante Chirinos y Martin de la Riva en la parte superior derecha y Santa Rosa con Nicolás de Piérola en la parte superior izquierda y drenes de pequeña magnitud en la parte intermedia como es el dren Los Ángeles.

Para lo cual se debe tener en cuenta las características geomorfológicas de las cuencas las cuales se indican el cuadro N°5 de resultados.

#### **3.2.7.2.3 Estructuras Hidráulicas Existentes en el Dren Colector Sinchi Roca**

El dren Colector Sinchi roca, a lo largo de su recorrido, presenta tramos de pendientes pronunciadas del terreno (1 al 10 %), y por el volumen de agua que

acarrea, genera una erosión importante de su cauce, que cada día avanza más, lo cual genera una serie de dificultades y problemas a la infraestructura urbana construida en ese sector (calles, viviendas, obras de saneamiento), motivo por el cual, las autoridades Locales y población aledaña a dichos cauces, a lo largo de los años, han venido construyendo una serie de estructuras hidráulicas, tanto definitivas (en su parecer) así como provisionales, como canaletas y alcantarillas, de concreto y albañilería; con la finalidad de lograr de manera mínima encausar el volumen de aguas que discurren en épocas de lluvias a través de los drenes colectores que se han formado con el tiempo, las mismas que están ubicadas en ambas márgenes del Jirón Sinchi Roca, desde la cuadra 01, hasta su punto de entrega con el dren Alfonso Ugarte, pasando por la vía de evitamiento.

En ese contexto en el Anexo N°02, se presenta el plano de ubicación general de las estructuras hidráulicas encontradas a lo largo del dren colector Sinchi Roca y demás drenes secundarios.

Así mismo en el Anexo N°03 se muestra las fotos de las estructuras de drenaje existentes ubicados a lo largo del dren Sinchi Roca.

### **3.2.7.3 Análisis Hidrológico.**

Con la información obtenida de la oficina de estadística e informática del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se ha procedido a efectuar el cálculo de la lluvia y escorrentías máximas a fin de determinar la capacidad de las estructuras hidráulicas a construirse, teniendo en consideración su período de vida útil asignada, así como los aspectos técnicos y económicos.

El análisis estadístico de la serie de datos de precipitación obtenida, se basa en las posibilidades de excedencia o no excedencia de las frecuencias de lluvia según los métodos de distribución de valores extremos como son: Gumbell, Normal, Gamma, Log Normal, y el de Logaritmos Pearson Tipo III, para calcular precipitaciones para periodos de retorno de 02, 05, 10, 20, 50 y 100 años, ya que con estas precipitaciones se procedió oportunamente a la transformación de dicha lluvia en volumen de escorrentía.

La información disponible en la zona del proyecto corresponde a información pluviométrica con registros máximos en 24 horas de las siguientes estaciones.



**Tabla N° 23: ESTACION PLUVIOMETRICA.**

ESTACION	UBICACIÓN		REGION	PROV.	DISTRITO	ALTITUD. m.s.n.m.	TIPO
	LATITUD SUR	LONGTUD OESTE					
TARAPOTO	06°30'00"	76° 22' 00"	SAN MARTIN	SAN MARTIN	TARAPOTO	289.00	S
TARAPOTO	06°28'00"	76° 22' 00"	SAN MARTIN	SAN MARTIN	TARAPOTO	356.00	CO

FUENTE: SENAMHI

**3.2.7.3.1 Precipitación máxima diaria.**

Los datos empleados, corresponden a los valores de precipitaciones máximas en 24 horas registradas; estos datos se presentan a continuación para un periodo de 31 años (Enero de 1984 a Diciembre del 2014).

**Tabla N° 24:** **SERIE HISTORICA DE PRECIPITACIÓN MAXIMAS EN 24 HORAS Estación Tarapoto**

N°	Año	Precipitación Max. En 24 Horas (mm)
1	1984	69.00
2	1985	63.00
3	1986	62.00
4	1987	65.00
5	1988	69.00
6	1989	100.00
7	1990	58.00
8	1991	48.00
9	1992	55.00
10	1993	62.00
11	1994	76.00
12	1995	44.00
13	1996	77.00
14	1997	53.00
15	1998	84.50
16	1999	98.40
17	2000	74.00
18	2001	64.20
19	2002	65.20
20	2003	68.00

21	2004	71.00
22	2005	100.50
23	2006	54.00
24	2007	113.30
25	2008	71.70
26	2009	59.00
27	2010	63.50
28	2011	89.50
29	2012	60.00
30	2013	91.00
31	2014	49.00

**FUENTE: SENAMHI**

### **3.2.7.3.2 Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos**

Luego de realizar las pruebas de ajuste correspondientes, teniendo en cuenta los valores de la tabla N°08 del ítem 2.5.2.6, para distribuciones (Normal, Log Normal, Log Pearson III y Gumbel) de la estación Tarapoto. En el Anexo N°04 se muestra los cálculos de la Prueba Kolmogorov-Smirnov para las diferentes distribuciones, respecto de lo cual se tiene los resultados indicados en el cuadro N°07 de resultados.

### **3.2.7.3.3 Cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas**

Para el cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas, se han utilizados los datos de las precipitaciones máximas de la serie de 31 años (1984 – 2014), haciéndose el análisis estadístico de frecuencias referidos a las máximas diarias, la cual tiene por finalidad, estimar las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, que pueden ser discretos o continuos.

Los métodos probabilísticos que mejor se ajustan a los valores extremos máximos para las distribuciones y que son más usadas en estudios hidrológicos, son los siguientes:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal.
- Distribución Log Pearson III.
- Distribución Extrema Tipo I- Gumbel.

En los Anexos N°05, se presenta el análisis estadístico para las distribuciones antes indicadas, para la estación Tarapoto, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años respectivamente.

De acuerdo a lo cual, como resumen general se tiene el cuadro N°08 de resultados.

#### **3.2.7.3.4 Intensidades de lluvia.**

El Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, establece que cuando se cuenten con lluvias máximas en 24 horas el valor de la intensidad se estima a partir de esa precipitación multiplicada por un coeficiente de duración, cuya tabla presenta una variación de coeficientes entre 1 hora y 48 horas.

Del mismo modo, para duraciones de tormenta menores a una hora, cuando no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas con la metodología de Dick Peschke explicada líneas arriba con la fórmula (F.1) del ítem 2.5.2.5.2.

En el anexo N°06 cuadros 7.2.5 a) y b) se muestra los cálculos para la máxima precipitación para diferentes periodos de retorno, según métodos de Dick Peschke y Bell, de acuerdo a lo cual se observa que con el método de Dick Peschke los datos están por encima de los valores esperados y recomendación del MTC, por lo tanto utilizaremos como criterio el método de Bell, expresado en el cuadro N°09 de resultados.

#### **Intensidad Máxima**

Una vez calculados los coeficientes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  de la fórmula (F.5) mediante regresión múltiple, a partir de las intensidades calculadas con el método de Bell, fue posible encontrar los valores de los parámetros  $k$ ,  $m$  y  $n$  expresado en la fórmula (F.4) valores indicados en el anexo N°06 cuadro 7.2.5 c).

En el Anexo N°06 se muestra el cálculo de las máximas intensidades que sirvieron de base para calcular la fórmula de Intensidad, para diferentes duraciones y periodos de retorno  $T$ , teniendo en cuenta la fórmula F.3 con lo cual se obtuvo los datos mostrados en el cuadro N°10 de resultados.

### 3.2.7.3.5 Tiempo de concentración

De Acuerdo a la formula (F.6) y valores de la tabla N°05 del ítem 2.5.2.5.5 recomendadas por los manuales del MTC y el la Norma 060 del RNE, se tiene el cálculo de los tiempos de concentración para cada sub cuenca los cuales están expresados en el **cuadro N°11 de resultados**.

La Norma OS -060 del RNE establece que la intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al diseño de la obra de drenaje.

Es decir en aplicación de la curva I-D-F de la zona, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y para la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje.

En ese contexto, con el tiempo de concentración calculado y aplicando la ecuación de Intensidad Máxima, encontramos las intensidades máximas para cada una de nuestras cuencas, para diferentes periodos de retorno, de acuerdo a lo mostrado en el **cuadro N°12 de resultados**.

### 3.2.7.3.6 Periodo de retorno

Teniendo en consideración el Tabla N°06 especificado en el ítem 2.5.2.5.6

Así mismo, la Norma OS -060 del RNE, establece que periodo de retorno en el sistema de drenaje urbano menor debe ser diseñado entre 2 y 10 años mientras que para el sistema mayor no debe ser menor de 25 años.

En ese contexto, se utilizará un periodo de retorno **T = 25 años**, para el diseño de las obras hidráulicas de los sistemas de drenaje Sinchi Roca y Alfonso Ugarte (drenes colectores principales) de la ciudad de Tarapoto y un periodo de retorno **T = 10 años**, para los sistemas de drenajes secundarios o alimentadores como son Cmdte Chirinos –Martin de la Riva, Santa Rosa – Nicolás de Piérola y los Ángeles.

### 3.2.7.4 Caudales Máximo de Diseño.

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su

determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgo, vulnerabilidad, importancia y costo de obra y muchos otros más. En nuestro país, existe escasez de datos, por lo que juegan un papel muy importante la experiencia y el buen tino del ingeniero proyectista para escoger la Avenida de Diseño. Dentro de los criterios para la selección de los valores posibles están los relativos al máximo nivel alcanzado por el agua, la capacidad del encauzamiento, si fuese el caso las máximas socavaciones y muchas otras más.

Así mismo, la Norma OS - 060 del RNE, drenaje Pluvial Urbano del RNE, establece que los caudales de diseño para los sistemas de drenaje menor urbanos, deben ser calculados por el Método Racional, si el área de la cuenca es igual o menor a 13 km<sup>2</sup>. Y por método de Hidrograma Unitario o modelos de simulación para área de cuencas mayores.

#### **3.2.7.4.1 Método Racional**

Supone que la máxima variación del gasto correspondiente a una lluvia de cierta intensidad sobre el área, es producida por la lluvia que se mantiene por un tiempo igual al que tarda el gasto máximo en llegar al punto de observación considerado. Teóricamente este periodo es el Tiempo de Concentración.

Según ello, una avenida, en una cuenca natural, es proporcional a la intensidad de precipitación (I), según su tiempo de concentración T<sub>c</sub>, al área de drenaje (A) y al coeficiente de escorrentía (C).

Para efectos de la aplicabilidad de la fórmula F.9 el coeficiente de escorrentía "C" y las intensidades varían de acuerdo a las características geomorfológicas de la zona: topografía, naturaleza del suelo y vegetación de la cuenca.

En la tabla N°07 del ítem 2.5.2.5.7, se establecen valores para el coeficiente de escorrentía para ser utilizados en el método Racional de acuerdo a las características de la superficie y periodo de retorno adoptado.

En ese contexto, habiéndose determinado las áreas tributarias de las sub cuencas del área de estudio así como sus características físicas, y conociendo los datos de Intensidad y tiempo de concentración calculados para cada cuenca en

particular, para cada periodo de retorno establecido, aplicando el Método Racional, se han calculado las máximas descargas que discurrirán por los cauces de los sistemas de drenaje estudiados; a partir de lo cual, y demás datos necesarios obtenidos en el presente estudio, se efectuarán el diseño hidráulico de las obras de drenaje correspondientes.

En los cuadros del anexo N°07, se presentan los cálculos de los caudales que discurrirán por las diferentes calles del estudio.

### **3.2.7.5 Consideraciones Para el Diseño de las Estructuras de Drenaje**

#### **3.2.7.5.1 Coeficiente de rugosidad (n)**

Los valores del coeficiente de rugosidad  $n$ , se presentan en los manuales del MTC y de la norma OS -060 RNE, de lo cual para nuestras alcantarillas que serán de concreto armado, con acabado sin pulir, solo a nivel de encofrado cara vista solaqueado, el valor de  $n$  se considera en 0.016.

#### **3.2.7.5.2 Velocidades**

El parámetro de velocidad, se verificará según la tabla N°16 del ítem (2.5.2.13 g.) debido a la pendiente excesiva del terreno, algunos tramos presentarán velocidades un poco mayores a las indicadas, para lo cual se reforzará la calidad y resistencia del concreto.

Así mismo se verificará que las velocidades mínimas del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, para lo cual se tendrá que la Velocidad mínima sea igual a 0.25 m/seg.

#### **3.2.7.5.3 Material sólido de arrastre**

Los desechos de construcción, maleza recortada y hasta desperdicios son arrojados por los pobladores a los cauces de los drenes y alcantarillas existentes los mismos que en época de lluvias son arrastrados por la corriente aguas abajo; estos elementos son muy perjudiciales si se acumulan en la alcantarilla o el dren e inciden en su comportamiento hidráulico. No solamente afecta a la alcantarilla, también afecta las zonas aledañas de las vías, como casas veredas, etc.

La realidad es que los programas de mantenimiento son casi nulos, es por ello muchas veces los diseños de las estructuras hidráulicas deben plantear de modo mínimo la alternativa de dejar pasar los sólidos, desperdicios y otros elementos

mediante la construcción de obras de drenaje longitudinal y transversal a las vías, que tengan una mayor sección hidráulica; y que para nuestro caso en particular, donde en la evaluación de campo se ha observado una gran cantidad de materiales depositados en el cauce, consideramos que se debe considerar un incremento del volumen de agua por este concepto entre el 10 al 15 %.

#### **3.2.7.5.4 Borde libre**

El borde libre en alcantarillas, cunetas y canales, es un parámetro muy importante a tomar en cuenta durante su diseño hidráulico, por ello, las obras de drenaje no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica y más aun teniendo como constante el tema de la basura depositada en los cauces. En consecuencia se ha tomado la recomendación de que el diseño hidráulico de las obras de drenaje del presente proyecto, considere como borde libre, mínimo el 25 % de la altura de la estructura.

#### **3.2.7.5.5 Socavación local a la salida de la alcantarilla**

Como las obras hidráulicas son continuas, no habrá problemas de socavación local a la salida de las obras de drenaje.

#### **3.2.7.5.6 Abrasión**

En la evaluación de las obras existentes, se ha observado erosión de las bases de las alcantarillas, es por ello que para aminorar el efecto de la acción mecánica de rozamiento que erosiona el material de fondo de la alcantarilla, se ha debe considerar el diseño de las alcantarillas con material de concreto armado de alta resistencia que pueda absorber este efecto nocivo en su funcionamiento.

#### **3.2.7.6 Cálculo de Caudales de Diseño de Cada Dren**

De acuerdo al área de drenaje y sus particularidades (techo, pista o área verde) y teniendo en consideración los valores de las intensidades máximas calculadas según los indicado en el numeral 3.2.7.4.1, se procedió a efectuar el cálculo de los caudales de diseño que discurrirán sobre los diferentes sistemas de drenaje materia de nuestro proyecto, tales como : Dren Sinchi Roca, Dren Alfonso Ugarte, Dren los Ángeles y Drenes Secundarios o Laterales, los mismos que son presentados en los cuadros N°13 al N°17 de resultados.

### **3.2.7.7 Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de Drenaje Existente.**

Con la información topográfica y demás información recopilada en campo respecto de las características de las obras de drenaje existentes a los largo del dren colector Sinchi Roca entre otros, y contando con los caudales de diseño para sistema de drenaje, se ha procedido a verificar el funcionamiento hidráulico de cada una de ellas, en el anexo N°08 se muestra el cálculo y la verificación correspondiente.

Como criterio se ha adoptado que el coeficiente n para concreto se dio el valor de 0.017, mientras que para la TMC de 0.020.

Cuyo resumen está expresado en los cuadros N°18 al N°21 de resultados.

### **3.2.7.8 Cálculo de las Pendientes de Diseño**

En los literales a) a la d) del Anexo N°09, se muestra el cálculo de las pendientes de los tramos en tangente que servirá para el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje proyectados, como son: Dren Sinchi Roca, Dren Alfonso Ugarte, Dren los Ángeles y Drenes Secundarios o Laterales. Las mismas que están expresadas en los cuadros N°22 al N°35 de Resultados.

### **3.2.7.9 Diseño Hidráulico de las Estructuras de Drenaje**

Teniendo en consideración lo indicado en las premisas de diseño, caudales de diseño, pendientes de diseño y el planteamiento hidráulico del sistema de drenaje adoptado, se ha realizado el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje del sistema, tales como: Dren Sinchi Roca, Dren Alfonso Ugarte, Dren los Ángeles y Drenes Secundarios o Laterales, los mismos que son presentados en los cuadros N°36 al N°50 de Resultados y cuyo cálculo se encuentra indicado en los literales a), b), c) y d) del anexo N°10 cuadros.

### **3.2.7.10 Diseño Estructural**

#### **3.2.7.10.1 Criterios de Diseño Estructural**

##### **3.2.7.10.1.1 Hipótesis de Análisis**

Para el análisis estructural se ha utilizado el software SAP2000. Las estructuras se analizaron mediante modelos bidimensionales sobre fundación elástica.



En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto se representaron con elementos lineales. El modelo se analizó considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados como solicitaciones de carga debido a que aquellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la estructuras proyectadas.

#### **3.2.7.10.1.2 Normas Aplicables**

Se desarrolló el diseño Teniendo en cuenta las siguientes normas:

- Manual de Diseño de Puentes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - MTC (2003)

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO

#### **3.2.7.10.1.3 Estudio de Mecánica de suelos**

Para el diseño de las estructuras (alcantarillas marco de concreto armado) se consideró los resultados obtenidos en el Estudio de Mecánica de Suelos, siendo las condiciones generales de cimentación las presentadas en el cuadro N°52 de resultados.

#### **3.2.7.10.1.4 Parámetros de diseño**

Para efectos del análisis realizado a las edificaciones se han adoptado para los elementos estructurales los valores indicados a continuación:

- Concreto armado :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  ( $E = 217\,370.6 \text{ kg/cm}^2$ )
- Acero de refuerzo G-60 :  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  ( $E = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$ )

##### **3.2.7.10.1.4.1 Cargas**

Se han considerado diversos tipos de cargas, entre ellos: Carga Muerta (DC), Presión de Tierra Horizontal (EH), Carga Superficial en el Terreno (ES), Carga de Superficie de Desgaste (DW), Carga Viva Vehicular (LL), etc.

##### **➤ Cargas Muertas (DC):**

Los pesos de los elementos no estructurales se estimaron a partir de sus dimensiones reales con su correspondiente peso específico. A continuación se detallan las cargas muertas consideradas en el análisis:

#### Concreto:

- Peso propio :  $P_e C^o A^o = 2400 \text{ kg/m}^3$

#### Asfalto:

- Peso propio :  $P_e \text{Asfalto} = 2200 \text{ kg/m}^3$

#### ➤ **Cargas Vivas (LL):**

Corresponde a la carga de los camiones de diseño, el cual se ha determinado siguiendo los procedimientos que indica el “Manual de Diseño de Puentes” (MTC, 2003), y corresponde al HL-93, cuya distribución de cargas se tomó tal cual están indicadas en el ítem 2.5.2.15.1.5.

#### ➤ **Empuje de Suelos (E):**

Para el desafío de las estructuras de retención de tierras, se considerara los siguientes valores expresados en el cuadro N°53 de resultados.

#### ➤ **Cargas Sísmica (S)**

No se aplica. El Manual de “Manual de Diseño de Puentes”, especifica que no se considerará las acciones sísmicas en alcantarillas y estructuras totalmente enterradas.

### **3.2.7.10.1.4.2 Combinaciones de carga**

El diseño de los elementos estructurales se basó en el procedimiento de cargas factorizadas conforme a la norma:

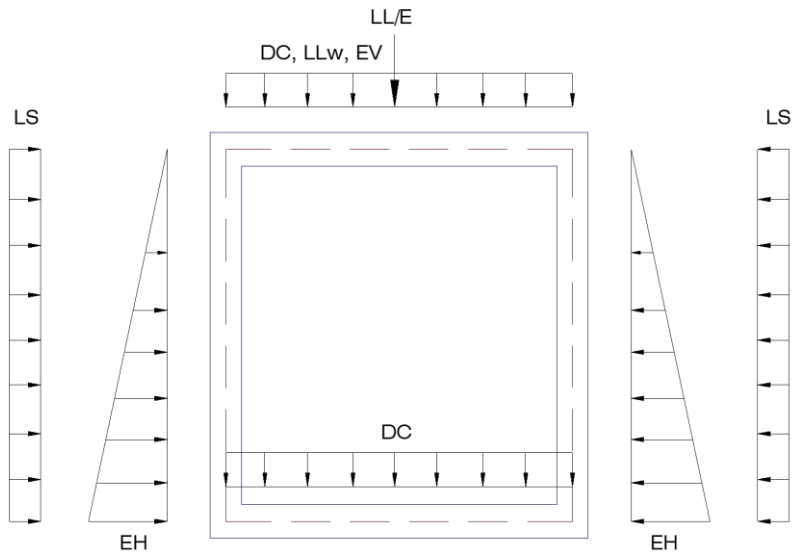
Las combinaciones de carga analizadas fueron las siguientes expresadas en el cuadro N°54 de resultados:

### **3.2.7.10.1.5 Modelamiento y Análisis estructural**

Las estructuras a diseñar tienen las siguientes dimensiones indicadas en el cuadro N°55 de resultados:

- El análisis y diseño de las estructuras se ha realizado para el estado de carga desfavorable, es decir, bajo el supuesto que las estructuras se encuentran vacías.
- Se ha considerado además del peso de los elementos estructurales y no estructurales, la presión y peso del terreno, presión y peso de agua, carga viva vehicular. El diagrama de cargas se presenta en la Figura N°01.

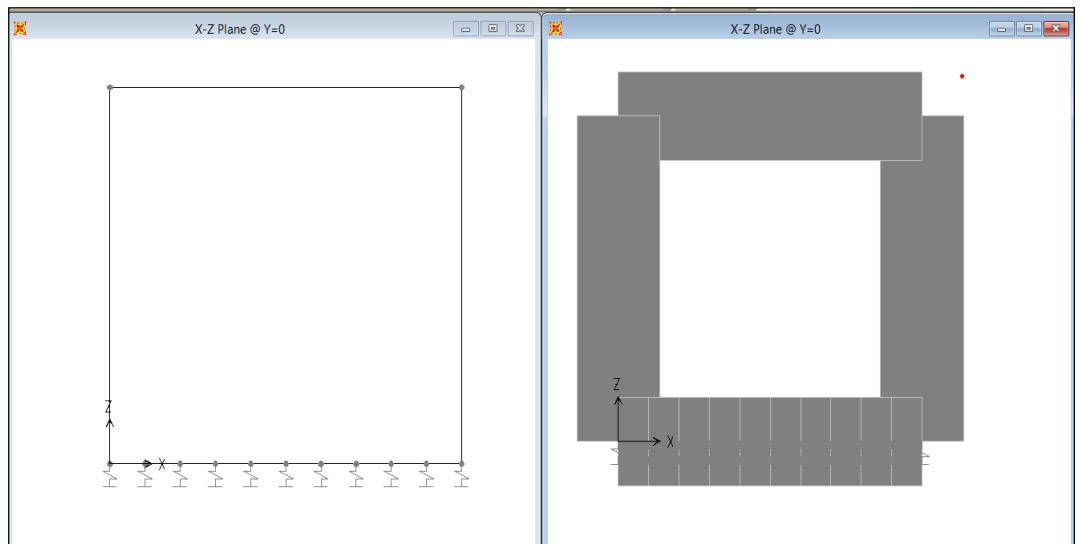
**Figura N°01: Diagrama de cargas**



**Fuente: elaboración propia**

- Las presiones sobre el suelo no exceden a su capacidad de carga última.
- El modelo estructural típico se presenta en la Imagen N°09, en el cual se incluyeron los parámetros indicados en el capítulo anterior y se tomaron en consideración las hipótesis de análisis indicadas en el ítem 3.2.7.10.1.1.

**Figura N°02: Vista del modelo estructural bidimensional**



**Fuente: elaboración propia**

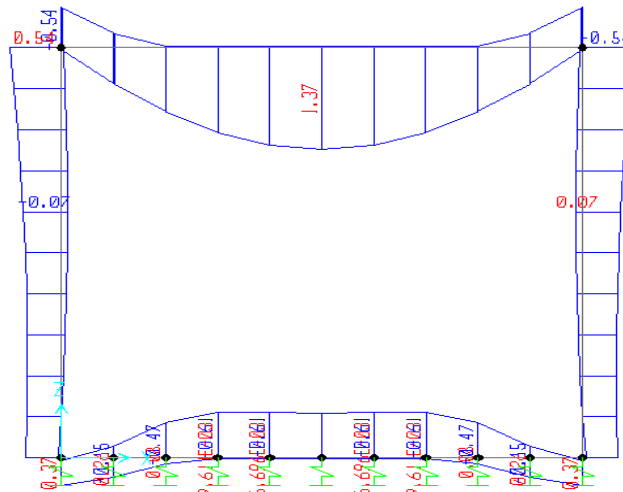
- El análisis estructural se ha realizado utilizando el programa SAP 2000. El modelo bidimensional se ha idealizado con elementos tipo frame y la losa de fondo se apoya sobre lecho elástico.

- El acero de refuerzo de las estructuras han sido calculados empleando el método de factores de carga y resistencia.
- La armadura colocada cumple con los requisitos de diseño por flexión y con los requisitos de armadura mínima por temperatura y contracción de fragua.

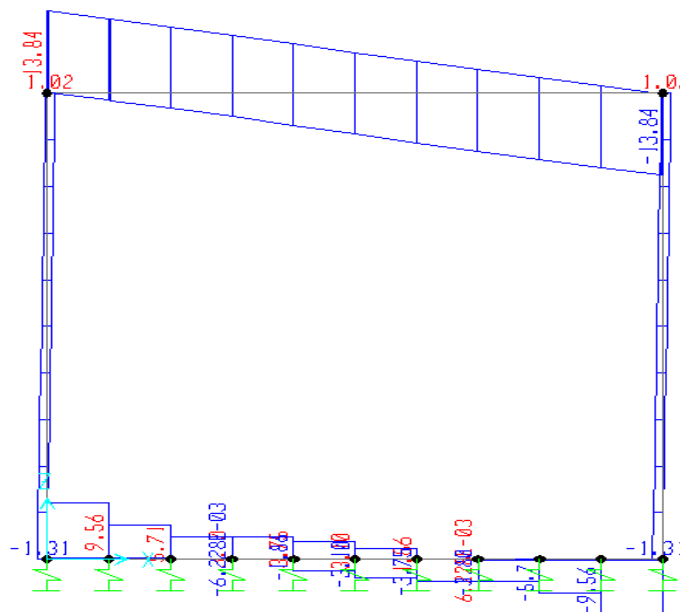
➤ **Solicitaciones**

Las solicitaciones de diseño típico (Momento flector y fuerza cortante), se muestran a continuación:

**Figura N°03: Diagrama de Momento Flectores**



**Figura N°04: Diagrama de Fuerza Cortante**



#### **3.2.7.10.1.6 Diseño Estructura**

El diseño de los elementos estructurales se realizó con los resultados obtenidos del análisis estructural cuyo cálculo y diseño estructural de las alcantarillas son mostradas en el Anexo N°11

#### **3.2.7.11 Planteamiento Hidráulico del Sistema de Drenaje**

El planteamiento hidráulico del sistema de drenaje Sinchi Roca se describe de la siguiente manera:

##### **3.2.7.11.1 Sistema de drenaje Dren Colector Sinchi Roca, entre las cuadras 01 y 06 del Jr. Sinchi Roca.**

Este tramo se caracteriza porque a ambos lados de la vía se han construido una serie de obras de arte, de los cuales según la verificación hidráulica realizada la gran mayoría de ellos cumple ampliamente las solicitudes hidráulicas requeridas, en consecuencia el diseño que se proyecta en estos tramos consiste en la construcción de alcantarillas de concreto rectangular las mismas que discurrirán de modo paralelo a la vía en ambos lados de la calzada, las mismas que estarán ubicadas inmediatamente después de la berma de la vía, para recibir lateralmente las aguas que discurren sobre la plataforma de la vía, para cuyo efecto el trazo en planta requiere el empalme adecuado de las estructuras nuevas con las existentes para mantener la armonía arquitectónica de la vía.

Así mismo de la evaluación que se ha realizado a las obras de drenaje existentes, se ha observado que todas ellas presentan erosión del fondo de su estructura, por lo que de modo general se considera recuperar este fondo y mejorarlo con una capa de concreto de mayor resistencia.

##### **3.2.7.11.2 Sistema de drenaje Dren colector Sinchi Roca desde final de la cuadra 06 hasta su entrega al dren Alfonso Ugarte.**

Desde el final de la cuadra 06 del Jr. Sinchi Roca, el trazo del dren presenta una sería disyuntiva por la imposibilidad de continuar de manera directa, para salir de la cuadra 07 hacia la vía de Evitamiento, el mismo que por condiciones topográficas del tramo, el funcionamiento hidráulico del dren sería adecuado, pero que sin embargo, de las coordinaciones realizadas, la cuadra 01 del Jr. Quiñones que permitiría el pase del dren hacia la vía de Evitamiento se encuentra

en un tema judicial con la MPSM y por lo tanto, no existe a corto plazo ningún visto de solución para permitir el paso del dren por este lado. En consecuencia se han efectuado alternativas de trazo del dren colector Sinchi Roca que presente las mejores condiciones técnicas (mejor trazo y funcionamiento hidráulico adecuado) así como también con un criterio de economía. En ese contexto, se han analizado dos alternativas de planteamiento Hidráulico, de acuerdo a lo siguiente:

#### **Alternativa N° 01**

Al término de la cuadra 06 del Jr. Sinchi Roca, los drenes proyectados a ambos lados de la calle se juntan para convertirse en un solo dren colector, cuyo trazo en el análisis de esta alternativa, se plantea que el dren doble hacia la derecha para dirigirse por la cuadra 02 del Jr. América, luego continuar por la cuadra 06 del Jr los Ángeles y luego hacia la izquierda por la cuadra 10 de la vía de evitamiento para entregar sus aguas en la alcantarilla existente del dren Alfonso Ugarte después del cruce de la misma con la vía de evitamiento (Grifo Melchorita).

#### **Alternativa N° 02**

Al término de la cuadra 06 del Jr. Sinchi Roca, los drenes proyectados a ambos lados de la calle se juntan para convertirse en un solo dren colector, cuyo trazo se plantea que doble al lado izquierdo para dirigirse por la cuadra 01 del Jr América, luego del cual en la intersección con el Jr Alfonso Ugarte, entregar sus aguas en la alcantarilla existente del dren Alfonso Ugarte (Inicio Cuadra 15), cuyo flujo baja en dirección hacia la vía de evitamiento.

Como se ha observado en la verificación del funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje existentes (anexo N° 08), la alcantarilla del dren Alfonso Ugarte en ese punto está trabajando al límite, por lo que al juntarse las aguas de dicho dren con las aguas del dren Sinchi Roca se requiere de una mayor sección hidráulica de alcantarilla, motivo por el cual se aprovecharía la coyuntura para rediseñar esta alcantarilla y mejorar su comportamiento hidráulico desde el punto de encuentro con el dren Sinchi Roca, hasta su entrega con el dren natural Alfonso Ugarte que se ubica pasando la vía de Evitamiento (después del grifo Melchorita), con lo cual se podrá absorber sin mayor riesgo, las solicitudes hidráulicas de ambos drenes en todo ese tramo.

Cuyo cálculo de las alternativas de trazo están indicadas en el Anexo N°12.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos proceden de fuentes que tienen crédito y de la que se ha levantado en campo más la que resulta de la aplicación de las normas en gabinete, así tenemos:

##### 4.1 Características Generales:

**Cuadro N°01: Información general de ubicación del proyecto**

<b>Distrito</b>	Tarapoto “Ciudad de las Palmeras” y capital de la provincia de San Martín
<b>Ubicación</b>	Entre el cementerio General de la ciudad de Tarapoto y la zona de la vía de Evitamiento cerca de la intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.
<b>Coordenadas</b>	<b>Jr Sinchi Roca Inicio C-01:</b> Latitud Sur : 6°29'12” Longitud Oeste : 76°22'4”
	<b>Prolongación Libertad final C-01</b> Latitud Sur : 6°29'38” Longitud Oeste : 76°22'37”
<b>Altitud</b>	entre los 317 m.s.n.m hasta los 269 m.s.n.m
<b>Precipitación</b>	El promedio de precipitación pluvial total anual de este tipo climático, varía entre los 1000 y 1400 mm, con promedio de 1213 mm
<b>Relieve</b>	accidentado
<b>Pendiente</b>	Varía entre 0.11% a 11.73%.
<b>Temperatura</b>	Promedio de 26.2°C.

Fuente: elaboración propia

## 4.2 Estudio socio económico

**Cuadro N°02: Población Beneficiaria**

Dist.	Prov.	Dpto.	Población (habitantes)								
			Censo								
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tarapoto	San Martín	San Martín	68,295	69,388	70,498	71,626	72,772	73,937	75,120	76,322	77,543

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007

**Cuadro N°03°: Población Objetivo**

POBLACION BENEFICIARIA	POBLACION DIRECTA
Población de Ambas márgenes de las Vía involucradas en el proyecto	1,265.00
I.E Túpac Amaru	855.00
I.E. INICIAL N° 218	124.00
Academia PREPOL	132.00
Población Ingresa Empresa de Transportes y Turismo CAJAMARCA	625.00
Población Ingresa Empresa de Transportes y Turismo SISA	350.00
Población Ingresa Empresa de Transportes y Turismo SAN MARTIN	325.00
Población ingresa a ESSALUD	3,769.00
Población del Distrito Tarapoto (5% del Total)	3,877.00
<b>TOTAL :</b>	<b>11,322.00</b>

Fuente: Equipo Modular



**Cuadro N°04: Vivienda por Tipo de área**

CATEGORIAS	CASOS	%
Urbano	16,354	99.16%
Rural	138	0.84%
<b>Total</b>	<b>16,492</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: INEI - CPV2007

#### 4.3 Topografía

El proyecto se encuentra entre los 317 m.s.n.m hasta los 269 m.s.n.m y es del tipo llana con pequeñas ondulaciones, con pendientes moderadas.

#### 4.4 Área de drenaje

**Cuadro N°05: Características y Área de zona ha Drenar**

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LA CUENCA						
Sub Cuenca	Nombre Sub Cuenca	Área km2	Cota Superior	Cota Inferior	Longitud de cauce Principal km	Pendiente (m/m)
1	Chirinos-Martin Riva	0.170	378	317	0.891	0.068
2	Sta Rosa - N. Piérola	0.145	372	303	1.016	0.068
3	Sinchi Roca	0.222	317	269	1.049	0.046
4	Los Angeles	0.073	278	263	0.601	0.025
5	Alfonso Ugarte	0.633	367	269	1.902	0.052
	<b>Total</b>	<b>1.243</b>				

Fuente: elaboración propia

En consecuencia, el área total de drenaje estudiado para todas las sub cuencas colectoras es de 1.243 km<sup>2</sup>.

## 4.5 Análisis Hidrológico.

### 4.5.1 Precipitación máxima diaria.

**Cuadro N°06: Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas estación Tarapoto.**

AÑO	ENER	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Pmax (mm)
1984	10	42	15	18	69	18	3	18	17	8	24	18	69.0
1985	30	33	35	32	14	6	35	40	5	63	20	0	63.0
1986	40	62	23	33	12	17	18	12	20	25	23	61.8	62.0
1987	28	35	18	61	12	28	48	21	27.2	26	65	17	65.0
1988	12	69	55	36	31.2	6	4	48	22	12	40	30	69.0
1989	28.9	100	45	39.8	41.6	25	6	22	14	32	28	10	100.0
1990	54	35	19	58	14	33	51	25	15	20	43	16	58.0
1991	18	30	35	27.4	20	29	15	18	24	28	48	3	48.0
1992	20	18	55	22	7	6	20	25	24	36	19	27	55.0
1993	62	38	27	28	32	35	32	15	22	8	33	39	62.0
1994	25	18	32	42	8	76	61	12	30	32	59	54	76.0
1995	14	31	37	25	21	10	13	9	14	27	44	25	44.0
1996	65	15	42	19	25	15	10	21	14	16	26	77	77.0
1997	25	35	34	20	47	8	15	36	40	10	20	53	53.0
1998	26	29	74	72	48	49	10	15	60	37	50	15	74.0
1999	68	40	38	20	39	12	19	19	10	12	16	20	68.0
2000	30	31	17	32	35	14	27	24	54	24	18	34	54.0
2001	13	21	50	59	56	16	42	16	27	20	47	44	59.0
2002	4	18	17	28	6	34	60	6	40	25	20	11	60.0
2003	74	37	54.6	33.1	37.6	27.5	17.8	18	18	84.5	40.2	52.2	84.5
2004	15.8	64.2	24	26.2	48.1	30.7	25.7	25.6	28.2	33.2	46.2	59.9	64.2
2005	15.9	33.7	48.8	44	22.4	26.8	16.3	15.5	26	45	71	9.3	71.0
2006	38.5	44.5	41.5	52	39	17.3	113.3	7	18.5	39.2	74	28	113.3
2007	37	7.5	48	21	45.4	16.5	60	46.2	45.2	37.8	63.5	18.5	63.5
2008	25.6	91	27.5	51	25.6	24	9.3	10.4	38	17.4	18	15.3	91.0
2009	29.4	49	28	35.5	36.5	47	9.1	25	31.5	18.4	25.5	42	49.0
2010	32.2	62.4	17.6	72.8	31.6	40.6	6.1	44.5	23.9	27.7	98.4	47.8	98.4
2011	42.4	11.8	63.2	51.9	31.5	65.2	49.2	14.5	21.6	24.6	49.2	61.8	65.2
2012	71.7	35.6	53.1	100.5	40.8	28.8	20	8.3	31.2	40.2	15.6	82.4	100.5
2013	71.7	32.7	45.3	27.4	32.1	20.1	15	49	41.8	27	64.5	28.4	71.7
2014	33.4	29.5	60.3	37.6	32.1	13.2	32.5	22.4	28.2	89.5	46.1	26	89.5
PROMEDIO	34.2	38.7	38.1	39.5	31.0	25.6	27.8	22.2	26.8	30.5	40.5	33.1	70.25
MAX.	74.0	100	74.0	100.5	69.0	76.0	113.3	49.0	60.0	89.5	98.4	82.4	113.3

Se cuenta con datos de los Efectos de los Fenómenos del Niño correspondiente al año 1983.

(\*)

**Fuente: elaboración propia con información de SENAMHI**

#### 4.5.2 Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos.

**Cuadro N°07: Prueba Kolgomorov-Smirnov para la Distribución:**

Normal	0.963
Log Normal	0.960
Log Pearson III	0.961
Gumbel	1.960

FUENTE: elaboración propia

Mínimo D = 0.960 → Log Normal

Mínimo D = 0.961 → Log Person III

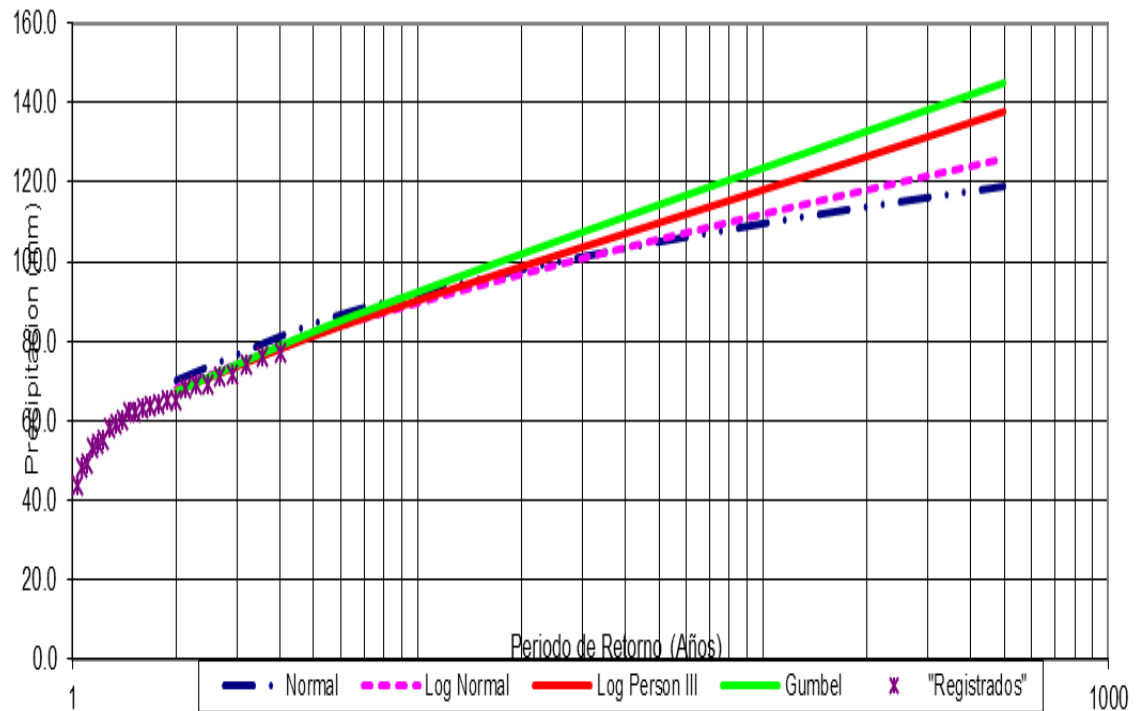
#### 4.5.3 Cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas

**Cuadro N°08: Resumen de cálculo de precipitaciones máximas en 24 horas**

T (años)	Distribución Normal	Distribución Log Normal	Distribución Log Pearson III	Distribución Extrema Tipo I-Gumbel
2	70.3	68.4	76.3	67.5
5	84.6	81.7	91.9	82.5
10	92.1	89.7	102.0	92.5
20	98.3	96.9	111.7	102.0
25	100.1	99.1	114.7	105.0
50	105.2	105.7	124.1	114.4
100	109.9	111.9	133.5	123.6

FUENTE: elaboración propia

**Figura N°05: Comparación de Distribuciones-Estación Tarapoto**



Fuente: elaboración propia

#### 4.5.4 Intensidades de lluvia.

**Cuadro N°09: precipitación máximas (mm).- Estación Tarapoto: modelo de Bell**

T años	P.Max 24 horas (mm)	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
100	133.5	12.1	18.1	22.1	25.3	30.1	39.5
50	124.1	10.9	16.3	20.0	22.8	27.1	35.6
25	114.7	9.7	14.6	17.8	20.3	24.2	31.7
10	102.0	8.2	12.2	14.9	17.0	20.3	26.5
5	91.9	7.0	10.5	12.8	14.6	17.3	22.8

Fuente: Elaboración propia

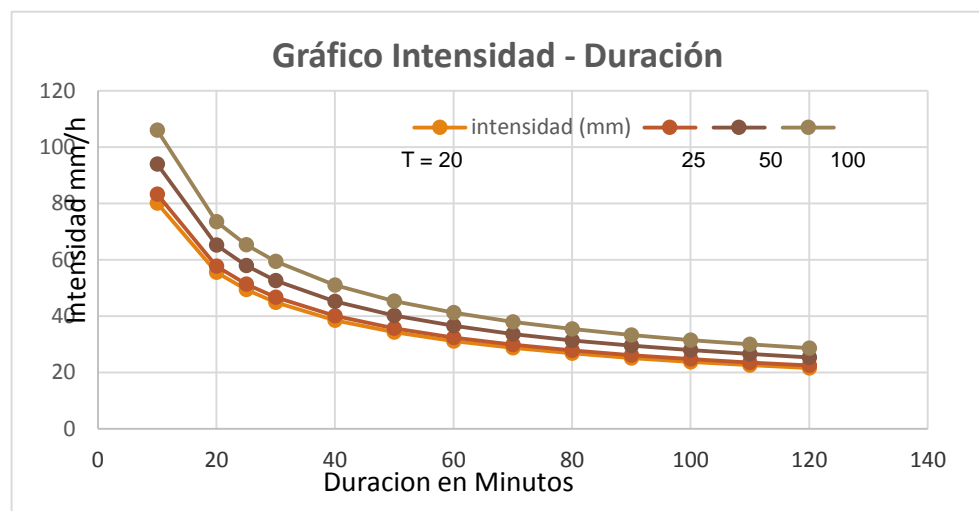
## Intensidad Máxima

**Cuadro N°10: intensidades máximas (mm/h):  
Estación Tarapoto.**

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años			
	20	25	50	100
10	80.05	83.23	93.91	105.97
20	55.54	57.74	65.15	73.52
30	44.85	46.62	52.61	59.36
40	38.53	40.06	45.20	51.01
50	34.25	35.61	40.18	45.34
60	31.11	32.35	36.50	41.18
70	28.68	29.82	33.65	37.97
80	26.73	27.79	31.36	35.39
90	25.12	26.12	29.47	33.25
100	23.76	24.71	27.88	31.46
110	22.60	23.49	26.51	29.91
120	21.58	22.44	25.32	28.57

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°06: Intensidad-Duración**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.5 Tiempo de Concentración

**Cuadro N°11: Tiempos de Concentración para cada sub cuenca**

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LA CUENCA							TIEMPO DE CONCENTRACION Tc				
Sub Cuenca	Nombre Sub Cuenca	Área km2	Cota Sup.	Cota Inf.	Long. Cauce Princ. km	Pend . (m/m )	Kirpich	California Culverts Practice	Ecuac.de Retardo SCS	Ecuac. de George Rivero	TC Promedio
1	Chirinos-Martin Riva	0.170	374	313	0.891	0.068	10.21	10.23	11.90	9.54	9.91
2	Sta Rosa - N. Piérola	0.145	368	299	1.016	0.068	11.33	11.35	13.28	10.88	11.02
3	Sinchi Roca	0.222	313	268	1.028	0.044	13.54	13.56	16.69	11.20	12.92
4	Los Ángeles	0.073	278	263	0.601	0.025	11.12	11.14	14.39	6.70	10.44
5	Alfonso Ugarte	0.633	366	268	1.902	0.052	20.43	20.46	25.17	20.59	19.80

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°12: Intensidades máximas para cada sub cuenca, para diferentes periodos de retorno.**

Sub Cuenca	nombre de Sub Cuenca	Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años					
			2	5	10	25	50	100
1	Chirinos-Martin Riva	9.91	53.84	63.16	71.27	83.61	34.25	31.48
2	Sta Rosa - N. Piérola	11.02	50.93	59.75	67.42	79.09	35.27	32.42
3	Sinchi roca	22.83	34.67	40.68	45.90	53.84	43.20	39.70
4	Los Ángeles	10.44	52.40	61.47	69.36	81.37	34.74	31.94
5	Alfonso Ugarte	19.80	37.38	43.85	49.48	58.05	41.52	38.16

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.6 Periodo de retorno

Se utilizará un periodo de retorno **T = 25 años**, para el diseño de las obras hidráulicas de los sistemas de drenaje Sinchi Roca y Alfonso Ugarte (drenes colectores principales) de la ciudad de Tarapoto y un periodo de retorno **T = 10 años**, para los sistemas de drenajes secundarios o alimentadores como son Cmdte Chirinos –Martin de la Riva, Santa Rosa – Nicolás de Piérola y los Ángeles.

#### 4.6 Caudales Máximos de Diseño.

##### 4.6.1 Consideraciones para el Diseño de las Estructuras de Drenaje

###### Coeficiente (n)

Para nuestras alcantarillas que serán de concreto armado, con acabado sin pulir, solo a nivel de encofrado cara vista solaqueado, el valor de n se considera en 0.016.

###### Velocidades

Se tendrá que la Velocidad mínima sea igual a 0.25 m/seg.

###### Borde libre

El diseño hidráulico de las obras de drenaje del presente proyecto, considere como borde libre, mínimo el 25 % de la altura de la estructura.

###### Socavación local a la salida de la alcantarilla

Como las obras hidráulicas son continuas, no habrá problemas de socavación local a la salida de las obras de drenaje.

##### 4.6.2 Cálculo de Caudales de Diseño de cada Dren

###### a) CAUDALES DE DISEÑO DREN COLECTOR SINCHI ROCA

###### a.1) JR. SINCHI ROCA

**Cuadro N°13: TRAMO: CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 06 DEL JR. SINCHI ROCA**

JIRON	LADO DE LA VIA	CUADRAS	CAUDAL DE DISEÑO (m <sup>3</sup> /seg.)		OBSERVACIONES
SINCHI ROCA	DERECHO	1 y 2	Q4 =	2.654	incluye alcantarilla de cruce con Jr. 06 de Mayo
		2	Q5=	3.320	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Los proceres
		3 y 4	Q7=	3.860	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Belaunde

		5	Q9=	4.590	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Union
		6	Q10=	4.892	Hasta encuentro con Alcantarilla de lado Izq.
SINCHI ROCA	IZQUIERDO	1	Q3 =	0.101	Hasta fin C-01, hasta antes de entrega de UNSM
		2	Q6=	2.355	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Los Rosales (existente)
		3, 4, y 5	Q8=	2.560	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Los Proceres
		6	Q11=	2.635	Incluye alcantarilla de cruce con Jr. Union

**a.2) JR. AMERICA**

**CUADRO N°14: TRAMO :CUADRA 01 HASTA ENTREGA A DREN ALFONSO**

**UGARTE**

AMERICA	IZQUIERDO	1	Q12=	7.564	Hasta encuentro con alcantarilla en Alfonso Ugarte
---------	-----------	---	------	-------	--

**b) CAUDALES DE DISEÑO DREN COLECTOR ALFONSO UGARTE**

**CUADRO N°15: TRAMO: CUADRA 15 JR. ALFONSO UGARTE - CRUCE VIA DE EVITAMIENTO - HASTA PASANDO PROLOMG. LIBERTAD (C-18 ALF. U)**

JIRON	LADO DE LA VIA	CUADRAS	CAUDAL DE DISEÑO (m3/seg.)		OBSERVACIONES
ALFONSO UGARTE	DERECHO	15	Q13=	12.935	Desde encuentro con Dren Sinchi Roca (C-01 America yC-15 Jr.. Alfonso Ugarte, hasta antes de cruce Via de Evitamiento)
	DERECHO		Q13´=	14.845	Cruce vía de Evitamiento
	DERECHO	16-18	Q14=	14.958	Despues de cruce via de evitamiento - frente Bz Prolongación Libertad
	DERECHO	18	Q14=	16.286	Despues de Bz Prolongación Libertad hasta final
ALFONSO UGARTE	IZQUIERDO	15	Q=	1.910	Despues de Jr. Garcilazo de la vega
ALFONSO UGARTE	IZQUIERDO	15	Q=	2.112	Hasta via de evitamiento

**c) CAUDALES DE DISEÑO DREN COLECTOR LOS ANGELES**

**CUADRO N°16: TRAMO: CUADRA 06 Y 07 DEL JR. LOS ANGELES Y C-01 DE PROLONGACION LIBERTAD**

JIRON	LADO DE LA VIA	CUADRAS	CAUDAL DE DISEÑO (m3/seg.)	OBSERVACIONES
LOS ANGELES	DERECHO	6	Qa3 = 0.230	Hasta via de evitamiento
		7	Qa7= 0.108	Pasando Via Evit, C-07 de Los Angeles hasta Jr. Grau
		7	Qa8= 0.302	Desde Jr. Grau a final de cuadra 07 de los Angeles



LOS ANGELES	IZQUIERDO	6	Qa4 = 0.290	Hasta la via de evitamiento
		Cruce	Qa6= 0.728	Cruce via de eviatmiento
		7	Qa6= 0.728	Hasta la mitad de la cuadra 07
		7	Qa9= 0.825	De la mitad de la cuadra 07 hasta el final
PROLONGACION LIBERTAD	IZQUIERDO	1	Qa10= 1.128	Desde inicio Hasta Jr. Piura
PROLONGACION LIBERTAD	IZQUIERDO	1	Qa12= 1.327	Desde Jr. Piura, hasta el final, entrega a dren Alfonso Ugarte

#### d) CAUDALES DE DISEÑO EN DRENES SECUNDARIOS

##### CUADRO N°17: TRAMO: DRENES LATERALES O SECUNDARIOS DREN SINCHI ROCA

DRENES LATERALES O SECUNDARIOS DREN SINCHI ROCA				
JIRON	LADO DE LA VIA	CUAD RAS	CAUDAL DE DISEÑO (m3/seg.)	OBSERVACIONES
SINCHI ROCA	DERECHO	7	Q = 0.089	
	IZQUIERDO	7	Q= 0.013	
QUIÑONES	DERECHO	2	Q= 0.102	
	IZQUIERDO	2	Q = 0.015	
			Q = 0.246	Cruce lado derecho a izquierdo
			Q = 0.261	De la mitad hacia entrega a alcantarilla los angeles
AMERICA	DERECHO	1	Q= 0.019	Entrega a dren Alfonso Ugarte C-14
	IZQUIERDO	1	Q = 0.019	Entrega a dren Alfonso Ugarte C-15
UNION	DERECHO	2	Q = 0.086	Entrega a dren Sinchi roca lado derecho
	IZQUIERDO	2	Q= 0.070	Entrega a dren Sinchi roca lado derecho
MIRAFLORES	IZQUIERDO	1	Q= 0.608	Entrega a dren Sinchi roca lado derecho
PROCERES	IZQUIERDO	4	Q= 0.541	Entrega a dren Sinchi roca, aguas abajo de alcant. De cruce
08 DE MAYO	IZQUIERDO	1	Q = 0.615	Entrega a dren Sinchi roca, aguas abajo de alcant. De cruce
VIA DE EVITAMIENTO	DERECHO	3	Q= 0.018	Entrega a dren los Angeles despues de cruce via de Evit.
	IZQUIERDO		Q = 0.018	Entrega a dren los Angeles antes de cruce de via de Evit.
	DERECHO	4	Q= 0.057	Entrega a dren los Angeles despues de cruce via de Evit.
	IZQUIERDO		Q = 0.014	Entrega a dren los Angeles antes de cruce de via de Evit.

### 4.6.3 Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de drenaje existente.

**CUADRO N°18: DREN SINCHI ROCA - LADO DERECHO**

N°	TIPO	UBICACIÓN	TRAMO	Caudal al 75 % H (m3/seg)	Caudal de diseño (m3/seg)	Q al 75 % H exist. > Q de diseño	Resultado
1	Cuneta de concreto	Lado derecho Av, Orellana, frente a Cementerio	1	2.18	2.92	no	Sección insuficiente
2	Alcantarilla Rectangular de concreto	Cuadra 01	1	6.00	2.92	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			2	5.28	2.92	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			3	4.24	2.92	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
3	Alcantarilla Rectangular de concreto	Cruce con Jr. Los Rosales	1	8.93	2.92	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
4	Alcantarilla Rectangular de concreto	Cruce con Jr. 06 de Mayo	1	7.48	2.92	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
5	Alcantarilla cuadrada de concreto	Cruce con Jr. los Próceres	1	8.87	3.65	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
6	Alcantarilla cuadrada de concreto	Tramo despues de alcantarilla de cruce con Jr. Proceres	1	11.22	3.65	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
7	Alcantarilla cuadrada de concreto	C-03 (Desde Proceres hasta Víctor Belaunde)	1	29.44	4.25	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			2	30.23	4.25	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			3	29.44	4.25	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
8	Alcantarilla de Concreto + TMC (abovedada)	Cruce con Jr Union	1	9.08	5.05	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
9	Alcantarilla de Concreto	C-06 Frente a Jardin	1	4.30	5.38	no	Sección insuficiente

**CUADRO N°19: DREN SINCHI ROCA - LADO IZQUIERDO**

N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	características geométricas			Resultado
				Caudal al 75 % H (m3/seg)	Caudal de diseño (m3/seg)	Q al 75 % H exist. > Q de diseño	
1	Cuneta de concreto	Final de C-01	1	1.72	2.59	no	Sección insuficiente

2	Alcantarilla cuadrada de concreto	Cruce Jr. Los Rosales	1	3.42	2.59	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
3	Alcantarilla cuadrada de concreto	Cruce con Próceres	1	4.19	2.59	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
4	Cuneta de concreto	C-03, pasando Próceres hasta Pje Las Almendras	1	4.76	2.82	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
5	Cuneta de concreto	C-04, entre Pje Las Almendras y Rincon Piurano	1	4.55	2.82	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			2	3.85	2.82	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
			3	4.14	2.82	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
6	Alcantarilla cuadrada de concreto	C-04, entre Rincón Piurano y Belaunde	1	4.38	2.82	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Cruce J. Belaunde	1	1.81	2.82	no	Sección insuficiente
7	Alcantarilla TMC		1	3.50	2.90	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
8	Alcantarilla rectangular de Concreto	Cruce con Jr. Union	1	6.61	2.90	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
9	Alcantarilla cuadrada de Concreto	Cruce con Jr. America	1	2.54	2.90	no	Por diseño de dren, se cambiará

#### CUADRO N°20: DREN ALFONSO UGARTE - LADO DERECHO

N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	características geométricas			Resultado
				Caudal al 75 % H (m3/seg)	Caudal de diseño (m3/seg)	Q al 75 % H exist. > Q de diseño	
1	Alcantarilla Alfonso Ugarte	C-14 hasta Jr. América C-01	1	7.67	5.78	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Eje América C-01 - Rejilla 1 Alfonso Ugarte	2	6.13	5.78	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Rejilla 1 Alf. Ugarte - Rejilla 2	3	6.13	5.78	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Rejilla 2 - Final de Alcant. De C° (Pasando Via de Evitamiento)	4	5.74	7.69	no	Estructura, está trabajando al limite

**CUADRO N°21:DREN ALFONSO  
UGARTE - LADO IZQUIERDO**

N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	características geométricas			Resultado
				Caudal al 75 % H (m3/seg)	Caudal de diseño (m3/seg)	Q al 75 % H exist. > Q de diseño	
1	Alcantarilla Alfonso Ugarte	C-14 hasta Jr. Garcilazo C-01	1	3.06	1.91	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Pasando Gracilazo - antes de los Lirios	2	2.87	1.91	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
		Antes de los Lirios - Vía de evitamiento	3	2.34	1.91	si	Estructura, no tendrá problema hidráulico
							Q promedio, pasa de lado izquierdo a derecho alt. Vía de evitamiento

**4.7 Cálculo de las Pendientes de Diseño**

**a) PENDIENTES DE DISEÑO DREN COLECTOR SINCHI ROCA**

**a.1) JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06**

**CUADRO N°22: JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06:  
LADO DERECHO**

Descripción	Tramo N°	s (m/m)
Tangente	1	0.124
Curva vertical	1	0.085
Tangente	1	0.061
Curva vertical	1	0.047
Tangente	1	0.038
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.045
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.021
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.065
	2	0.053

	3	0.055
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.106
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.015
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.039
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.015

**a.2) JR. AMERICA C-01**

**CUADRO N°23: JR. AMERICA C-01(DESPUES DE RECIBIR APORTES DE AMBOS LADOS DE SINCHI ROCA)**

Descripción	Tramo N°	s (m/m)
Tangente	1	0.015

**b) PENDIENTES DE DISEÑO DREN COLECTOR ALFONSO UGARTE**

**b.1) JR. ALFONSO UGARTE - VIA DE EVITAMIENTO**

**CUADRO N°24: JR. ALFONSO UGARTE - VIA DE EVITAMIENTO**

**LADO DERECHO**

Descripción	Tramo N°	s (m/m)
Eje America C-01 - Rejilla 1 Alfonso Ugarte	1	0.023
Rejilla 1 Alf. Ugarte - Rejilla 2	2	0.017
Rejilla 2 - Final de Alcant. De C° (Pasando Via de Evitamiento)	3	0.014
Final de Alcant. Pasando Via - Final Transición	4	0.036
Final transición - Frente Bz de Prolon. Libertad	5	0.016
Prolong. Libertad - Ponton Pasaje	4	0.016

(\*) Transición

**C) PENDIENTES DE DISEÑO DREN LOS ANGELES C-06 y 07 y PROLONGACION LIBERTAD**

**CUADRO N°25: LOS ANGELES  
C-06 y 07 - PROLONGACION  
LIBERTAD.**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.005
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.025
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.013
Tangente	2	0.009
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.005
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.025
Curva vertical	1	
Tangente	1	0.013
Tangente	2	0.009

**d) PENDIENTES DE DISEÑO DRENES SECUNDARIOS O LATERALES**

**d.1) JR. SINCHI ROCA C-07 y JIRON JOSE A. QUIÑONES C-02**

**CUADRO N°26: JR. SINCHI ROCA C-07 y  
JIRON JOSE A. QUIÑONES C-02**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.012
Tangente	2	0.000
Tangente	3	0.020

<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.012
Tangente	2	0.012
Tangente	3	0.009

**d.2) JR. AMERICA C-01**

**CUADRO N°27: JR. AMERICA C-01**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.001
Curva vertical	1	0.023
Tangente	1	0.047
Curva vertical	4	0.023
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.001
Curva vertical	1	0.023
Tangente	1	0.047
Curva vertical	4	0.023

**d.3) JR. AMERICA C-02**

**CUADRO N°28: JR. AMERICA C-02**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.007
Tangente	1	0.030
Tangente	1	0.009
cruce	2	0.007
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.007

Tangente	1	0.030
Tangente	4	0.009

**d.4) JR. UNION C-01**

**CUADRO N°29: JR. UNION C-01**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.002
Curva vertical	1	0.009
Tangente	1	0.017
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.002
Curva vertical	1	0.009
Tangente	1	0.017

**d.5) JR. UNION C-02**

**CUADRO N°30: JR. UNION C-02**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.044
Tangente	1	0.061
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.044
Tangente	1	0.061

**d.6) JR. MIRAFLORES C-04**

**CUADRO N°31: JR. MIRAFLORES C-04**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.020
Curva vertical	1	0.010



<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.020
Curva vertical	1	0.010

**d.7) JR.PRÓCERES C-02**

**CUADRO N°32: JR.PRÓCERES C-02**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.006
Tangente	1	0.009
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.006
Tangente	1	0.009

**d.8) JR. 06 DE MAYO C-02**

**CUADRO N°33: JR. 06 DE MAYO C-02**

<b>LADO DERECHO (existente)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.012
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.012

**d.9) AV. VIA DE EVITAMIENTO C-09**

**CUADRO N°34: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-09**

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.021

<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.021

#### d.10) AV. VIA DE EVITAMIENTO C-10

#### CUADRO N°35: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-10

<b>LADO DERECHO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.001
<b>LADO IZQUIERDO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>s (m/m)</b>
Tangente	1	0.001

### 4.8 DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

#### a.1) JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06

#### CUADRO N°36: JR. SINCHI ROCA C-01 A LA C-06

<b>N°</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>Caudal de Diseño (m3/seg)</b>	<b>b (m)</b>	<b>B.L (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>H adoptada (m)</b>
1	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde de cruce con los Rosales hasta Inicio de Alcant. de cruce en 06 de Mayo	1	2.919	1.00	0.15	0.73	0.90
2			2	2.919	1.00	0.14	0.68	0.90
3	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde final de alcant. De cruce en 06 de Mayo hasta Inicio de Alcant. de cruce en Los Proceres	1	3.652	1.10	0.20	0.98	1.00
4	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde final de alcant. De cruce en V. Belaunde hasta Inicio de Alcant. de cruce en Union	1	4.246	1.10	0.12	0.59	1.00
5			2	5.049	1.30	0.24	1.20	1.20
6	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde final de alcant. De Jr Union hasta final de C-06 Sinchi Roca	1	5.381	1.30	0.17	0.86	1.20
7			2	5.381	1.40	0.23	1.16	1.20
<b>N°</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tramo N°</b>	<b>Caudal de diseño (m3/seg)</b>	<b>b (m)</b>	<b>B.L (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>H adoptada (m)</b>
2	Cuneta de concreto	Desde inicio de C-01 hasta inicio de alcant. De cruce con los Rosales	1	0.111	0.40	0.03	0.15	0.40
1	Alcantarilla de concreto	Antes Cruce Jr. Los Rosales	1	2.591	0.90	0.15	0.74	0.90

2	Alcantarilla de concreto	Desde final de alcant. Hasta p.k 0+343.81	1	2.591	0.90	0.14	0.69	0.90
3	Alcantarilla de concreto	Desde P.k 0+343.82 hasta Pk 419.40	2	2.591	1.00	0.17	0.83	0.90
	Alcantarilla de concreto	Cruce con Próceres	1	2.816	1.00	0.18	0.89	1.00
4	Alcantarilla de concreto	Desde final de cruce con Proceres, hasta cuneta existente de 34.41 m	1	2.816	1.00	0.12	0.58	1.00
5	Alcantarilla de concreto	C-03, pasando Próceres hasta Pje Las Almendras	1	2.816	1.00	0.12	0.61	1.00
	Alcantarilla de concreto	Cruce J. Belaunde Hasta 0+684.79	1	2.816	1.00	0.12	0.61	1.00
	Alcantarilla de concreto	Desde P-K 0+684.79 hasta la P.k 0+771.14		2.816	1.00	0.10	0.48	1.00
	Alcantarilla de concreto	Desde P.k 0+771.15 hasta Alcantarilla Cinerama		2.816	1.10	0.18	0.91	1.00
	Alcantarilla de concreto	Desde final de alcant. De cruce con Union hasta P.K 0+943.45	1	2.889	1.10	0.13	0.64	1.00
	Alcantarilla de concreto	Desde P.K 0+943.46 Haasta encuentro con Lado derecho		2.889	1.10	0.19	0.93	1.00

**a.1) JR. AMERICA C-01**

**CUADRO N°37: JR. AMERICA C-01**

N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde encuentro de dren lado derecho e izq. Hasta encuentro con dren Alfonso Ugarte, C-01 America con C-15 Alf. Ugarte	1	8.320	1.60	0.28	1.40	1.40

**CUADRO N°38: JR. ALFONSO UGARTE C-15 - CRUCE VIA DE EVITAMIENTO - CRUCE PROLONG. LIBERTAD - FINAL**

N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Eje America C-01 - Rejilla 1 Alfonso Ugarte C-15	1	14.229	2.50	0.26	1.28	1.40
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Rejilla 1 Alf. Ugarte - Rejilla 2 C-15	2	14.229	2.50	0.26	1.28	1.40
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Rejilla 2 C-15 - Final de Alcant. De C° (Pasando Via de Evitamiento)	3	16.330	2.80	0.27	1.36	1.40
	Transición Alcantarilla	Final de Alcant. Pasando Via Evita - Final transición (C-16 Alf. Ug)	1	16.330	2.8-2.3			

	Alcantarilla Rectangular de concreto	Final de transicion (C-16 Alf. Ugarte) - Frente Bz de Prolon. Libertad (C-18 Alf. Ugarte) encuentro dren Los Angeles	1	16.454	2.30	0.32	1.59	1.60
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Despues de Prolong. Libertad - Pasando Ponton entrada Particular	2	17.915	2.50	0.31	1.55	1.60

**CUADRO N°39: JR. LOS ANGELES C-06 Y C-07 Y PROLONGACION LIBERTAD C-01**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tra mo N°	Caudal de Diseño (m3/se g)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adopt ada (m)
1	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde C-06 de Los Angeles hasta Via de evitamiento	1	0.253	0.50	0.06	0.28	0.40
2	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde Via de Evitamiento hasta Jr. Miguel Grau	1	0.119	0.40	0.04	0.19	0.40
2	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde Jr. Miguel Grau Hasta Inicio Prolongacion Libertad	1	0.332	0.50	0.09	0.43	0.50
3	Cuneta de Concreto	Desde desde inicio de Prolongacion Libertad hasta Jiron Piura	1	0.100	0.40	0.02	0.10	0.40
3	Cuneta de Concreto	Desde Jr. Piura hasta final prolong. Libertad	1	0.100	1.00	0.02	0.10	0.40
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tra mo N°	Caudal de Diseño (m3/se g)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adopt ada (m)
1	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde Inicio de C-06 de Los Angeles hasta Inicio de Jr. Quiñones lado derecho	1	0.319	0.50	0.07	0.33	0.40
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Cruce Jr. Quiñones altura C-06 los Angeles, con caida inclinada hasta P.K 1+195)	1	0.319	0.50	0.07	0.33	0.40
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Quiñones lado derecho altura C-06 los angeles hasta Via de Evitamiento (P.K 1+277.20)	1	0.801	0.70	0.13	0.65	0.70
	Alcantarilla Rectangular de concreto	Cruce via de Evitamiento	1	0.801	0.70	0.13	0.65	0.70

2	Alcantarilla Rectangular de concreto	Desde Vía de Evitamiento hasta pasando Jr. Miguel Grau (1+336.69)	1	0.801	0.60	0.11	0.54	0.70
2	Alcantarilla Rectangular de concreto	1+336.69 Hasta Inicio Prolongacion Libertad (1+433.27)	1	0.908	0.70	0.13	0.65	0.70
3	Cuneta de Concreto	Desde desde inicio de Prolongacion Libertad hasta Jr, Piura	1	1.241	0.90	0.13	0.63	0.70
3	Cuneta de Concreto	Desde Jr, Piura hasta final prolong. Libertad	1	1.460	1.10	0.13	0.66	0.70

**d) DISEÑO HIDRAULICO  
DRENES SECUNDARIOS**

**CUADRO N°40: JR. SINCHI  
ROCA C-07**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°		Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-07	1	0.098	0.40	0.04	0.21	0.40
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-07	1	0.014	0.40	0.01	0.06	0.40
	Cuneta de Concreto	Cruce de margen Izq. A Derecha c-07	1	0.014	0.40	0.01	0.06	0.40

**CUADRO N°41: JR. JOSE A. QUIÑONES C-02**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02 de Sinchi Roca hasta pasaje	1	0.112	0.40	0.05	0.24	0.40
		C-02 de Los Angeles hasta	2	0.112	0.40	0.04	0.20	0.40

		pasaje						
2	Cuneta de Concreto	Cruce lado Derecho a Izq. Frente a pasaje	1	0.271	0.50	0.08	0.40	0.50
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02 desde Sinchi Roca hasta P.K 0+151.70	1	0.017	0.40	0.01	0.05	0.40
	Cuneta de Concreto	C-02 desde P.K 0+151.71n hasta entrega en dren Ángeles C-06	1	0.287	0.50	0.09	0.44	0.50

**CUADRO N°42: JR.AMERICA C-01 (Superficial)**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-01	1	0.021	0.40	0.04	0.18	0.40
			2	0.021	0.40	0.01	0.04	0.40
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-01	1	0.021	0.40	0.04	0.18	0.40
	Cuneta de Concreto		1	0.021	0.40	0.01	0.04	0.40

**CUADRO N°43:  
JR.AMERICA C-02**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.098	0.40	0.05	0.26	0.40

LADO IZQUIERDO								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.098	0.40	0.05	0.26	0.40

**CUADRO N°44: JR. UNION C-01**

LADO DERECHO								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-01	1	0.095	0.40	0.09	0.43	0.40
			2	0.095	0.40	0.04	0.19	0.40
LADO IZQUIERDO								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-01	1	0.077	0.40	0.07	0.36	0.40
	Cuneta de Concreto		1	0.077	0.40	0.03	0.16	0.40

**CUADRO N°45: JR. UNION C-02**

LADO DERECHO								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.095	0.40	0.03	0.14	0.40
			2	0.095	0.40	0.03	0.13	0.40
LADO IZQUIERDO								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.077	0.40	0.02	0.11	0.40
			1	0.077	0.40	0.02	0.10	0.40

**CUADRO N°46: PJ. LOS MIRAFLORES C-04**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-04	1	0.669	0.70	0.11	0.56	0.60
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
	cuneta de arranque		1	0.100	0.40	0.03	0.15	0.40

**CUADRO N°47: JR, PROCERES C-02**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.595	0.70	0.13	0.63	1.50
				0.595				
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de arranque	C-02	1	0.100	0.40	0.03	0.15	0.40

**CUADRO N°48: JR. 06 MAYO C-02**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-02	1	0.677	0.74	0.10	0.50	1.05
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)



				(m3/seg)				
1	Cuneta de arranque	C-02	1	0.100	0.40	0.05	0.23	0.40

**CUADRO N°49: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-09**

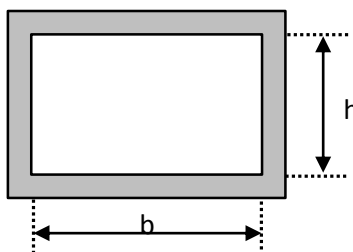
<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-09	1	0.020	0.40	0.01	0.06	0.40
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1		C-09	1	0.020	0.40	0.01	0.06	0.40

**CUADRO N°50: AV. VIA DE EVITAMIENTO C-10**

<b>LADO DERECHO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1	Cuneta de Concreto	C-10	1	0.063	0.50	0.06	0.31	0.40
<b>LADO IZQUIERDO</b>								
N°	Tipo	Ubicación	Tramo N°	Caudal de Diseño (m3/seg)	b (m)	B.L (m)	H (m)	H adoptada (m)
1		C-10	1	0.015	0.40	0.03	0.14	0.40

#### 4.9 UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS MARCO DE CONCRETO ARMADO

**CUADRO N°51: UBICACIÓN ALCANTARILLAS MARCO DE CONCRETO ARMADO**



Alcantarillas L. I. (bxh)		Ubicación	Alcantarillas L.D. (bxh)	
		Av. Orellana C-5	1.0x1.0	
0.4x0.4		Jr. Sinchi Roca C-1	0.9x1.1	
0.9x0.9	1.0x0.9	Jr. Sinchi Roca C-2	1.0x0.9	1.1x1.0
2.0x2.0		Jr. Sinchi Roca C-3	1.0x1.0	
2.0x2.0		Jr. Sinchi Roca C-4	1.0x1.0	
1.1x1.0		Jr. Sinchi Roca C-5	1.1x1.0	1.3x1.2
1.1x1.1		Jr. Sinchi Roca C-6	1.3x1.2	1.4x1.2
0.4x0.4		Jr. Sinchi Roca C-7	0.4x0.4	
		Av. Alfonso Ugarte C-15	2.5x1.4	
		Inters. Alf. Ugarte&Vía Evit.	2.8x1.4	
		Av. Alfonso Ugarte C-16	2.3x1.6	
		Av. Alfonso Ugarte C-17	2.3x1.6	
		Av. Alfonso Ugarte C-18	2.3x1.6	
		Av. Alfonso Ugarte C-19	2.5x1.6	
0.4x0.4		Jr. América C-1	1.6x1.4	
0.4x0.4		Jr. América C-2	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. América C-3	0.4x0.4	
0.5x0.5		Jr. Los Ángeles C-5	0.5x0.5	
0.5x0.5	0.7x0.7	Jr. Los Ángeles C-6	0.5x0.5	
0.7x0.7		Jr. Los Ángeles C-7	0.4x0.4	
0.9x0.7	1.1x0.7	Prolongación Libertad	0.4x0.4	
0.4x0.4	0.5x0.5	Jr. José A. Quiñones C-2	0.4x0.4	
0.4x0.4		Pje. José A. Quiñones	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. Los Rosales C-4	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. Los Rosales C-5	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. Víctor A. Belaunde C-2		
0.4x0.4		Jr. Víctor A. Belaunde C-3	0.4x0.4	
0.4x0.4		Psje. Los Ángeles	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. Unión C-1		
0.4x0.4		Jr. Unión C-2	0.4x0.4	
0.4x0.4		Av. Vía Evitamiento C-9	0.4x0.4	
0.4x0.4		Av. Vía Evitamiento C-10	0.4x0.4	
0.4x0.4		Jr. Piura C-2	0.4x0.4	

Fuente: elaboración propia

## 4.10. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.10.1 Consideraciones para el Diseño Estructural

#### 4.10.1.1 Estudio de Mecánica de Suelos

**Cuadro N°52: Características del suelo.**

Tipo de cimentación	Flotante
Estrato de apoyo de la cimentación	Arenas limosas SM, Arenas arcillosas SC, Arenas arcillo limosas SC-SM, Arcillas inorgánicas CL.
Profundidad de Cimentación	Variable
Capacidad Portante Admisible	1.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Balasto	Kb = 5 Kg/cm <sup>3</sup>

**Fuente: elaboración propia**

**Cuadro N°53: Empuje de Suelos (E):**

Máxima densidad seca (material de relleno)	$\gamma = 1800 \text{ Kg/m}^3$
Angulo de fricción interna (material de relleno)	$\phi_r = 30^\circ$
Cohesión (material de relleno)	$c = 0.0$
Coefficiente de empuje activo (material de relleno)	$K_a = 0.333$

**Fuente: elaboración propia**

#### 4.10.1.2 Combinaciones de carga

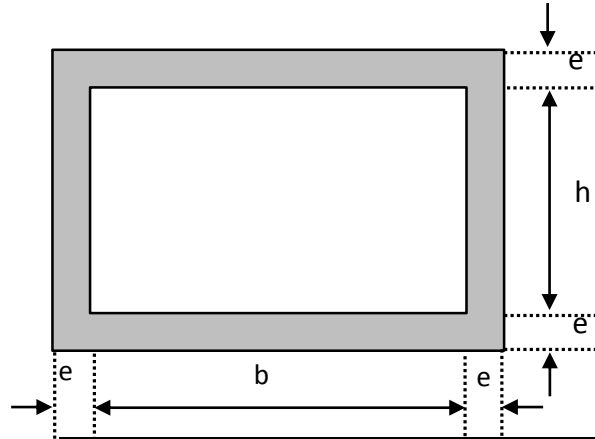
**Cuadro N°54: combinaciones de carga**

Estado Límite de Resistencia I:	Estado Límite de Servicio:
U1 = 1.25DC+1.35EH+1.3EV+1.75LL+1.75LS	U4 = 1.0DC+1.0EH+1.0EV+1.0LL+1.0LS
U2 = 0.9DC+0.9EH+0.9EV+1.75LL+1.75LS	
U3 = 1.25DC+0.9EH+1.3EV+1.75LL+1.75LS	

Fuente: elaboración propia

#### 4.10.2 MODELAMIENTO Y ANALISIS ESTRUCTURAL

Cuadro N°55: Dimensiones de las estructuras a proyectar



N°	b (m)	x	h (m)	x	e (m)
1	0.4	x	0.4	x	0.15
2	0.5	x	0.5	x	0.15
3	0.7	x	0.7	x	0.15
4	0.9	x	0.7	x	0.15
5	0.9	x	0.9	x	0.15
6	0.9	x	1.0	x	0.15
7	0.9	x	1.1	x	0.15
8	1.0	x	0.9	x	0.15
9	1.0	x	1.0	x	0.15
10	1.1	x	0.7	x	0.15
11	1.1	x	1.0	x	0.15
12	1.1	x	1.1	x	0.15
13	1.3	x	1.2	x	0.20
14	1.4	x	1.2	x	0.20
15	1.6	x	1.4	x	0.20

16	2.0	x	2.0	x	0.20
17	2.3	x	1.6	x	0.20
18	2.5	x	1.4	x	0.25
19	2.5	x	1.6	x	0.25
20	2.8	x	1.4	x	0.25

Fuente: elaboración propia

#### **4.10.3 DISEÑO ESTRUCTURAL**

El cálculo y diseño estructural de las alcantarillas son mostradas en el Anexo N°11

#### **4.11 PLANTEAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

**Cuadro N°56: Alternativas de trazo del planteamiento Hidráulico**

N°	ALTERNATIVA	CARACTERISTICAS	OBSERVACION
1	DREN COLECTOR SINCHI ROCA POR: C-02 JR. AMERICA - C-06 LOS ANGELES - C-10 VIA DE EVITAMIENTO Y DREN ALFONSO UGARTE	- La longitud del tramo es de L= 429 m.	
		- La pendiente minima es de S= 0.0047 m/m	No contribuye a un buen funcionamiento del dren
		- Las velocidades variaraán entre 2.99 y 3.08 m/seg.	Estan en valores adecuados, pero para Qmin. Es sedimentante
		- El angulo de deflexion minima es de 81 °	No contribuye a un buen funcionamiento del dren, mas aun si transporta solidos
		- Las interferencias serán : moderadas	
		-No permite rediseño de tramo final de dren Alf. Ugarte	
		- Condiciones de flujo : Regulares	
		- La seccion max. De la alcantarilla es de : 2.30 x 1.60 m	Corresponde al tramo final
2	DREN COLECTOR SINCHI ROCA POR: C-01 JR. AMERICA - C-15 AV. ALFONSO UGARTE (SE UNE CON DREN ALFONSO UGARTE ) - DREN ALFONSO UGARTE	- La longitud del tramo es de L= 218.30 m.	
		- La pendiente minima es de S= 0.016 m/m	
		- Las velocidades variaraán entre 5.59 y 6.35 m/seg.	
		- El angulo de deflexion minima es de 99 °	
		- Las interferencias serán : moderadas a mayores	
		-Si permite rediseño de dren Alfonso Ugarte tramo final	186 mt. Desde C-01 Jr America hasta final que esta trabajando al limite de operación
		- Condiciones de flujo : Regulares	Porque presenta mejores caractristicas de S, Velocidad y angulo de deflexion ee sentido de flujo
		- La seccion max. De la alcantarilla es de : 2.80 x 1.40 m en el cruce con via de evitamiento	

Fuente: elaboración propia

## V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### **4.1 Estudio socio económico**

La población referencial del proyecto, corresponde al distrito de Tarapoto, que es la capital de la provincia de San Martín, región San Martín.

Este distrito, según el censo de población y vivienda - 2007, realizado por el INEI, muestra una población de 68,295 habitantes, los mismos que según la tasa intercensal (1.60%) para los periodos 1993 al 2007, proyectadas al año 2015 es de 77,543 habitantes.

La población beneficiaria también llamada objetivo, es la que se encuentra asentada en ambas márgenes de los jirones Sinchi Roca cuadras 01 al 07, José A. Quiñones cuadras 01 y 02, pasaje José A. Quiñones, América cuadras 01,02 y 03, los Ángeles cuadras 06 y 07, Prolongación Libertad, en la Urbanización nueve de Abril y sector los jardines, distrito de Tarapoto, y a la población que hace uso diariamente de esta vía para lo cual se ha establecido el ingreso diario que realiza las personas beneficiarias hasta el centro de la ciudad, Población de la Institución Educativa TUPAC AMARU, Institución Educativa Inicial N° 218, Academia PREPOL, Empresa de Transportes y Turismo CAJAMARCA, Empresa de Transporte y Turismo SISA, Empresa de Transportes y Turismo SAN MARTIN.

En el área de influencia directa del proyecto encontramos un total de 16,492 viviendas, distribuidas en el 99.16% están en el área urbana y solo el 0.84% está en el área rural.

Las cuales se ven afectadas directamente por las inclemencias del tiempo ya que el agua que discurre sin control está dañando la infraestructura de las viviendas poniendo en riesgo la integridad de sus habitantes.

#### **4.2 Topografía**

El cauce principal del drenaje los constituye el Jr Sinchi Roca, lo cual recepciona las aguas procedentes de las sub cuencas de drenaje que provienen de las partes altas de la ciudad de Tarapoto.

El dren en su recorrido, presenta fuerte erosión en los tramos con fuerte pendiente y con acumulación de basura proveniente de las partes altas, especialmente a la entrada y salida de algunas obras de drenaje construidas.

#### **4.3 Análisis hidrológico**

El Análisis hidrológico se ha efectuado con la información del SENAMHI, para la estación Tarapoto, con información de precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo de 1984 al 2014 (31 años), la precipitación máxima registrada fue de 113.30 mm producida en Julio del 2006.

#### **4.4 Área de drenaje**

Los drenes Comandante Chirinos y Martín de la Riva alimentadores del dren Sinchi Roca, provienen de la parte alta de la ciudad de Tarapoto, aproximadamente desde la divisoria de cumbre ubicada entre los Jirones. Leoncio Prado con el Jr. Bolognesi en Partido Alto (cota 378 m.s.n.m), entregando sus aguas al dren Sinchi Roca a la altura de la Avenida Orellana que tiene una cota de 317 m.s.n.m con una longitud de recorrido de 0.891 km y un ancho promedio de área de drenaje de 205 m y un área de drenaje de 0.170 km<sup>2</sup>.

Los drenes Santa Rosa y Nicolás de Piérola alimentadores del dren Sinchi Roca en su margen izquierda, también provienen desde la divisoria de la cumbre ubicada entre los Jirones. Leoncio Prado con el Jr. Bolognesi en Partido Alto (cota 372 m.s.n.m), luego de cruzar la Av. Orellana pasa por medio de la UNSM, para entregar sus aguas al dren Sinchi Roca a la altura de la esquina de la UNSM en el cruce del Jr Los Rosales cruce con el Jr Sinchi Roca lado izquierdo, cuya cota de 303 m.s.n.m, teniendo una longitud de recorrido de 1.016 km y un ancho promedio de área de drenaje de 165 m y tiene un área de drenaje de 0.145 km<sup>2</sup>.

El dren Colector Sinchi Roca, después de recibir los aportes de estos importantes drenes en la cota 317 m.s.n.m aproximadamente, y más los aportes de su área de influencia lateral, discurre sus aguas por ambos márgenes del Jr Sinchi Roca, desde la cuadra 01 hasta la cuadra 06, luego del cual se unen en un solo colector para continuar su recorrido hacia la parte baja, pasando por la Vía de evitamiento, entregando sus aguas finalmente en el dren Alfonso Ugarte, a la altura de la cuadra 16 de la Av, Alfonso Ugarte, que corresponde a la parte baja de la ciudad (cota 263 m.s.n.m).

Sin embargo por efectos de planteamiento hidráulico del proyecto, que se estudiará más adelante, el dren colector Sinchi Roca, debe entregar sus aguas al



dren Alfonso Ugarte a la altura de la cuadra 15, cruce con el Jr, América cuadra 01 que corresponde a la cota 269 m.s.n.m.

Desde su inicio en la Av, Orellana hasta su entrega en el dren Alfonso Ugarte proyectado el dren colector Sinchi Roca tendrá una longitud total de recorrido de aproximadamente 1.049 km. Con un ancho promedio de área de influencia de aproximadamente 225 m. y tiene un área de drenaje de 0.222 km<sup>2</sup>.

El dren los Ángeles se inicia a en el divorcio del Jr. Unión Con el Pasaje Miraflores Altura de la cuadra 04 del Jr. Los Ángeles cota 278 m.s.n.m, bajando por el Jr. Los Ángeles Cuadras 05 y 06, para luego cruzar la vía de Evitamiento, continuando luego por la cuadra 07 de los Ángeles; continuando el último tramo de su recorrido por la cuadra 01 del Jr, Prolongación Libertad C-01, después de lo cual entrega sus aguas al dren Alfonso Ugarte a la altura de la cuadra 18 de la Av. Alfonso Ugarte, en la cota 263 m.s.n.m, teniendo una longitud total de recorrido de aproximadamente 0.601 km, con un ancho promedio aproximado de 150 m. y con un área de drenaje de 0.073 km<sup>2</sup>.

Así mismo, por efectos de diseño del sistema de drenaje principal del proyecto, es necesario conocer las características del dren colector Alfonso Ugarte, a partir de su punto de encuentro con el dren Sinchi Roca, manifestando por lo tanto que dicho dren, inicia su recorrido a la altura de la divisoria que se genera en la cumbre ubicada entre los Jirones. Leoncio prado con el Jr. Bolognesi en Partido Alto (cota 366 m.s.n.m ), hasta llegar a su punto de encuentro con el dren colector Sinchi Roca que se proyecta entregar sus aguas a la altura de la C-15 de la Av. Alfonso Ugarte (cruce con el Jr América C-01), cota 268 m.s.n.m. Teniendo una longitud total de recorrido desde el punto más alto hasta ese punto de aproximadamente 1.902 km y con un área de drenaje de 0.633 km<sup>2</sup>.

En consecuencia, el área total de drenaje estudiado para todas las sub cuencas colectoras es de 1.243 km<sup>2</sup>.

#### **4.5 Estructuras Hidráulicas Existentes en el Dren Colector Sinchi Roca**

El dren Sinchi Roca, en algunos tramos, específicamente lo que se ubica partir de la cuadra 07, por condiciones de topografía y situación legal de algunos terrenos, el dren discurre sobre terrenos privados, pasando en algunos casos por debajo de edificaciones existente, lo cual constituye un serio peligro para sus habitantes,

debido a que el dren colector en estos tramos, continuamente se obstruye por la gran cantidad de basura que acarrea, por los malos hábitos de la población de arrojar los desperdicios y basura a la alcantarilla o dren, para que el agua se encargue de transportarlos, pero que lamentablemente esta situación no hace más que generar un serio problemas en la parte baja de su recorrido por el atoro de las obras hidráulicas construidas que no tienen las condiciones de diseño adecuadas tanto hidráulica como estructurales y que además no tienen el mantenimiento respectivo. Por lo tanto esta situación es un problema muy serio que tiene que tener una solución en el corto plazo por parte de las autoridades, para evitar pérdidas económicas y materiales en la población.

En ese sentido de las observaciones y evaluaciones de campo y trabajos de gabinete realizados, se llegó a la conclusión de que el dren colector Sinchi Roca motivo principal de nuestro estudio, no debe pasar en lo posible por debajo de las edificaciones existentes, debiendo reorientar su trazo a través de las vías urbanas establecidas.

En ese contexto, de acuerdo a las condiciones topográficas de la zona y funcionamiento hidráulico del dren, lo ideal sería que el Dren Colector Sinchi Roca, a partir de la cuadra 07, pase por la intersección del Jr. José Quiñones y Jr, Sinchi Roca lado izquierdo, y luego cruzar la vía de evitamiento en diagonal para llegar al Dren Alfonso Ugarte a la altura del Grifo Melchorita, pero que sin embargo, al realizar las consultas de trabajo con los propietarios, se ha encontrado que el terreno libre correspondiente a la prolongación del Jr. José Quiñones, se encuentra en proceso Judicial con la MPSM, y por lo tanto, por el momento, de parte de la propietaria, no existe ninguna posibilidad de efectuar el cruce del dren por este sector. Motivo por el cual por razones de topografía el dren debe reorientarse por otra ruta para llegar en condiciones adecuadas al dren Alfonso Ugarte.

Dentro de ese análisis, se hace la recomendación de que el dren colector Sinchi Roca, desvíe sus aguas a la altura de la cuadra 06 del Jr Sinchi Roca para luego dirigirse por la cuadra 01 del Jr América y entregar sus aguas en la alcantarilla del dren Alfonso Ugarte en ese punto, cuya sección de la misma deberá rediseñarse para absorber las solicitudes hidráulicas de ambos drenes en ese tramo. Del mismo modo importante evaluar las obras de saneamiento existente en las calles

para la proyección de las obras del dren colector por la gran dimensión que tendrá su sección hidráulica a lo largo del Jr Sinchi Roca.

#### **4.6 Precipitación.**

La precipitación anual es de 1180 mm, siendo los meses de mayores lluvias: febrero, marzo y abril.

#### **4.7 Prueba de ajuste de la serie de datos pluviométricos**

Teniendo las diferentes distribuciones de ajuste de los cuales se establece como que todas las distribuciones analizadas se ajustan a los datos. Sin embargo la que mejor se ajusta es la Log Normal y Log Person III.

#### **4.8 Tiempo de concentración**

Como se conoce, normalmente la duración de la lluvia de diseño considerada, es igual al tiempo de concentración, etc., para el área de drenaje en estudio, debido a que al cabo de dicho tiempo la escorrentía alcanza su valor pico, al contribuir toda el área aportante al flujo en la salida.

#### **4.9 Verificación del Funcionamiento Hidráulico de las Estructuras de Drenaje Existente.**

Se llegó a establecer que algunas obras de drenaje existentes no tienen la sección hidráulica adecuada para permitir el paso de los caudales máximos de diseño, así como también que hay estructuras construidas que se encuentran totalmente sobredimensionadas para los fines requeridos.

#### **4.10 Condiciones del drenaje superficial**

El drenaje de las corrientes de agua que se forman por las lluvias, debido a la topografía llana y de escasa pendiente existente en el tramo, lo cual hace difícil el drenaje, por lo que será necesario construir alcantarillas para solucionar dicho problema.

#### **4.11 Estudio de Mecánica de Suelos**

Los suelos encontrados en la vía del proyecto son fácilmente erosionables por ser suelos cohesivos y además de haber estado expuesto a las aguas que discurren sin control por dichas zonas producto de las precipitaciones pluviales.

Al presentar la zona suelos arena limosa tipo SM, arena arcillosa tipo SC, arena arcillo limoso tipo SC-SM y Arcilla inorgánica tipo CL, todos tipos de suelos

colapsables se deberá profundizar las alcantarillas a fin de evitar el colapso de dichas redes.

#### **4.12 Cargas**

El análisis y diseño de las estructuras se ha realizado para el estado de carga desfavorable, es decir, bajo el supuesto que las estructuras se encuentran vacías.

Las presiones sobre el suelo no exceden a su capacidad de carga última por lo que el diseño no tendrá mayores inconvenientes.

#### **4.13 Obras de Arte**

Por la naturaleza de la topografía de la zona se construirán 20 diferentes secciones de alcantarillas marco de concreto armado.

#### **4.14 Planteamiento hidráulico del sistema de drenaje**

De acuerdo al cuadro N°56 de resultados en relación de las alternativas 01 y 02, de donde se desprende que la alternativa N° 02, tiene las mejores condiciones técnicas de geometría (planta y perfil) y de funcionamiento hidráulico, así como de requerir menor monto para su ejecución.

Motivo por el cual el desarrollo del dren colector Sinchi Roca en su último tramo, se hará según el trazo planteado en la alternativa N° 02, luego del cual el dren colector Alfonso Ugarte continuará su recorrido por la cuadra 16 hasta la 18 de la Avenida Alfonso Ugarte, donde recibe las aguas del dren Los Ángeles que también forma parte de nuestro estudio; continuando luego hacia la parte baja para finalmente después de recibir los aportes de otros drenes, entregar sus aguas al río Cumbaza.

Para efectos de tener un sistema de drenaje ordenado y que funcione con mayor eficiencia, en el presente estudio se recomienda que la estructura hidráulica del dren colector Alfonso Ugarte, se construya hasta pasando la cuadra 18 de la vía, luego de recibir las aguas del dren Los Ángeles.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- 1.** La elaboración del presente proyecto servirá para la posterior ejecución de dichas obras las cuales beneficiarían de manera directa a toda la población de la zona de estudio mejorando su calidad de vida.
- 2.** La topografía del lugar y los datos de precipitación han sido unos de los factores importantes para el dimensionamiento de las estructuras proyectadas, las mismas que se han diseñado teniendo en cuenta la seguridad y la economía.
- 3.** El conocer el tipo de suelo de la zona en estudio nos sirvió para proyectar la profundidad de las alcantarillas con el fin asegurar su funcionamiento durante un periodo de vida considerable.
- 4.** El análisis y procesamiento de información hidrológica para el cálculo de la intensidad máxima es de mucha importancia, sirviéndonos para determinar el caudal de diseño, para con este determinar las dimensiones de cualquier estructura hidráulica, los cuales nos van a prevenir de posibles estragos que produzcan las precipitaciones pluviales.
- 5.** Los caudales de diseño para las obras de drenaje pluvial se determinaron utilizando dos métodos (Método Racional), que son los más utilizados en el País.
- 6.** Con el fin de dar mayor seguridad a las obras proyectadas se realizó su diseño estructural teniendo en cuenta el comportamiento del suelo y las cargas actuantes en las zonas de influencia de las obras de drenaje.
- 7.** Con la finalidad de lograr una eficiente evacuación de las aguas pluviales se planteó dos alternativas de las cuales se seleccionó la alternativa numero N°2 ya que resulta tener mejores condiciones técnicas de geometría y funcionamiento hidráulico, además de requerir menor monto económico para su ejecución.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- 1.** Se recomienda que los proyectos ubicados en áreas adyacentes al área de influencia, de los drenes Manco Inca, Sinchi Roca, Alfonso Ugarte, entre otros, sean compatibilizados en sus planteamientos técnicos correspondientes a fin de guardar coherencia en los planteamientos hidráulicos y diseños de las estructuras que se propongan en cada una de ellas, lo cual en última instancia contribuirá a una planificación ordenada del sistema de drenaje y desarrollo urbanístico armónico de la ciudad.
- 2.** Independizar las aguas residuales y aguas pluviales, según las nuevas tendencias medio ambientales de costo-mínimo.
- 3.** Se recomienda que los trabajos de drenaje pluvial se ejecuten paralelamente con las pistas y veredas.
- 4.** La entrega del agua de lluvia procedente del interior de las viviendas se haga a través de tuberías directamente a la cuneta en el espacio destinado a borde libre.
- 5.** Se recomienda emitir una ordenanza Municipal que prohíba el arrojo de desperdicios en interceptores, sumideros y canales.
- 6.** Durante el proceso constructivo se recomienda tener un control minucioso de las pendientes y cotas de diseño.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- American Association of State Highway and Transportation Officials”, “Specifications AASHTO”. Segunda Edición, Mayo (2002).
- Aparicio F. J. “Fundamentos de Hidrología de Superficie”. Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996).
- Ballester Muñoz Francisco, manual de drenaje, caminos, canales y puertos edición 2005.
- Castro Fresno Daniel, drenaje urbano superficial de aguas. Editorial Interciencia, Santander España, mayo 2005.
- Cibrián Fernández Irving, en su tesis “reducción de escurrimientos pluviales mediante la utilización de pavimentos de concreto permeable” Ciudad Universitaria, México D.F. (2009).
- Condori Luque Harvey, diseño de canales, 2004.
- Chávez Iglesias Alan Ángel, en su tesis “Diseño de drenaje pluvial de la localidad de Pilluana provincia de picota región San Martin. (2010).
- Das Braja M. “Principio de Ingeniería de Cimentaciones”. 4ta. Edición, 2001.
- Das, B. Muros de retención y cortes apuntalados. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Thomson editores. México D.F., México. (2001).
- Diario el peruano, NORMA OS 060 DRENAJE PLUVIAL URBANO, 8 junio 2006.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC – DGCF “Manual de Diseño de Puentes”, Lima – Perú 2003.
- Granda Acha Rudy Rolandy, en su tesis “ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URB. ANGAMOS” Piura. (2013).
- Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. “Mecánica de Suelos”. Tomo III. Limusa. Grupo Noriega Editores. México. (1992).

- Manual de Hidrología hidráulica y drenajes para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC.
- Merritt, Frederic S., “Manual del Ingeniero Civil”, Editorial Mc Graw Hill, Volumen III, México, 1987.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. / Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial/ 2006.
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”. (2001).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Norma de Drenaje Urbano, Norma Técnica O.S. 060, Junio 2006.
- Morales Uchofén, Walter, “Infraestructura de Riego”, Parte I, Chiclayo-Perú, 1992.
- Rosell Calderón, Cesar Arturo, “Irrigación”, Edit. Printed, Lima, Perú, 1993.
- Rosell Calderón César Arturo, IRRIGACIÓN del Capítulo de Ingeniería Civil – Consejo Departamental de lima Tomo 14.
- Rocha Felices Arturo, “Hidráulica de Tuberías y Canales”. (2007).
- Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Libro Hidrología Aplicada Diseño Hidrológico, Capítulo 13.



## **VIII. ANEXOS**

**ANEXO N°01: COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO  
TOPOGRÁFICO**

**ANEXO N°02: VER ANEXO N°13.3: PLANO DE  
UBICACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS  
HIDRAULICAS ENCONTRADAS**

**ANEXO N°03: PANEL FOTOGRAFICO DE LAS  
ESTRUCTURAS DE DRENAJE EXISTENTES**

**ANEXO N°04: CALCULO DE LA PRUEBA DE  
KOLGOMOROV-SMIRNOV**

**ANEXO N°05: ANALISIS ESTADISTICO PARA LAS  
DISTRIBUCIONES NORMAL, LOGNORMAL, LOG  
PEARSON III Y EXTREMA TIPO I-GUMBEL.**

**ANEXO N°06: CALCULO PARA LA MAXIMA  
PRECIPITACION PARA DIFERENTES PERIODOS DE  
RETORNO SEGÚN METODO DE DICK PESCHKE Y BELL**

**ANEXO N°07: CALCULO DE LOS CAUDALES QUE  
DISCURRIRAN POR LAS DIFERENTES CALLES DEL  
PROYECTO**



**ANEXO N°08: CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE  
ESTRUCTURAS DE DRENAJE EXISTENTES**

## **ANEXO N°09: CÁLCULO DE PENDIENTES**

**ANEXO N°10: CALCULO HIDRAULICO DE LAS  
ESTRUCTURAS DE DRENAJE**

**ANEXO N°11: CALCULO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE  
LAS ALCANTARILLAS**

**ANEXO N°12: DISEÑO DEL PLANTEAMIENTO  
HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE:  
ALTERNATIVAS 1 Y 2**