



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad  
del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de  
Alto Amazonas – Región Loreto - 2018**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**Carlos Quispitongo Tuesta**

**ASESOR:**

**Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz**

**Tarapoto – Perú**

**2019**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – Región Loreto - 2019**

**AUTOR:**

**Carlos Quispitongo Tuesta**

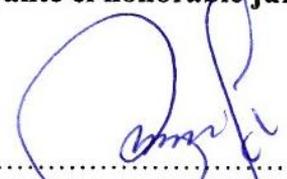
**Sustentada y aprobada el día 01 de octubre del 2019, ante el honorable jurado:**

  
.....  
**Ing. Nestor Raúl Sandoval Salazar**

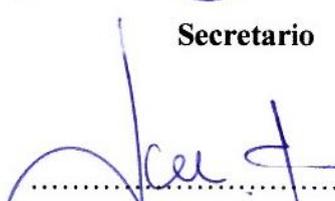
**Presidente**

  
.....  
**Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo**

**Vocal**

  
.....  
**Ing. Carlos Enrique Chung Rojas**

**Secretario**

  
.....  
**Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz**

**Asesor**

## **Declaratoria de autenticidad**

**Carlos Quispitongo Tuesta**, con DNI N° 71625783, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – Región Loreto - 2019.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 01 de octubre del 2019.



.....  
**Bach. Carlos Quispitongo Tuesta**

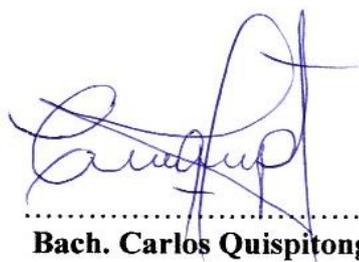
DNI N° 71625783

## **Declaratoria jurada**

**Carlos Quispitongo Tuesta**, con DNI N° 71625783, domicilio legal en el Jr. Salaverry N°600 – Morales, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaro bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 01 de octubre del 2019.



.....  
**Bach. Carlos Quispitongo Tuesta**

DNI N° 71625783

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Quispitongo Tuesta, Carlos	
Código de alumno :	71625783	Teléfono: 941884051
Correo electrónico :	Kispae15@gmail.com.	DNI: 71625783

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título:	Diseño hidraulico y estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad del Centro Poblado Municipals - Distrito de Yurimaguas - Provincia del Alto Amazonas - Región Loreto - 2018.
Año de publicación:	2019

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

20, 12, 2019



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

A mis Padres, por enseñarme a enfrentar las adversidades sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento, me han guiado para lograr ser una buena persona en base a su ejemplo y mucho amor y reconocimiento por su constante apoyo y sacrificio.

A Mis tios, por estar siempre presentes apoyándome en todo, son soporte para lograr lo que me propongo.

En general a todos mis amigos ahora colegas, con los cuales logramos romper la idea de competitividad para remplazarla por cooperación lo que nos permitió enfrentar juntos los momentos difíciles y disfrutar los logros de cada uno.

**Carlos Quispitongo Tuesta.**

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de San Martín, por darme la oportunidad de realizarme como profesional a través de los conocimientos adquiridos durante mi estancia en dicha Casa Superior de Estudios.

A los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, por su constante labor en la enseñanza y formación de los Futuros Profesionales.

Al Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón y al Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz, por su valioso aporte para la culminación de la presente Tesis.

A mis familiares y amigos, que de una u otra manera con su apoyo y colaboración desinteresada contribuyeron al logro del presente trabajo.

**Carlos Quispitongo Tuesta.**

## Índice

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Índice .....	viii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras .....	xii
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	1
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	1
1.1. Exploración preliminar orientando la investigación.....	1
1.2. Aspectos generales del estudio.....	2
1.3. Aspectos generales del estudio .....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes, planteamiento, formulación del problema a resolver.....	4
2.1.1. Antecedentes del problema.....	4
2.1.2. Planteamiento del problema .....	4
2.1.3. Delimitación del problema .....	5
2.1.4. Formulación del problema.....	5
2.2. Objetivos.....	5
2.2.1. Objetivos general.....	5
2.2.2. Objetivos específicos.....	6
2.3. Justificación de la investigación .....	6
2.4. Delimitación de la investigación .....	6
2.5. Marco teórico.....	7
2.5.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.5.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación .....	8
2.5.3. Marco conceptual .....	31
2.5.4. Marco histórico.....	32
2.6. Hipótesis a demostrar .....	32

CAPÍTULO III .....	33
MATERIAL Y MÉTODOS .....	33
3.1. Materiales .....	33
3.1.1. Recursos Humanos .....	33
3.1.2. Recursos Materiales y servicios .....	33
3.1.3. Recursos de Equipos.....	33
3.2. Metodología.....	34
3.2.1. Universo, muestra población .....	34
3.2.2. Sistema de variables .....	34
3.2.3. Diseño experimental de la investigación .....	34
3.2.4. Diseño de instrumentos .....	35
3.2.5. Procesamiento de información .....	37
3.2.6. Determinación del área drenada .....	52
CAPÍTULO IV .....	198
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	198
4.1. Resultados.....	198
4.1.1. Intensidad máxima de diseño .....	198
4.1.2. Áreas colectoras de lluvias .....	198
4.1.3. Coeficiente de escorrentía .....	198
4.1.4. Caudales de escurrimiento.....	198
4.1.5. Dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarillas .....	199
4.1.6. Análisis de suelo.....	198
4.2. Discusión .....	200
CONCLUSIONES.....	203
RECOMENDACIONES .....	204
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	205
ANEXOS .....	207

## Índice de tabla

	Pág.
Tabla 1. Valores del coeficiente de escorrentía según el método racional.....	13
Tabla 2. Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía según el método M M.....	13
Tabla 3. Taludes recomendables según tipo de material .....	25
Tabla 4. Coeficiente de rugosidad según el material .....	26
Tabla 5. Ancho de solera en relación con el caudal .....	26
Tabla 6. Borde libre en relación del caudal .....	29
Tabla 7. Relación de borde libre con ancho de solera .....	29
Tabla 8. Velocidades máximas de erosión .....	30
Tabla 9. Calculo de la población futura.....	37
Tabla 10. Información topográfica de calles .....	38
Tabla 11. Información hidrológica .....	43
Tabla 12. Ocurrencia cronológica de la precipitación .....	44
Tabla 13. Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica .....	45
Tabla 14. Resumen de valores del tiempo de concentración.....	46
Tabla 15. Distribución porcentual en 24 horas para una curva normal .....	49
Tabla 16. Precipitación normal en porcentaje para 1,2,3,4,5y 6 horas.....	49
Tabla 17. Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov - Kolmogorov .....	51
Tabla 18. Áreas colectoras de lluvia.....	52
Tabla 19. Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math.....	56
Tabla 20. Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional .....	60
Tabla 21. Determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math.....	65
Tabla 22. Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados.....	69
Tabla 23. Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas .....	75
Tabla 24. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	83
Tabla 25. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	84
Tabla 26. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	86
Tabla 27. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	87
Tabla 28. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	89
Tabla 29. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas .....	90

Tabla 30. Especificaciones Técnicas .....	105
Tabla 31. Especificaciones Técnicas .....	118
Tabla 32. Nudo 1 de factores de distribución .....	123
Tabla 33. Nudo 2 de factores de distribución .....	123
Tabla 34. Nudo 3 de factores de distribución .....	124
Tabla 35. Nudo 4 de factores de distribución .....	124
Tabla 36. Especificaciones técnicas para alcantarilla.....	140
Tabla 37. Nudo 1 de factores de distribución .....	144
Tabla 38. Nudo 2 de factores de distribución .....	144
Tabla 39. Nudo 3 de factores de distribución .....	145
Tabla 40. Nudo 4 de factores de distribución .....	145
Tabla 41. Especificaciones técnicas para alcantarilla.....	196

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Sección típica de cuneta .....	16
Figura 2.. Poza sin agua, terreno seco. ....	16
Figura 3. Poza llena hasta la cota superior de la pared lateral, terreno seco .....	17
Figura 4. Diagrama de momentos para el caso I y el caso II.....	19
Figura 5. Vista isométrica de una transición en un canal .....	25
Figura 6. Sección rectangular de un canal.....	27
Figura 7. Sección de cuneta.....	91
Figura 8. Sección transversal de la cuneta.....	92
Figura 9. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso I .....	94
Figura 10. La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral.....	95
Figura 11. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso II .....	97
Figura 12. Distribución de acero en la cuneta .....	104
Figura 13. Sección de cuneta.....	105
Figura 14. Sección transversal de la cuneta.....	106
Figura 15. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso I .....	108
Figura 16. La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral.....	109
Figura 17. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso II .....	111
Figura 18. Distribución de acero en la cuneta .....	118
Figura 19. Sistemas de cargas en las alcantarillas .....	119
Figura 20. Diagrama de esfuerzos en el marco rígido (alcantarilla) .....	121
Figura 21. Análisis estructural del marco rígido por el método de hardy cross.....	124
Figura 22. Esfuerzos en el tramo 1 – 2 marco rígido. ....	125
Figura 23. Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido. ....	126
Figura 24. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia “X” .....	127
Figura 25. Esfuerzos en las paredes del marco rígido a una distancia "X". ....	128
Figura 26. Diagrama de momentos del marco rígido. ....	129
Figura 27. Disposición del acero en la alcantarilla.....	139
Figura 28. Sistemas de cargas en las alcantarillas .....	140
Figura 29. Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido. ....	142
Figura 30. Análisis estructural del marco rígido por el método de hardy cross.....	145

Figura 31. Esfuerzos en el tramo 1 – 2 marco rígido. ....	147
Figura 32. Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido. ....	147
Figura 33. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia “X” .....	148
Figura 34. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia “X” .....	149
Figura 35. Diagrama de momentos del marco rígido. ....	151
Figura 36. Disposición del acero en la alcantarilla.....	196

## Resumen

El presente trabajo de investigación titulado: Diseño Hidráulico y Estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitividad del centro poblado Munichis - distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto – 2019, busca dar solución integral a los graves problemas de, deterioro progresivo de las rasantes de las vías públicas, plataformas de las obras de artes existentes, que se producen en Centro Poblado; cuando se presentan precipitaciones pluviales ordinarias y extraordinarias. En el presente trabajo de tesis, se ha realizado levantamientos topográficos en la zona urbana actual (28.58 Ha.), información que nos permitió obtener los planos del proyecto.

En la actualidad el crecimiento acelerado de la población en la mayoría de las ciudades del país ha traído como consecuencia el aumento de la demanda de mayores y mejores servicios públicos entre los cuales tienen especial importancia los excedentes de aguas pluviales, conocido como drenaje pluvial urbano.

Los planos topográficos (manzaneo y curvas a nivel) nos permite definir un área total a drenar de 28.58 Ha., lo que ha dividido en 37 áreas colectoras, dentro de las cuales se han determinado 140 áreas tributarias, ver plano PAC Áreas colectoras. Se determinó el caudal de diseño utilizando los métodos Racional y Mac Math, en función al Coeficiente de escorrentía, áreas colectoras, pendiente del terreno, la Intensidad de diseño correspondiente a un tiempo de retomo  $Tr = 25$  años. Con el caudal de diseño, pendiente y rugosidad, calculamos la geometría de las secciones de cada tramo de colector, los mismos que hacen su entrega final en estructuras proyectadas al final de las 09 Obras de entregas proyectadas y ubicadas en el cauce de las Quebradas Gengidrillo, Rummy callarina y Arenilla.

**Palabras clave:** Diseño, hidráulico, drenaje, pluvial, transitabilidad [Munichis, Yurimaguas, Alto Amazonas, Loreto], 2018

## Abstract

The following research work entitled: Hydraulic and Structural Design of storm drainage to improve the transitivity of the populated center Munichis - Yurimaguas district - Alto Amazonas province - Loreto region - 2019, seeks to provide a comprehensive solution to the serious problems of progressive deterioration of the flush of public roads, platforms of existing works of art, which are produced in Centro Poblado; when ordinary and extraordinary rainfall occurs. In this thesis work, topographic surveys have been carried out in the current urban area (28.58 Ha.), Information that allowed us to obtain the plans of the project. At present, the rapid growth of the population in most cities of the country has resulted in an increase in the demand for greater and better public services, among which surpluses of rainwater, known as urban storm drainage, are especially important. The topographic plans (manzaneo and contours) allow us to define a total area to drain of 28.58 Ha., Which has divided into 37 collection areas, within which 140 tax areas have been determined, see map PAC Collection areas. The design flow was determined using the Rational and Mac Math methods, depending on the runoff coefficient, collecting areas, slope of the land, the Design Intensity corresponding to a return time  $Tr = 25$  years. With the flow of design, slope and roughness, we calculate the geometry of the sections of each section of collector, the same that make their final delivery in projected structures at the end of the 09 Works of projected deliveries and located in the channel of the Quebradas Gengidrillo , Rummy Callarina and Arenilla.

**Keywords:** Design, hydraulic, drainage, stormwater, passability [Munichis, Yurimaguas, Alto Amazonas, Loreto], 2018

## **Introducción**

Considerando el calentamiento global como un factor que impulsa con más frecuencia mayores precipitaciones, en la Región Loreto se ha venido intensificando cambios climatológicos, ocasionando alteraciones que alcanzan directamente a los cursos de agua, independientemente de su orden y ubicación geográfica.

Las lluvias a inicio de cada año se producen a nivel nacional debido a factores hidrológicos, y de estos no son ajenos diversos distritos y provincias de la Región Loreto , esto ocasiona el incremento de las escorrentías de aguas pluviales en diversas vías públicas, como se puede apreciar en el Centro Poblado Menor de Munichis , ocasionando el deterioro de la plataforma de las calles, obstaculizando el libre tránsito de los transeúntes y en mayores casos la propagación de enfermedades debido a la acumulación de agua no evacuadas. Tras la percepción de estos hechos nos ha motivado, a buscar alternativas de solución basadas en criterios para el diseño hidráulico y estructural de obras de drenaje.

La falta de un plan piloto de catastro urbano ha provocado en estos últimos tiempos un desorden territorial que hacen que los cursos de aguas pluviales tomen el curso guiado por las pendientes naturales que presentan.

# CAPÍTULO I

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 1.1. Exploración preliminar orientando la investigación

En estos últimos años la región Loreto, es concentración de migrantes principalmente de la sierra y esto ha provocado un acelerado crecimiento poblacional en el Centro Poblado Munichis , y es por ello que se ha visto necesario elaborar el Proyecto de Drenaje Pluvial del Centro Poblado ya antes mencionado. La presente tesis constituye un aporte técnico de solución al problema de drenaje, en la cual se propone desarrollar el **“Diseño Hidráulico y Estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto - 2019”**

La tesis se ha elaborado de acuerdo a los requisitos y normas técnicas que se especifican en cada una de las áreas, tanto en hidráulica y así como en estructuras; también se contó con información auxiliar como son: tablas, cuadros, y formulas empleadas durante su desarrollo.

### 1.2. Aspectos generales del estudio

Para el trabajo de investigación se realizó la exploración de campo, iniciando con el levantamiento topográfico del lugar en donde se va a desarrollar la tesis, obteniendo un plano catastral a curvas de nivel. Los datos obtenidos de este estudio serán utilizados para establecer la dirección y el sentido del flujo de agua debido a las precipitaciones que se deben evacuar por las diferentes estructuras de drenaje pluvial (cunetas, alcantarillas y obras complementarias).

Se adquirió los datos pluviométricos de SENAMHI de la Estación Yurimaguas , los mismos que indican las precipitaciones ocurrida en los últimos 20 años en la zona de estudio, las cuales nos permite calcular la cantidad de agua que fluye en la zona producto de las precipitaciones para luego así realizar el diseño hidráulico del drenaje pluvial urbano.

Por último se realizó la toma de muestras para el estudio de mecánica de suelos, cuyos resultados son necesarios para el diseño estructural de las obras de drenaje pluvial.

### **1.3. Aspectos generales del estudio**

El Centro Poblado Munichis a comparación de los diferentes pueblos aledaños presentan un crecimiento un crecimiento demográfico acelerado producto de la migración continua, y esto ha originado un desordenado desarrollo urbano, trayendo consigo consecuencias un mal manejo de las aguas pluviales, hecho que nos motivó a la formulación de la presente tesis.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes, planteamiento, formulación del problema a resolver**

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

Nuestro país en la región de la selva, específicamente el Departamento de Loreto, cuenta con una gran variedad de características geográficas, ecológicas, climatológicas, esto permite que ocurran múltiples fenómenos naturales, provocando desastres lo cual hace que la población se sienta amenazada y que la infraestructura de las localidades existentes también se encuentre vulnerables.

Las intensas lluvias en la zona generan la acumulación de agua y en algunos casos la inundación de viviendas; sumado a esto el tránsito peatonal en época de invierno se torna dificultoso y esto provoca que se agrave más la situación, ya que deteriora con más rapidez la superficie de rodaje, ocasiona lodo y charcos.

Debido a que el Centro Poblado no posee un sistema de drenaje pluvial y con la finalidad de analizar e interpretar la realidad y determinar la problemática existente, enfocamos la investigación para plantear una propuesta que resuelva los problemas que presenta las condiciones actuales de este Centro Poblado, mediante el Diseño Hidráulico del Drenaje Pluvial Urbano, Utilizando todos los lineamientos 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**

En la actualidad teniendo en cuenta la realidad económica y social en la que se vive en esta parte del Centro Poblado Munichis, desde un punto de vista general, lo que se puede apreciar es la falta de mejoramiento de sus calles, esto implica primero tener un sistema de drenaje pluvial, lo cual es muy importante y necesario para la población de esta localidad, ya que con el crecimiento poblacional y la falta de un plan piloto para una adecuada distribución, los pobladores están emergidos en problemas tales como salubridad, comodidad y tránsito por la falta de un sistema de drenaje pluvial urbano, teniendo como causa principal las intensas precipitaciones que existen en esta parte de la región, provocando así muchas veces la formación de charcos mal olientes e infecciosos, y bacheos superficiales en la plataforma de vía.

La migración masiva y con ella la tecnificación de la ganadería; tierras aptas para una buena agricultura, una adecuada ubicación ha provocado que el flujo económico gire en torno al pueblo y es por ello que el ingreso económico del pueblo tiene que ser directamente proporcional a la calidad de vida de sus habitantes

### **2.1.3. Delimitación del problema**

El proyecto o estudio de investigación se realizará en el centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto - 2019, , contando con población beneficiada de 1500 habitantes aproximadamente y un área de influencia de 28.58 Ha, donde se efectuara los trabajos de topografía, mecánica de suelos y el respectivo planteamiento del sistema de drenaje pluvial.

### **2.1.4. Formulación del problema**

Las condiciones actuales de las calles de este pueblo son pésimas, ya que presentan problemas en la evacuación de las aguas producto de las precipitaciones pluviales, la falta de esta es muy diversas, pueden ser cuestiones económicas, sociales y aún políticas influyen en el problema, y es de vital importancia la comunicación de la población en general para así poder entender el efecto de la falta de una propuesta del planteamiento de sistema de drenaje pluvial urbano. La ausencia de esta, provoca también enfermedades en la población, debido a que en épocas de lluvia se acumulan agua en las calles, las cuales son las causantes de dichas enfermedades. Es así como surge la siguiente pregunta:

¿De qué manera el diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial urbano contribuirá en mejorar la calidad de vida de la población que habita en el centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto - 2019?

## **2.2. Objetivos**

La presente investigación presenta los siguientes objetivos:

### **2.2.1. Objetivo general**

Realizar el Diseño Hidráulico y Estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitividad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto - 2019.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

Realizar el planteamiento hidráulico del sistema.

Ejecutar estudios topográficos, levantamiento catastral a curvas a nivel.

Elaborar el estudio hidrológico e hidráulico con proyección a 20 años.

Estimar los caudales de diseño de las obras de drenaje pluvial.

Hacer estudios de mecánica de suelos.

Efectuar el análisis estructural del sistema de drenaje pluvial.

### **2.3. Justificación de la investigación**

La tesis se plantea como consecuencia de la necesidad de conseguir el encausamiento y evacuación inmediata de las aguas pluviales a través de obras de drenaje al presentarse la caída de precipitaciones. De esta manera se busca garantizar y brindar seguridad ciudadana, buena calidad de vida, salubridad, evitar inundaciones y colapso de viviendas por erosión y/o sobre humedecimiento de los cimientos y en casos mayores se produce desbordes, inundaciones en las viviendas, por esta y todas las razones ya mencionadas consideramos justificable el presente trabajo de tesis.

### **2.4. Delimitación de la investigación**

El área de estudio de la presente investigación, centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto, Contando con población beneficiada de 1500 habitantes aproximadamente.

En la presente tesis utilizaremos los datos del levantamiento topográfico para tener una idea aproximada de la forma del terreno, las cuales nos ayudaran a establecer la dirección y sentido del flujo del agua debido a las precipitaciones. Los datos hidrológicos serán utilizados para estimar el caudal que circula por las obras de drenaje utilizando el Método Racional y Mac Math. Los parámetros del estudio de suelo contribuirán con el diseño estructural de las obras.

## **2.5. Marco teórico**

### **2.5.1. Antecedentes de la investigación**

Según, Gálvez Álvarez, Hugo Alejandro (2004), en su tesis de investigación sobre “planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de pasaco, Jutiapa”, esta tesis manifiesta que para poder diseñar y construir deben tomarse en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos y que las normas de diseño de instituciones públicas que se dedican a diseñar drenajes, se pudo establecer que es preferible la construcción de sistemas separativos de alcantarillado, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, tal que al verterlas a ríos o drenes naturales no causen contaminación.

Según, Beltran Juárez, José Rafael (2010), en su tesis de investigación sobre “propuesta de mejoramiento del drenaje pluvial de la planta de tratamiento de aguas residuales”, esta tesis trata sobre la planta de tratamiento Ingeniero Arturo Pazos Sosa de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos brinda el servicio de sanear las aguas residuales domésticas de la población de la colonia Aurora II. Tiene como fines permitir a los estudiantes de la maestría efectuar ensayos de tratamiento, comparar los diferentes procesos y capacitar a los operadores de otras plantas, asimismo esta planta presenta un problema, debido a la gran intensidad de las precipitaciones, el drenaje pluvial no es capaz de drenar toda el agua, lo que causa la erosión del suelo y pone en peligro las estructuras de los diferentes tratamientos para las aguas residuales. Para solucionar este problema se debe realizar un estudio y verificar la capacidad del sistema de drenar el agua y hacer un nuevo diseño, además incorporar obras para disipar la energía del flujo y proteger los taludes.

Según, De León Acosta, Erik Braulio (2009), en su tesis de investigación sobre “proyecto para la rehabilitación del drenaje pluvial en motozintla Chiapas”, esta tesis tiene como objetivo incrementar la colocación de tuberías de agua potable y la construcción de alcantarillado de aguas pluviales ya que la falta de estos servicios es una problemática existente en el municipio. Esto se pretende hacer mejorando la administración de sus órganos operativos a nivel municipal y cuidando la infraestructura existente. Motozintla- Chiapas- Mexico-2009.

Según, Antonio Carpio, Henry (2011), en su tesis sobre propuesta de diseño del drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para las aguas residuales del casco urbano y colonia “la entrevista” del municipio san cayetano istepeque, departamento de san vicente-San Salvador; en este trabajo se presenta una propuesta de diseño del alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y una planta de tratamiento para las aguas residuales

Según, Granda Acha, Rudy Rolandy (2013), “tesis en análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos”, la presente tesis plantea el análisis de una red de drenaje en particular de la ciudad de Piura a través de uno de los modelos numéricos, la cual hace referencia a la evolución del concepto de drenaje urbano y a una de las principales causas de inundaciones urbanas en la actualidad como es la mala gestión del desarrollo urbano y hace una descripción general de la modelación numérica en hidráulica, así como del modelo numérico de drenaje urbano empleado para la simulación y análisis de la red propuesta en este trabajo.

## **2.5.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación**

### **2.5.2.1. Climatología**

Según Chereque Moran, Wendor, son numerosas las definiciones que existen del clima, pero todas ellas aluden al estado medio de la atmósfera. Para la organización Meteorológica Mundial, el clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo en un dominio espacial determinado.

Los elementos que permitan distinguir un clima de otro son: la temperatura, la precipitación, la presión, el viento y la radiación solar. Los dos primeros son las principales.

Los factores que condicionan el clima son: la latitud, la altitud y la continentalidad. La latitud determina la intensidad de la radiación solar, la altitud de termina la temperatura. La continentalidad se refiere a la mayor o menor proximidad de un lugar a los mares. Muchas veces juegan papel importante en el condicionamiento del clima de las corrientes marinas.

Otros factores de importancia eventual son la orientación, los vientos dominantes, la naturaleza del terreno y la vegetación.

### 2.5.2.2.Hidrología

Según Cahuana Andia, Agustin, & Yugar Morales, Weimar, la hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. También es conveniente mencionar la definición que plantea la Organización Meteorológica Mundial, por que destaca la importancia de la hidrología en relación con los recursos hidráulicos de la tierra y su aprovechamiento. “Hidrología es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico” Es necesario limitar la parte de la hidrología que estudia la ingeniería, a una rama que comúnmente se llama ingeniería hidrológica.

Generalmente los proyectos hidráulicos son de dos tipos: los proyectos que se refieren al uso de agua y los que se refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua, tomando estos principios se define: La Ingeniería hidrológica es la ciencia aplicada, que usa principios hidrológicos en la solución de problemas de ingeniería, que surgen de la necesidad de uso y explotación de los recursos hídricos, así como para la protección contra daños ocasionados por éste. La hidrología aplicada moderna exige conocimientos avanzados de matemáticas, tales como la estadística, planteamientos y resoluciones analíticas del comportamiento del ciclo hidrológico que es muy complejo.

La hidrología se subdivide en muchas otras ciencias, entre ellas la Hidrogeología, Hidrología superficial, Hidrología Subterránea, Hidrología Estadística, Hidrología Determinista, etc. En este libro se desarrollará la hidrología superficial.

La Hidrología es aplicada con mucha frecuencia para el diseño de obras civiles. El ingeniero civil que se ocupa de proyectar, construir o supervisar el funcionamiento de instalaciones hidráulicas, sanitarias y otras obras civiles debe resolver numerosos problemas prácticos. Éstos pueden ser de muy variado carácter, pero en la mayoría de los casos será necesario el conocimiento de la hidrología para su solución. Los proyectos de ingeniería civil típicos de explotación y uso de los recursos hídricos (agua) son:

Abastecimiento de agua potable,

Irrigación (riego tecnificado y riego por inundación)

Aprovechamiento hidroeléctrico (centrales hidroeléctricas)

Suministro de agua para múltiples usos

Navegación

Recreación entre otros.

Los proyectos de ingeniería civil típicos para la protección contra los daños que ocasiona el agua son:

Drenaje urbano (drenajes fluviales, evacuación de desechos)

Drenaje vial (dimensionamiento de puentes, alcantarillas en carreteras)

Drenaje agrícola (drenaje superficial, para la eliminación de aguas superficiales, innecesarias y perjudiciales a la agricultura y a los asentamientos humanos; drenaje subsuperficial, para la eliminación de aguas perjudiciales para la agricultura y para las instalaciones técnicas)

Encauzamientos de ríos

Defensa contra inundaciones

Determinación de llanuras de inundación

Control de la erosión en cuencas

Dimensionamiento y operación de embalses

Como base para la realización de tales tareas, el ingeniero debe conocer los elementos básicos del ciclo hidrológico, los medios y métodos de medida de estos, las técnicas de tratamiento de datos y su interpretación. Además, debe saber establecerse adecuadamente las relaciones cuantitativas y cualitativas entre parámetros importantes, mediante la ayuda del análisis de sistemas, la estadística matemática, etc.

### **2.5.2.3.Precipitación**

Según Chereque Moran, Wendor, la precipitación en general es el término que se refiere a toda la forma de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada.

La formación de las gotas de lluvia se produce dentro de la masa de la nube. Pero esto quiere decir que las gotas allí formadas llegaran a la superficie terrestre. Dicho en otras palabras, el volumen de agua contenida en las nubes no va a ser igual al volumen de agua llovida. Mediciones realizadas demuestran que lo normal es que el agua de lluvia que cae a tierra sea mucho mayor al contenida en la nube; la explicación es la siguiente: es que las nubes se condensan continuamente durante el proceso mismo de la precipitación lo que significa una alimentación constante a partir del vapor de agua que se ubica alrededor de la nube y esto se produce simplemente por:

Cuando exista una turbulencia dentro de la misma nube que provoca y facilita la renovación del vapor de agua.

Cuando hay movimiento de aire húmedo desde las partes bajas, es decir un movimiento vertical ascendente que transporta las nubes de la parte baja hacia la parte alta.

Por interferencia de tormentas que se presentan en cuencas vecinas próximas a las líneas divisoria de aguas

#### Formación de las precipitaciones

Los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son las siguientes:

Humedad atmosférica

Radiación solar

Mecanismo de enfriamiento de aire

Presencia de núcleos giroscópicos para que haya condensación.

Mecanismo de crecimiento de las partículas.

El proceso de la formación de la precipitación es la siguiente:

El aire húmedo de los estratos bajos es calentado por conducción.

El aire húmedo, entonces, se torna más leve que el de las vecindades y experimenta una ascensión adiabática.

El aire húmedo, entonces, se expande y se enfría a razón de  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m (expansión adiabática seca) hasta llegar a una condición de saturación, para llegar a su nivel de condensación.

A partir de ese nivel, con núcleos giroscópicos, el vapor de agua se condensa formando minúsculas gotas a lo largo de dichos núcleos.

Dichas gotas se mantienen en suspensión hasta que, por un proceso de crecimiento, alcanzan el tamaño suficiente para precipitar.

#### **2.5.2.4. Escorrentía superficial**

Según Villón Bejar, Máximo, “es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine”.

La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso.

### 2.5.2.5. Evaporación

Según Chereque Moran, Wendor, “la evaporación es una etapa permanente del ciclo hidrológico. Hay evaporación en todo momento y desde toda superficie húmeda. Considerada como un fenómeno puramente físico, la evaporación es el pasaje del agua al estado de vapor; sin embargo, hay otra evaporación, la provocada por la actividad de las plantas y que recibe el nombre de transpiración”.

De modo general, la evaporación se puede estudiar por separado, a partir de las superficies libres del agua (lagos, embalses, ríos, charcas), a partir de la nieve, a partir del suelo y a partir de las plantas (transpiración). O bien se puede estudiar la evaporación total en una cuenca, sin tomar en cuenta las formas particulares que adopta; a esta evaporación total se llama evapotranspiración.

### 2.5.2.6. Coeficiente de escorrentía

Según Sandoval Salazar, Néstor Raúl, no toda el agua de lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado; parte se pierde por factores tales como la evaporación, interceptación vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por esto que en algunos casos se llama coeficiente de impermeabilidad.

La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que existen hechos que pueden hacer que su valor varíe con el tiempo.

Se expresa como la relación:

$$C = \frac{\text{Precipitación}}{\text{Escorrentía}} < 1$$

Conjunto de factores que permiten a la hidrología la obtención de la escorrentía superficial que corresponde a una determinada lluvia, en un lugar específico; conocido como el término “C” y para evaluarlo han sido sugeridas varias tablas, de las que se citan de acuerdo a los métodos a utilizar.

En las tablas 01 y 02 se dan algunas guías para la selección del coeficiente de escorrentía según la norma para el alcantarillado.

**Tabla 1**

*Valores del coeficiente de escorrentía según el método racional.*

Tipo de área drenada	Coeficiente "C"
Áreas Comerciales	
Céntricas	0.7 – 0.95
Vecindarios	0.5 – 0.7
Áreas Residenciales	
Familiares Simples	0.30 – 0.50
Multifamiliares Separadas	0.40 – 0.60
Multifamiliares Concentrados	0.60 – 0.75
Semi-Urbanos	0.25 – 0.40
Casas DE Habitación	0.50 – 0.70
Áreas Industriales	
Densas	0.60 – 0.90
Espaciadas	0.50 – 0.80
Parques, Cementerios	0.10 – 0.25
Campos de Juego	0.10 – 0.35
Pacios de Ferrocarril	0.20 – 0.40
Zonas Suburbanas	0.10 – 0.30
Calles	
Asfaltadas	0.70 – 0.95
De Concreto Hidráulico	0.80 – 0.95
Adoquinadas	0.70 – 0.85
Estacionamientos	0.75 – 0.85
Techados.	0.75 – 0.95

Fuente: Villón Béjar, Máximo. "Hidrología", pág.258.

**Tabla 2**

*Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía según el método mac math.*

Vegetación		Suelo	Topografía		
Cobertura	C1	Textura	c2	Pendiente %	C3
100%					
100	0.80	Arenosa	0.08	0.0 - 0.20	0.04
80 - 100	0.12	Ligera	0.12	0.20 - 0.50	0.06
50 - 80	0.16	Media	0.16	0.50 - 2.00	0.06
20 - 50	0.22	Fina	0.22	2.00 - 5.00	0.10
0 - 20	0.30	Pesada	0.30	5.00 - 10.00	0.15

Fuente: Morales Uchofen, Walter, "Drenaje Vial", Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000-IIFC – Tarapoto - Perú.

### 2.5.2.7.Caudal de diseño

Según, Chereque Moran, Wendor, para llegar a conocer los recursos hidráulicos de una cuenca es necesario averiguar el caudal, diariamente, a la misma hora, y durante el mayor número posible de años. Así es como se llega a conocer el régimen de los ríos. Todos los países cuidan de organizar este servicio, estableciendo estaciones de aforo y publicando los resultados. En el Perú esta labor la realiza principalmente Senamhi.

Los términos caudales, gasto y descarga son sinónimos. Aforar significa medir caudales. El principal método para aforar corrientes naturales es el del correntómetro

### 2.5.2.8.Medición de caudales

Según, Chereque Moran, Wendor, de los varios métodos disponibles para aforar corrientes naturales el principal es con correntómetro. De estos aparatos hay dos tipos, de hélice y de rueda de copas. Instalar el correntómetro significa ubicar la hélice en el punto (P) donde se va a medir la velocidad del agua. Tomar lectura significa anotar el número de revoluciones (R) de la hélice en el tiempo arbitrario (t) en segundo.

$$V = a * n + b$$

Donde:

V..... velocidad en el punto

n..... numero de revoluciones por seg.= R/t

a,b.... constante de calibración

### 2.5.2.9.Cunetas

Según Sandoval Salazar, Néstor Raúl, son estructuras de drenaje pluvial de caminos y/o sistemas de drenaje de drenaje urbano, que se construyen en todos los tramos en ladera, corte cerrado, al pie de talud de corte, poblados con mucha precipitación pluvial y se utilizan para evacuar el agua de la zona de la via, se ubican paralelas al eje del camino y de las viviendas.

La cuneta debe ser revestido cuando el suelo sea deleznable y la rasante de la cuneta sea igual o mayor que 4%, también puede ser revestida en rasantes leves, para reducir la rugosidad y asegurar el escurrimiento de las aguas.

Generalmente las cunetas descargan en una alcantarilla o aliviadero que puede ser establecido de acuerdo con la longitud de la cuneta, sus dimensiones y el caudal máximo que puede soportar la sección que presenta.

Generalmente, en los poblados que cuentan con desagüe pluvial lo más conveniente es tener cunetas anchas de poca profundidad que una angosta en forma de V. La erosión en cunetas superficiales anchas es menor, debido a que el agua se distribuye sobre una mayor superficie en espesores delgados, en lugar de concentrarse formando una profunda corriente angosta. Sin embargo, el costo de construcción de una cuneta ancha es considerable, de modo que en los tramos accidentados se podrá aceptar por economía, cunetas más angostas que las mínimas especificadas.

La pendiente de una cuneta no es necesariamente paralela a la pendiente del camino. Años de experiencia han demostrado que el agua no fluirá fácilmente en cunetas que tengan una pendiente longitudinal de menos 0.5%, especialmente si se permite que crezca con ellos césped suficientemente alto. Todas las cunetas deberán tener por consiguiente, gradientes de por lo menos 0.50%.

Las dimensiones mínimas de las cunetas serán fijadas de acuerdo a las consideraciones pluviométricas de la zona y el correspondiente diseño hidráulico.

Se presenta a continuación algunas consideraciones ambientales, que se deberán tomar en cuenta:

Las cunetas necesitan mantenerse limpias y protegidas de la erosión, ya sea con empedrados, vegetación, emboquillado de piedras o concreto.

El revestimiento de las cunetas es importante, debido a que el agua pueda infiltrarse de regreso hacia la base del camino, causando el deterioro de las viviendas y la superficie del camino.

Es necesario limitar la pendiente de la cuneta de un 2% a un 5%, cuando sea necesario hacer cunetas con pendientes mayores de 5%, se deberá reducir la velocidad del agua con diques de contención o se debe revestir.

Si en el mantenimiento se constata que las cunetas no tienen suficiente capacidad para la intensidad pluvial local, se deberá agregar desfuegos intermedios entre las alcantarillas existentes.

### 2.5.2.10. Diseño estructural de cunetas

Según Morales Uchofen, Walter, consiste en determinar las dimensiones y cantidades de refuerzo que contendrá la cuneta en función de las solicitaciones de carga que se presentan.

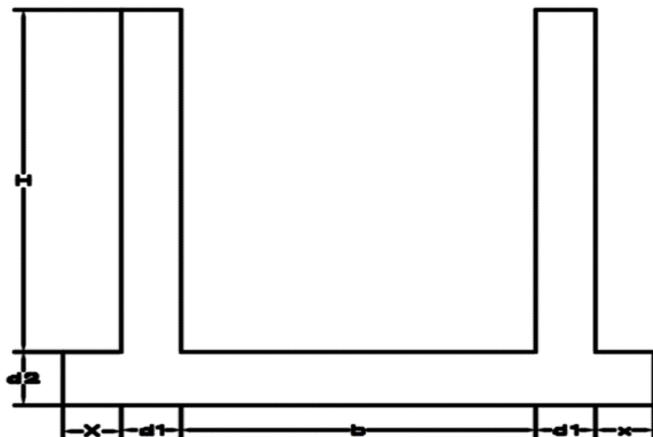


Figura 1. Sección típica de cuneta (Fuente: Walter Morales Uchofen)

En el cálculo estructural se tiene en cuenta los diferentes casos extremos que pueden presentarse durante la vida útil de la obra de arte, los casos extremos que se podrían presentar son los siguientes:

Caso I: Poza sin agua, terreno seco.

Con relleno a ambos lados de las paredes laterales, una sobrecarga equivalente del camión de diseño H20 S16 ( $q_s = 1000\text{Kg/m}^2$ ), y sobre carga del pavimento  $q_p = 400\text{Kg/m}^2$  tal como se muestra en el siguiente gráfico.

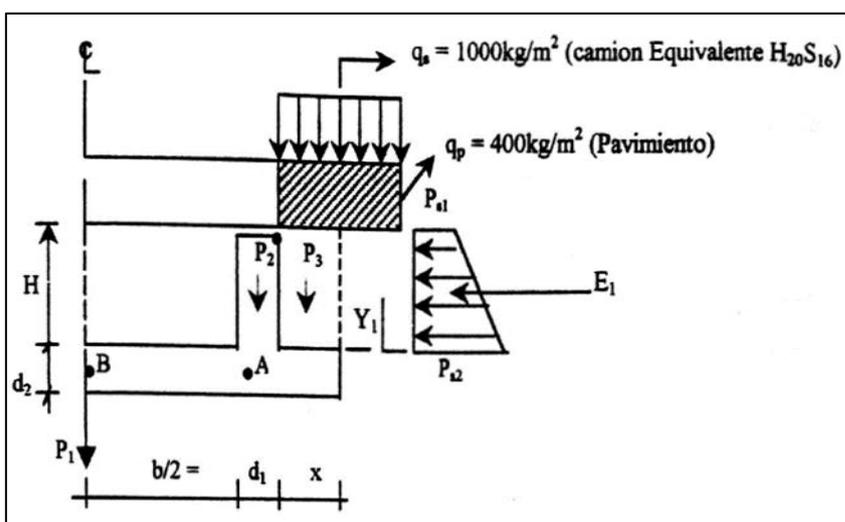


Figura 2. Poza sin agua, terreno seco. (Fuente: Walter Morales Uchofen)

Caso II: Poza llena hasta la cota superior de la pared lateral, terreno seco.

Con relleno a ambos lados de las paredes laterales, y nivel freático en el interior de la cuneta hasta la cota superior del mismo, con sobre carga del pavimento  $q_p = 400\text{Kg/m}^2$  tal como se muestra en el gráfico a continuación.

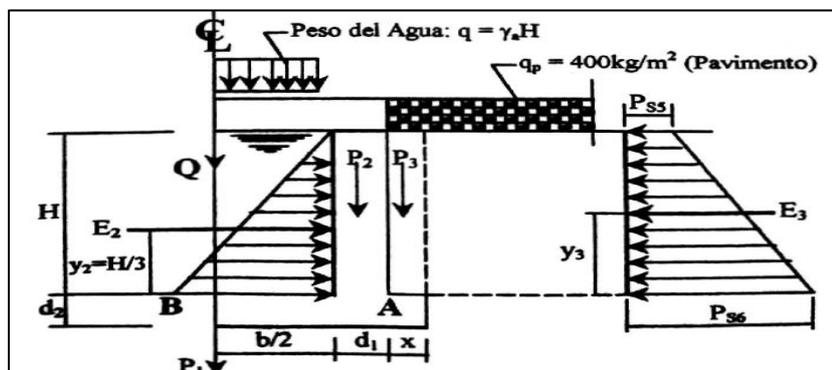


Figura 3. Poza llena hasta la cota superior de la pared lateral, terreno seco (Fuente: Walter Morales Uchofen)

Para iniciar el cálculo se estima un primer valor para el espesor de las paredes y losa. Tomando una recomendación práctica, tanto para las paredes y losa con un valor inicial  $d=h/15$ , donde  $h$  es la altura de las paredes laterales.

Sin embargo, por razones constructivas (vaciado del concreto), se tiene que tomar como mínimo  $d_{\min} = 0.15\text{m}$ , o sea:

$$d = \begin{cases} \frac{h}{15} \\ \text{ó} \\ 15\text{ cm} \end{cases} \rightarrow \text{El Mayor}$$

Luego se calcula para cada caso (caso I y caso II):

El momento en el punto A.

El momento en el punto B.

La seguridad contra la sub-presión.

La presión de la estructura sobre el terreno.

Caso I.

El momento en el punto “A” (ver figura N° 02) se genera por las presiones.

Las expresiones de los esfuerzos que se generan son las siguientes:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) \dots\dots\dots (01)$$

$$P_{s1} = K_a \gamma_s h_{s/c} = K_a \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s} = K_a(q_s + q_p) \dots(02)$$

$$h_{s/c} = \dots\dots\dots (03)$$

$$P_{s2} = K_a \gamma_s [H + h_{s/c}] \dots\dots\dots (04)$$

$$M_A = E_i Y_i \dots\dots\dots (05)$$

Donde:

$K_a$  = Coeficiente de empuje activo.

$P_{si}$  = Presiones debido a los empujes correspondientes (Kg/m<sup>2</sup>).

$\Phi$  = Angulo de fricción interna en grados sexagesimales.

$\gamma_s$  = Peso específico del suelo (Kg/m<sup>3</sup>).

$h_{s/c}$  = altura equivalente en metros debido a la sobre carga del camión. H<sub>20</sub> S16 ( $q_s$ ), y del pavimento ( $q_p$ ).

$\gamma_a$  = Peso específico del agua (1000Kg/m<sup>3</sup>).

$E_i$  = Empujes activos (Kg/m).

$Y_i$  = Posición de los empujes activos respecto a la cara superior de la losa inferior del canal (m).

$H$  = Altura de las paredes laterales de la cuneta (m)

$M_A$  = Momento en el punto “A” (Kg - m).

El momento en el punto “B”

Se calcula tomando en cuenta  $M_A$  y sub – presión “q” (Kg/m<sup>2</sup>).

$$q = \gamma_a (h + d_2) \dots\dots\dots (06)$$

Luego según la ecuación siguiente se obtiene:

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} q (b + d_1)^2 \dots\dots\dots (07)$$

El Momento en el punto “B” puede ser positivo o negativo. A continuación, se muestra los diagramas de momentos para ambos casos (Caso I y Caso II):

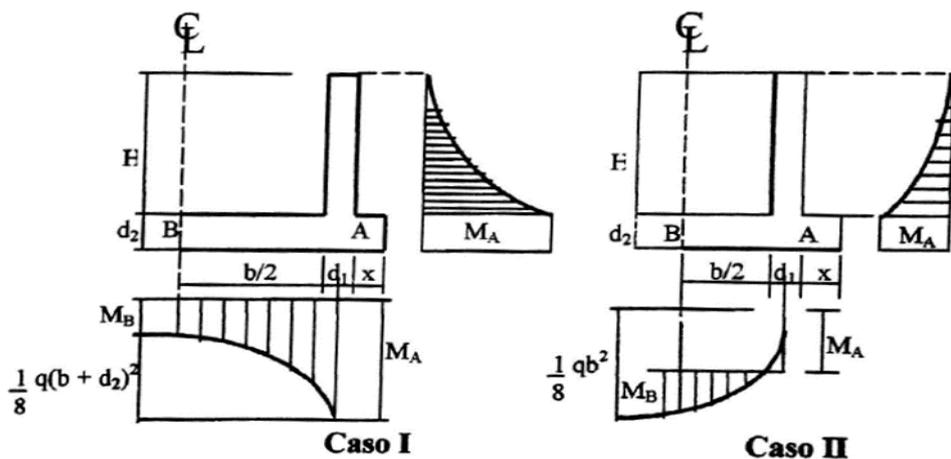


Figura 4. Diagrama de momentos para el caso I y el caso II (Fuente: Walter Morales Uchofen)

Seguridad contra la Sub – presión (ver figura N° 02):

El peso de la estructura se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x) d_2 \gamma_c \dots\dots\dots (08)$$

$$P_2 = d_1 H \gamma_c \dots\dots\dots (09)$$

$$P_3 = \gamma_s H x \dots\dots\dots (10)$$

Donde  $\gamma_c$  = Peso específico del concreto,  $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/cm}^3$

La Sub – presión Kg/m se puede expresar asi:

$$Q = q (b + 2d_1 + 2x) \dots\dots\dots(11)$$

Presión de la estructura sobre el terreno.

La presión de la estructura sobre el terreno es:

$$\sigma_r = \frac{P_1 + 2p_2 + 2p_3 - Q}{(b + 2d_1 + 2x) 10000} \dots\dots\dots (12)$$

Luego debe cumplirse que:

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_r} \geq 2 \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

$\sigma_T$  = Presión de la estructura sobre el terreno (Km/cm2)

$\sigma_t$  = Capacidad portante del suelo (Km/cm2)

Caso II.

El momento en el punto "A" se calcula según el figura N° 03, de donde se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} \dots\dots\dots (14)$$

$$Y_3 = \frac{H^2 - 3H h'}{3(H - 2h')} \dots\dots\dots (15)$$

Empuje del agua "E4" (Kg/m)

$$E_4 = \frac{1}{2} \gamma_a H^2 \dots\dots\dots (16)$$

$$E_5 = \frac{1}{2} K_a \gamma_s (H + 2h') H \dots\dots\dots (17)$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = \frac{1}{3} H E_4 - E_3 Y_3 \dots\dots\dots (18)$$

El momento en el punto "B", se calcula según la siguiente ecuación

$$M_B = -M_A + \frac{1}{2} q b^2 \dots\dots\dots (19)$$

Donde:

$$q = \gamma_a H \dots\dots\dots (20)$$

Presión de la estructura sobre el terreno ( $\sigma T$ )

Para esto se tiene en cuenta, las siguientes ecuaciones obtenidas (las Ec. 8,9 y 10)

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x) d_2 \gamma_c \dots\dots\dots (08)$$

$$P_2 = d_1 H \gamma_c \dots\dots\dots (09)$$

$$P_3 = \gamma_s H x \dots\dots\dots (10)$$

$$Q = \gamma_a H_b \dots\dots\dots (21)$$

Entonces:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2d_1 + 2x) 10000} \dots\dots\dots (22)$$

Calculo del Refuerzo

El refuerzo se calcula conforme a la norma para concreto ciclópeo y armado del Reglamento nacional de Edificaciones y en base al diseño a la rotura. La calidad del concreto será  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para obras de arte y  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  para cunetas y la calidad de la armadura  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Criterios Generales para el Diseño.

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

Es el refuerzo perpendicular al principal.

Los espaciamientos "S" permisibles son:

$$0.45 \text{ m} > S < 5d \dots\dots\dots (23)$$

$$S = A_b / A_S \dots\dots\dots (24)$$

Cuantías mínimas que usar, serán:

**Para: muros**  $P_{min t^{\circ}} = 0.0025 \dots\dots\dots (25)$

**Losas**  $P_{min t^{\circ}} = 0.0018 \dots\dots\dots (26)$

Luego las áreas de refuerzo por temperatura " $A_{st}^{\circ}$ ", serán:

**Para: muros**  $A_{s t^{\circ}} = 0.0025 b d_T$

**Losas**  $A_{s t^{\circ}} = 0.0018 b d_T$

Donde:

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

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

$A_S$  = Área total del refuerzo ( $\text{cm}^2$ )

b = Ancho del elemento, para nuestro caso  $b = 100 \text{ cm}$ .

Refuerzo mínimo de elementos sujetos a tracción ( $A_{smin}$ )

Las cuantías mínimas que usar  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ , serán:

**Para: Losas**  $P_{min t^{\circ}} = 0.0017$

**Muros**  $P_{min t^{\circ}} = 0.0015$

Luego las áreas del refuerzo mínimo “Asmin”, serán:

**Para: Muros**  $As_{min} = 0.0015 b d \dots (27)$

**Losas**  $As_{min} = 0.0017 b d \dots (28)$

Donde:

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

Recubrimiento de Concreto para el Refuerzo ( $r$ ).

Consideramos lo siguiente:

$r = 0.075$  m para el refuerzo de zapatas y otros miembros estructurales principales en los que el concreto se deposita contra el suelo.

$r = 0.050$  m para barras mayores que la N° 5 ( $\Phi 5/8$ "") en superficie de concreto que van a estar en contacto con el suelo después del desencofrado.

$r = 0.050$  m para barras menores que la N° 4 ( $\Phi 1/2$ "") en superficie de concreto que van a estar en contacto con el suelo después del desencofrado.

Elementos Rectangulares con Refuerzo de Tracción Únicamente.

El momento resistente a la rotura será calculado, según:

$$As = \frac{Mu}{\phi f_y \left[ d - \frac{a}{2} \right]} \dots \dots \dots (29)$$

$$A = \frac{As f_y}{0.85 f'_c b} \dots \dots \dots (30)$$

Donde:

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

$f_y$  = Límite de fluencia del refuerzo, se usara  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

$d$  = 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  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> para obras de arte y  $f'_c = 175$  Kg/cm<sup>2</sup> para cunetas.

$b$  = Ancho de la cara en Compresión de un elemento sujeto a flexión (cm), para nuestro caso  $b = 100$  cm.

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

La cuantía (P) de refuerzo no excederá de 0.75 de la cuantía balanceada (P<sub>b</sub>), que produce la condición de falla balanceada, ósea debe cumplirse:

$$P = \frac{As}{b d} < 0.75 P_b \dots\dots\dots (31)$$

$$P_b = \frac{0.85 \beta f'_c}{f_y} \cdot \frac{6100}{6100 + f_y} \dots\dots\dots (32)$$

Donde:

$\beta = 0.85$  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  $P_{\text{máx}} = 0.016$

Resistencia a la Rotura por Fuerza Cortante ( $\tau_u$ )

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

$$\tau_u = \frac{V_u}{b d} \dots\dots\dots (33)$$

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

$$\tau_c = 0.50 \phi \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (34)$$

Donde:

$$V_u = 1.8 V \dots\dots\dots (35)$$

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:

$$\tau_u < \tau_c \text{ (ok)} \dots\dots\dots (36)$$

### 2.5.2.11. Alcantarillas

Según Villón Béjar, Máximo, las alcantarillas son estructuras de cruce, que sirven para conducir agua de un canal o un dren, por debajo de un camino u otro canal). Generalmente,

la alcantarilla disminuye la sección transversal del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento del agua a su entrada y un aumento de su velocidad dentro del conducto y a la salida.

El éxito del diseño hidráulico radica, por consiguiente, en proveer una estructura con capacidad de descargar, económicamente una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de elevación del nivel de las aguas y de velocidad. Cuando la altura y la descarga han sido determinadas, la finalidad del diseño es proporcionar la alcantarilla más económica, la cual será la que con menor sección transversal satisfaga los requerimientos de diseño.

#### 2.5.2.11.1. Consideraciones hidráulicas

Según Villón Béjar, Máximo, el escurrimiento a través de una alcantarilla generalmente queda regulado por los siguientes factores:

Pendiente del lecho de la corriente aguas arriba y aguas abajo del lugar

Pendiente del fondo de la alcantarilla

Altura de ahogamiento permitido a la entrada

Tipo de entrada

Rugosidad de las paredes de la alcantarilla

Altura del remanso de salida

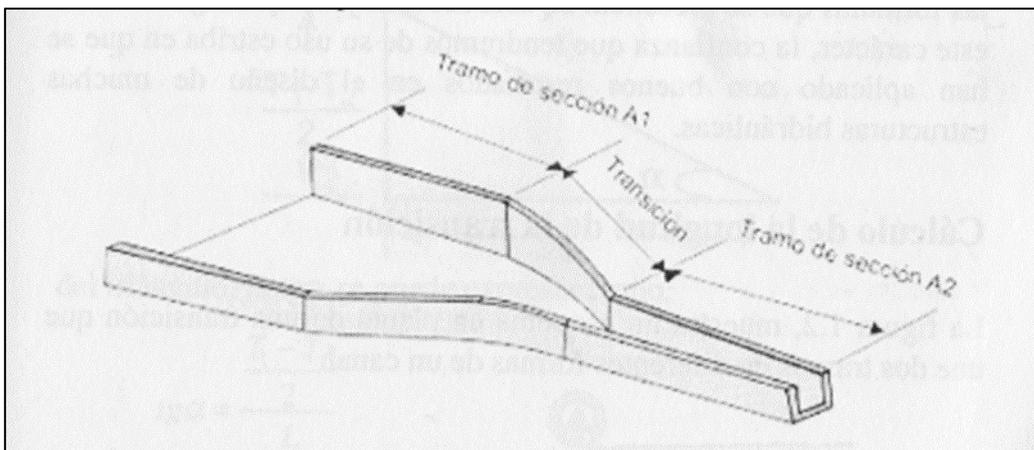
Todos los factores se combinan para determinar las características del flujo a través de la alcantarilla.

#### 2.5.2.12. Transiciones

Según Villón Béjar, Máximo, la transición (figura 1), es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferentes formas de sección transversal, pendiente o dirección.

La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo de ese modo, las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones se diseñan a la entrada y/o salida de diferentes estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.



**Figura 5.** Vista isométrica de una transición en un canal (Fuente: Villón Béjar, Máximo. “Diseño de estructuras hidráulicas”, pág.13.)

### 2.5.2.13. Taludes en cunetas (z)

Según Morales Uchofen, Walter, los taludes en cunetas, se designan de la proyección horizontal a la vertical de la inclinación de las paredes laterales. la inclinación de las paredes laterales depende de factores varios, pero muy particularmente de la clase de terreno en donde se aloja la cuneta.

Mientras más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación de los taludes. Los taludes más recomendables según el tipo de material son:

**Tabla 3**

*Taludes recomendables según tipo de material*

Características de los suelos	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcilla compactada o tierra		
Con recubrimiento de concreto	0.5 : 1	1.0 : 1.0
Limoso - limoso	1.0 : 1.0	1.5 : 1
Limoso - arenoso	1.5 : 1.0	2.0 : 1.0
Arenas sueltas	2.0 : 1.0	3.0 : 1.0

Fuente: Morales Uchofen, Walter, “Drenaje Vial”, Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000-IIFC – Tarapoto - Perú

### 2.5.2.14. Coeficiente de rugosidad (n)

Según Merrit, Frederick, la rugosidad es el grado de resistencia al paso del flujo de agua que ofrecen las paredes de la cuneta. En forma práctica, los valores del coeficiente de rugosidad que se usan para el diseño de cunetas alojadas en tierra están comprendidas entre 0.025 y 0.030, y para cunetas revestidas están entre 0.013 y 0.017 tal como se muestra en el siguiente cuadro de los coeficientes de rugosidad de Manning:

**Tabla 4**

*Coeficiente de rugosidad según el material*

<b>Tipo de material de la cuneta</b>	<b>Rugosidad</b>
Tierra: alineada y uniforme	0.25
Roca: lisos y uniformes	0.033
Roca: con salientes	0.040
Dragados de tierra	0.028
Tierra con taludes ásperos	0.030
Mampostería con piedra labrada	0.018
Mampostería con piedra de cantera	0.017
Hormigón y concreto	0.016

Fuente: Ricardo Alfredo López Cualla, "Diseño de Acueductos y Alcantarillados", Pág. 281.

### 2.5.2.15. Ancho de solera (b)

Según Morales Uchofen, Walter, resulta muy útil para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, plantilla o base, con lo cual se puede manejar con facilidad las fórmulas para calcular el tirante. Está en función del caudal que transportará:

**Tabla 5**

*Ancho de solera en relación con el caudal*

<b>Caudal Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Solera b (m)</b>
Menor de 0.100	0.30
Entre 0.100 y 0.200	0.50
Entre 0.200 y 0.400	0.75
Mayor de 0.400	1.00

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 46

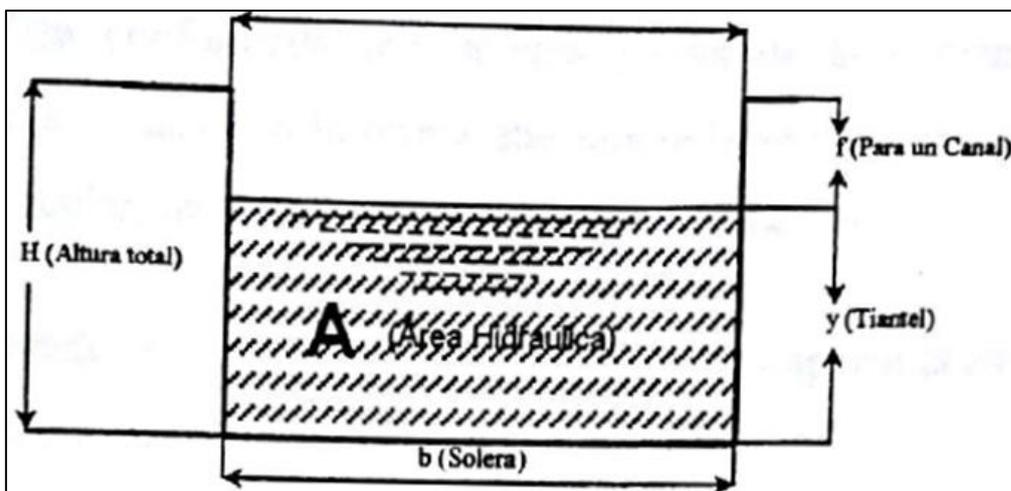


Figura 6. Sección rectangular de un canal (Fuente: Walter Morales Uchofen, “Infraestructura de Riego”)

### 2.5.2.16. Tirante (y)

Según Morales Uchofen, Walter, el tirante de agua viene a ser la altura o profundidad que alcanzará el agua en la cuneta, su cálculo depende de varios factores como son: Área hidráulica, velocidad, talud y base o plantilla. Una regla empírica generalmente usada en los Estados Unidos, establece el valor máximo de la profundidad de las cunetas de tierra según la relación.

$$y = 1/2(A)^{(1/2)}$$

Donde:

y = Tirante hidráulico en m.

A = Área de la sección transversal en m<sup>2</sup>.

Otras fuentes establecen:

$$y = b/3$$

Donde:

b = Ancho de solera o base en m.

También se puede usar la relación:

Selección de Máxima Eficiencia Hidráulica

$$B/y = 2 \operatorname{Tg}(\theta/2)$$

### 2.5.2.17. Área hidráulica (A)

Según Morales Uchofen, Walter, está conformada por la caja propia de la cuneta, y está relacionada con la forma que adopta la sección que puede ser circular, rectangular, trapezoidal, triangular, etc.

Siendo los más comunes las formas trapezoidales que se obtiene usando la relación geométrica:

$$A=(b+Zy)y$$

Una vez calculado el ancho de la solera, talud y el tirante, o la ecuación de continuidad:

$$A=Q/v$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

Z = Talud

### 2.5.2.18. Borde libre (bl)

Según Morales Uchofen, Walter, en la determinación de la sección transversal de las cunetas, resulta siempre necesario dejar cierta altura entre la superficie libre del agua que corresponde al tirante normal y la corona de los bordes, con margen de seguridad, a fin de absorber los niveles de agua extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño de las cunetas; debido a efectos de sufrir el incremento de caudal por la caída de lluvias o incremento de la rugosidad (n) con el correr de los años, así tenemos:

$$BL=H - y$$

En la práctica es conveniente dejar un borde libre o resguardo igual a 1/3 del tirante:

$$BL=(1/3)(y)$$

Existen también otros criterios prácticos para designar el valor del borde libre

**Tabla 6***Borde libre en relación del caudal*

<b>Caudal m<sup>3</sup>/seg</b>	<b>Borde libre m</b>
Menor que 0.50	0.30
Mayores que 0.50	0.40

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 46

**Tabla 7***Relación de borde libre con ancho de solera*

<b>Ancho de la solera (m)</b>	<b>Borde libre (m)</b>
Hasta 0.80	0.40
De 0.80 a 1.50	0.50
De 1.50 a 3.00	0.60
De 3.00 a 20.00	1.00

Fuente: Walter Morales Uchofen, "Infraestructura de Riego", Pág. 47

**2.5.2.19. Profundidad total de cunetas (h)**

Según Morales Uchufen, Walter, la profundidad total de la cuneta viene a ser la altura de la caja hidráulica y se encuentra una vez conocido el valor del tirante de agua y el borde libre, así tenemos:

$$H=y + BL$$

En forma práctica, para su construcción esta profundidad se suele redondear, asumiendo su variación al borde libre, de tal manera de obtener una medida que facilite el proceso constructivo.

**2.5.2.20. Velocidad (v)**

Según Morales Uchofen, Walter, 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:

**2.5.2.20.1. Velocidad Mínima (vmim)**

Según Marín, Carlos; Menjívar, Máximo & Zavaleta, José, esta es la menor velocidad que no permite el inicio de sedimentos y que impide el crecimiento de musgo o de plantas acuáticas. Este valor es no es encontrado con facilidad, además de ser un valor incierto.

Para aguas que no tengan limos o para flujos previamente decantados, este factor es prácticamente despreciable, excepto por su efecto en el crecimiento de plantas. En general se recomiendan adoptar una velocidad media de 2 a 3 pies/s.

#### **2.5.2.20.2. Velocidad Máxima de Erosión ( $v_{max}$ )**

Según Rojas Rubio, Hugo, durante el diseño hay que tener en cuenta el hecho de que las velocidades de la corriente del agua en el canal excesivamente grande pueden actuar de una manera destructiva sobre el fondo y las paredes de este. La velocidad media del agua en el canal debe ser menor que la velocidad de socavación. En la Tabla N°08 se dan las velocidades admisibles límites en función de los suelos y el tipo de revestimiento en los cuales discurre el agua. Verificar que las velocidades de diseño estén comprendidas entre los límites indicados.

**Tabla 8**

*Velocidades máximas de erosión*

<b>Características del suelo o del revestimiento del canal</b>	<b>Velocidad en m/s</b>
- Suelo Limoso, Turba descompuesta	0.25-0.50
- Arena Arcillosa suelta, arcillas blandas	0.70-0.80
- Turba Fibrosa poca descompuesta	0.70-1.00
- Arcilla arenosa medias y compactas	1.00-1.20
- Arcillas duras	1.20-1.80
- Encespedado	0.80-1.00
- Conglomerado	1.80-2.40
- Madera cepillada	6.00-6.50
- Concreto $f'c$ 140 Kg/cm <sup>2</sup>	3.80-4.40
- Concreto $f'c$ 210 Kg/cm <sup>2</sup>	6.60-7.40
- Plancha de acero	12.00-30.00

Fuente: Rojas Rubio, Hugo, "Manual del Curso de Irrigación y Drenaje", pág. 24

#### **2.5.2.21. Revestimientos en cunetas**

Según Morales Uchofen, Walter, cuando el suelo es deleznable y la rasante de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento.

El revestimiento puede además ser necesario para reducir la rugosidad de la cuneta y asegurar el escurrimiento del caudal en el caso de una pendiente longitudinal muy leve.

El revestimiento de las cunetas debe de satisfacer con los siguientes requerimientos:

Disminuir las pérdidas por infiltración.

Protección contra la erosión.

Permite el flujo a mayor velocidad, permitiendo reducir la sección y por lo tanto más economía en su construcción

La capacidad de transporte de la cuneta es mayor, debido a un valor bajo del coeficiente de rugosidad.

Evita el derrumbamiento de los taludes por humedecimiento

Evita el crecimiento de plantas acuáticas.

Reduce considerablemente los costos por mantenimiento. Por lo tanto, un buen revestimiento debe de ser impermeable, resistente a la erosión, bajo costo de construcción y mantenimiento, resistente a acciones de agentes atmosféricos, plantas y animales.

### **2.5.3. Marco conceptual**

Drenaje urbano. - Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

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

Intensidad de la lluvia. - Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (ls / Ha).

Hidrología urbana. -Es la disciplina científica del medio ambiente que tiene por objeto el estudio del agua y de sus relaciones entre el manejo de las aguas de superficie y el desarrollo del espacio en medio urbano. La hidrología urbana está estrechamente ligada a una técnica urbana en particular, al drenaje.

Tiempo de concentración. - Es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.

Caudal. - Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería, en una unidad de tiempo determinado.

Pendiente longitudinal. - Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

Rasante. - Nivel de fondo terminado de un conducto del sistema de drenaje.

Revestimiento. - Recubrimiento de espesor variable que se coloca en la superficie interior de un conducto para resistir la acción abrasiva de los materiales sólidos arrastrados por el agua y/o neutralizar las acciones químicas de los ácidos y grasas que pueden contener los desechos acarreados por el agua.

Alcantarillado pluvial. - Un sistema de alcantarillado de aguas lluvias es una red de tuberías utilizada para conducir la escorrentía de una tormenta a través de una ciudad.

#### **2.5.4. Marco histórico**

En la década de los 90, el Centro Poblado San Juan, ubicado a orillas del río Huallaga y dentro de la jurisdicción del distrito de Papaplaya, producto de las consecutivas inundaciones que azota año por año a la zona, dicho pueblo fue reubicado en la que es ahora el Centro Poblado Nuevo San Juan.

La ganadería, tierras aptas para una buena agricultura, una adecuada ubicación libre de inundaciones y a esto sumamos el mejoramiento de las vías de comunicación ha provocado que la migración se incremente en esta última década.

El pueblo en conjunto, con apoyo de sus autoridades locales ha construido un sistema de drenaje empírico y en algunos casos estos se han realizado por el cauce natural de las aguas pluviales.

Posteriormente con el incremento de vehículos de carga liviana y pesada se optó por construir la única alcantarilla existente, ubicada en el Jr. Amazonas y Jr. El Porvenir. También vale agregar que la tipografía, ubicación conspira a favor del pueblo ya que está rodeado de quebradas.

Han pasado los años y el flujo económico en la zona ha mejorado sustancialmente, teniendo como centro económico al Centro Poblado de Nuevo San Juan, por lo, tanto es de vital importancia sumarlo a esto una mejor calidad de vida para los contribuyentes, el pueblo.

#### **2.6. Hipótesis a demostrar**

El diseño hidráulico y estructural del drenaje Pluvial urbano contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población que habita el área de influencia del en el Centro Poblado Menor Nuevo San Juan, Distrito De El Porvenir, Provincia Y Región De San Martín

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. Materiales**

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

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

Tesista

Asesor

Técnico de laboratorio (topógrafo)

Ayudantes

#### **3.1.2. Recursos Materiales y servicios**

Equipo de laboratorio

Ensayos de laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

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

##### **Estudio topográfico**

GPS

Prisma

Trípode

Wincha de 50m

Pintura esmalte

Libreta de campo

##### **Estudio de mecánica de suelos**

Juego de Tamices

Espátula de hoja Flexible

Recipientes, etc.

### **Estudio de mecánica de suelos**

Equipo para Ensayo de Corte Directo de la UNSM – TARAPOTO.

Estufa

Balanza de Precisión 0.01gr

Tamizador Electrónico.

### **Otros recursos**

Se utilizó materiales adicionales como son:

Laptop

Planos

Papel Bond A4, etc.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Universo, muestra población**

#### 3.2.1.1. Universo

Distrito de Yurimaguas

#### 3.2.1.2. Muestra población

Centro Poblado Munichis , y población que la conforma.

### **3.2.2. Sistema de variables**

#### 3.2.2.1. Variable independiente

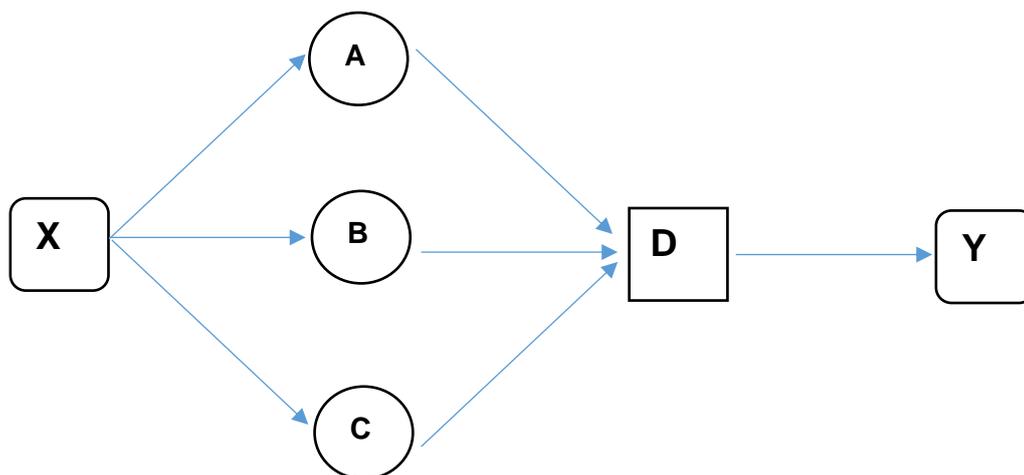
Centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto.

#### 3.2.2.2. Variable dependiente

Contribuye en mejorar la calidad de vida de la población que habita en centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto

### **3.2.3. Diseño experimental de la investigación**

Teniendo en cuenta las consideraciones de las expresiones de las variables del estudio, se considera el siguiente esquema de investigación:



X = Situación del problema que requiere de la investigación para el diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial urbano.

A = Efectuar estudios topográficos.

B = Recopilación de datos Hidrológicos.

C = Realizar estudio de mecánica de suelos

D = Contribuye en mejorar la calidad de vida de la población que habita en el centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto.

Y = Resultado de la investigación, presenta la validación de la hipótesis obteniendo el diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial urbano.

### 3.2.4. Diseño de instrumentos

A continuación, describimos el diseño de instrumentos desarrollados para la satisfactoria culminación de la presente Tesis:

#### 3.2.4.1. Trabajos de campo

Para la ejecución de la presente Tesis se han desarrollado diferentes trabajos de campo así podemos citar:

Reconocimiento del área de estudio y calles adyacentes, analizando los trabajos a realizar.

Se determinó los Puntos BM con el apoyo del GPS (BM 01 = 157.00 msnm. y BM 02 = 148.719 msnm), las mismas que se encuentra ubicados en las intersecciones del Jr. Las Flores - Jr. José Pardo y Jr. Huallaga - Jr. Amazonas respectivamente.

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico del área en estudio, tanto planimétrico como altimétrico, logrando de esta manera tener una visión real de la topografía del terreno.

#### 3.2.4.2. Recopilación de información

Luego del inicio de los trabajos de campo se ha procedido a la recopilación de información de las diferentes instituciones públicas y privadas para que cruzando dichas informaciones se obtenga una información consistente.

La información obtenida es la siguiente:

Información Estadística. – se ha recopilado los datos de población de la Municipalidad Provincial de Alto Amazonas.

Información Topográfica. – No se contó con planos catastrales, pues se tuvo que realizar el levantamiento Catastral Urbano a escala 1/1,000 y topográfico de detalle a escala 1/1,000.

Información Meteorológica. - Intensidades máximas en 24 horas, obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología San Martín, (SENAMHI) de la Estación Pelejo.

#### 3.2.4.3. Trabajos de gabinete

Con ayuda de la información recopilada y luego de obtener una información consistente, se procede al desarrollo del trabajo de gabinete.

##### 3.2.4.3.1. Información estadística

Con los datos de población de la Municipalidad Provincial de Alto Amazonas, se procedió al cálculo de población futura por el método Aritmético.

##### 3.2.4.3.2. Información topográfica

Se ha procesado la información obtenida en el levantamiento topográfico del área en estudio, utilizando nivel de Ingeniero y teodolito convencional, luego se ha elaborado los planos de planta y perfil longitudinal del área sobre el cual se han proyectado las obras que conforman el Proyecto de la presente Tesis.

##### 3.2.4.3.3. Información estadística

Basándose en la información obtenida de la estación Pelejo "Intensidades Máximas en 24 horas", se ha desarrollado el cálculo de la Intensidad Máxima de Precipitación obtenidos por métodos hidrológicos: Gumbell y Gumbell Tipo I.

##### 3.2.4.3.4. Diseño hidráulico

Contando con los elementos fundamentales del análisis de una tormenta, tales como: Intensidad, duración, frecuencia, tiempo de concentración, período de retomo, se procedió al cálculo de los caudales respectivos que permitió el mencionado diseño.

### 3.2.5. Procesamiento de información

El procesamiento de la información para la elaboración de la presente tesis es la siguiente:

#### 3.2.5.1. Información básica requerida

##### 3.2.5.1.1. Estadística

La población futura se calculará para un periodo de Diseño de 20 años por lo que la población estimada será para el año de 2035.

Año	Población
<b>2000</b>	148
<b>2007</b>	769
<b>2015</b>	1455

Método aritmético para el cálculo de la población futura

Donde:

Pf: población futura

P<sub>0</sub>: población actual

r: razón del crecimiento

t: tiempo en el instante para el cual se calcula la población

t<sub>0</sub>: tiempo en el instante se determina la población actual

### Tabla 9

*Calculo de la población futura*

Año	Población	AP	AT	r
<b>2000</b>	148	621	7	88.71
<b>2007</b>	769	689	8	85.75
<b>2015</b>	1455			
			$\Sigma =$	<b>174.46</b>

Fuente: Municipalidad Provincial de Alto Amazonas

R (Promedio) = 87.23

La población futura en el 2035 será:

$$P_{2027} = 1455 + 87.23 (15)$$

$$P_{2027} = 2763.482$$

$$Pf = 2,764 \text{ hab.}$$

### 3.2.5.1.2. Topografía

A partir de la información topográfica se ha definido las cotas absolutas de los puntos, corrida desde el punto de nivel absoluto (BM) ubicado en las intersecciones del Jr. Las Flores - Jr. José Pardo presentando una cota de 157 m.s.n.m.

A partir de este punto se ha realizado el levantamiento topográfico, tanto altimétrico como planimétrico, con la ayuda de teodolito y nivel del Ingeniero, logrando con estos datos calcular la pendiente aplicando la siguiente fórmula:

$$S(\%) = \frac{\text{Cota inicial} - \text{Cota final}}{\text{longitud}} * 100$$

A continuación, se presenta en la Tabla 10, conteniendo información topográfica básica como longitud de calles, cotas de terreno, pendientes y desniveles

**Tabla 10**

*Información topográfica*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	LONGITUD (m)	COTA TERRENO		DESNIVEL m	PENDIENTE %
				INICIO	FINAL		
Alcantarilla	02-10	Cal. Leoncio Prado	18.31	147.330	147.081	0.2486	1.36
Colector N°1	10-09	Cal. Leoncio Prado	94.66	147.081	147.629	-0.5476	-0.58
Colector N°1	09-08	Cal. Tnt. César López	142.30	147.629	146.394	1.235	0.87
Alcantarilla	08-101	Cal. Tnt. César López	19.50	146.394	147.048	-0.654	-3.35
Colector N°1	101-102	Cal. Tnt. César López	28.96	147.048	145.520	1.528	5.28
Alcantarilla	05-11	Cal. Leoncio Prado	17.63	147.330	147.078	0.252	1.43
Colector N°2	11-12	Cal. Leoncio Prado	98.06	147.078	147.509	-0.431	-0.44
Colector N°2	12 -13	Cal. Tnt. César López	65.17	147.509	146.440	1.069	1.64
Colector N°3	63-62	Cal. RIO CENEPA	99.30	148.370	148.215	0.155	0.16
Alcantarilla	62 -25	Cal. Tnt. César López	9.19	148.215	148.209	0.006	0.07
Colector N°3	25 - 24	Cal. Tnt. César López	76.72	148.209	147.176	1.033	1.35
Colector N°3	24 - 23	Cal. RIMAC	122.64	147.176	146.600	0.576	0.47

<b>Alcantarilla</b>	36 - 38	Cal. Tnt. César López	14.69	146.290	146.199	0.091	0.62
<b>Colector N°4</b>	38 - 37	Cal. Tnt. César López	35.40	146.199	145.870	0.329	0.93
<b>Alcantarilla</b>	34 - 31	Cal. A. Rivera Castillo	19.46	148.660	148.486	0.174	0.89
<b>Colector N°5</b>	31 - 29	Cal. A. Rivera Castillo	121.96	148.486	148.158	0.328	0.27
<b>Alcantarilla</b>	29 - 53	Cal. Yurimaguas	16.94	148.158	148.020	0.138	0.81
<b>Colector N°6</b>	53 - 54	Cal. Yurimaguas	79.61	148.020	144.060	3.96	4.97
<b>Alcantarilla</b>	43 - 46	Cal. A. Baneo Sosa	16.56	147.120	146.780	0.34	2.05
<b>Colector N°7</b>	46 - 47	Cal. A. Baneo Sosa	21.72	146.780	146.114	0.666	3.07
<b>Alcantarilla</b>	47 - 50	Cal. A. Baneo Sosa	19.77	146.114	146.045	0.069	0.35
<b>Colector N°7</b>	50 - 51	Cal. A. Baneo Sosa	104.95	146.045	144.715	1.33	1.27
<b>Alcantarilla</b>	51 - 54	Cal. A. Baneo Sosa	20.85	144.715	143.740	0.975	4.68
<b>Colector N°8</b>	54 - 55	Cal. A. Baneo Sosa	108.18	143.740	141.480	2.26	2.09
<b>Colector N°9</b>	70- 69	Cal.RIO CENEP A	96.01	147.900	141.261	6.639	6.91
<b>Alcantarilla</b>	69- 65	Cal. A. Baneo Sosa	208.67	141.261	140.730	0.531	0.25
<b>Alcantarilla</b>	77 - 76	Cal. A. Baneo Sosa	20.42	145.680	145.315	0.365	1.79
<b>Colector N°10</b>	76 - 73	Cal. A. Baneo Sosa	99.63	145.315	145.695	-0.38	-0.38
<b>Alcantarilla</b>	73 - 72	Cal. A. Baneo Sosa	20.58	145.695	143.650	2.045	9.94
<b>Colector N°11</b>	72 - 69	Cal. A. Baneo Sosa	111.43	143.650	141.180	2.47	2.22
<b>Colector N°12</b>	68 - 67	Cal. Miguel Grau	87.36	147.230	142.110	5.12	5.86
<b>Alcantarilla</b>	58 - 65	Cal.RIO CENEP A	16.55	142.520	141.430	1.09	6.59
<b>Colector N°13</b>	65 - 68	Cal.RIO CENEP A	101.66	141.430	147.290	-5.86	-5.76
<b>Alcantarilla</b>	13 - 20	Cal. Tnt. César López	12.08	146.440	146.490	-0.05	-0.41
<b>Colector N°14</b>	20- 21	Cal. Tnt. César López	106.05	146.490	147.060	-0.57	-0.54
<b>Alcantarilla</b>	30 - 21	Cal. RIMAC	14.46	147.070	147.045	0.025	0.17
<b>Colector N°15</b>	21 - 22	Cal. RIMAC	50.24	147.045	146.785	0.26	0.52
<b>Alcantarilla</b>	22 - 17	Cal. RIMAC	8.00	146.785	146.746	0.039	0.49
<b>Colector N°15</b>	17 - 16	Cal. RIMAC	59.52	146.746	146.420	0.326	0.55
<b>Alcantarilla</b>	78 - 85	Cal. LORETO	15.78	146.290	146.367	-0.077	-0.49
<b>Colector N°16</b>	85- 86	Cal. LORETO	115.35	146.367	145.980	0.387	0.34
<b>Alcantarilla</b>	94 - 93	Cal. Miguel Grau	20.66	147.250	146.955	0.295	1.43
<b>Colector N°17</b>	93 - 90	Cal. Miguel Grau	91.82	146.955	146.950	0.005	0.01

<b>Alcantarilla</b>	90 - 89	Cal. Miguel Grau	17.10	146.950	146.816	0.134	0.78
<b>Colector N°17</b>	89 - 85	Cal. Miguel Grau	91.92	146.816	146.330	0.486	0.53
<b>Cuneta 19</b>	02-´01	Cal. Alfonso Ugarte	159.66	141.170	146.898	-5.728	-3.59
<b>Alcantarilla</b>	01 - 26'	Cal. Alfonso Ugarte	22.76	146.898	146.870	0.028	0.12
<b>Cuneta 20</b>	89 - 87	Cal. Leoncio Prado	91.05	146.880	145.230	1.65	1.81
<b>Cuneta 21</b>	03-´02	Cal. Leoncio Prado	64.04	147.240	147.330	-0.09	-0.14
<b>Cuneta 22</b>	04-´05	Cal. Leoncio Prado	65.58	147.210	147.330	-0.12	-0.18
<b>Cuneta 23</b>	06-´05	Cal. Alfonso Ugarte	106.44	147.450	147.270	0.18	0.17
<b>Cuneta 24</b>	10-´07	Cal. Alfonso Ugarte	158.06	147.050	146.391	0.659	0.42
<b>Alcantarilla</b>	07-´61	Cal. Alfonso Ugarte	23.00	146.391	145.770	0.621	2.70
<b>Cuneta 26</b>	08-´07	Cal. LORETO	76.19	146.350	146.340	0.01	0.01
<b>Cuneta 27</b>	14-´11	Cal. Alfonso Ugarte	56.47	147.600	147.100	0.5	0.89
<b>Cuneta 29</b>	16-´15	Cal. Alfonso Ugarte	44.72	147.400	147.595	-0.195	-0.44
<b>Cuneta 29</b>	15-´18	Pj. Micaela	50.87	147.595	147.033	0.562	1.10
<b>Cuneta 29</b>	18-´17	Pj. Primavera	109.07	147.033	146.750	0.283	0.26
<b>Cuneta 30</b>	19-´20	Pj. Micaela	52.67	146.990	146.530	0.46	0.87
<b>Cuneta 31</b>	19-´22	Pj. Primavera	109.89	146.990	146.780	0.21	0.19
<b>Cuneta 32</b>	66-´65	Cal. A. Baneo Sosa	54.24	145.560	141.540	4.02	7.41
<b>Cuneta 33</b>	59-´58	Cal. A. Baneo Sosa	54.18	146.420	142.260	4.16	7.68
<b>Cuneta 34</b>	33 - 36'	Cal. Tnt. César López	138.38	147.670	146.290	1.38	1.00
<b>Cuneta 35</b>	35 - 36'	Cal. LORETO	65.26	148.710	146.290	2.42	3.71
<b>Cuneta 36</b>	35 - 34'	Cal. Rivera Castillo	130.99	148.910	148.660	0.25	0.19
<b>Cuneta 37</b>	33 - 34'	Cal. Leoncio Prado	80.22	147.730	148.540	-0.81	-1.01
<b>Cuneta 38</b>	32 - 31'	Cal. Leoncio Prado	84.29	147.670	148.370	-0.7	-0.83
<b>Cuneta 39</b>	32 - 30'	Cal. Tnt. César López	180.91	147.670	147.070	0.6	0.33
<b>Cuneta 40</b>	29 - 28'	Cal. Rivera Castillo	126.80	148.160	148.201	-0.041	-0.03
<b>Cuneta 40</b>	28 - 27'	Cal. RIO CENEPA	99.91	148.201	148.205	-0.004	0.00
<b>Cuneta 40</b>	27 - 30'	Cal. Tnt. César López	86.25	148.205	147.070	1.135	1.32

<b>Cuneta 42</b>	63 - 64'	Cal. Rivera Castillo	158.84	147.750	143.940	3.81	2.40
<b>Cuneta 43</b>	38 - 39'	Cal. LORETO	123.51	146.280	148.080	-1.8	-1.46
<b>Cuneta 43</b>	39- 40'	Cal. A. Baneo Sosa	39.80	148.080	147.040	1.04	2.61
<b>Cuneta 44</b>	41 - 42'	Cal. LORETO	70.45	149.440	147.810	1.63	2.31
<b>Cuneta 44</b>	42 - 43	Cal. A. Baneo Sosa	79.04	147.810	147.120	0.69	0.87
<b>Cuneta 45</b>	44 - 43	Pj. Libertad	67.82	148.560	147.000	1.56	2.30
<b>Cuneta 46</b>	45- 46	Pj. Libertad	66.58	148.820	146.750	2.07	3.11
<b>Cuneta 47</b>	49 - 52	Cal. Rivera Castillo	122.44	148.240	148.110	0.13	0.11
<b>Cuneta 47</b>	52 - 51	Cal. YURIMAGUAS	77.07	148.110	144.730	3.38	4.39
<b>Cuneta 48</b>	48 - 47	Cal. Leoncio Prado	65.25	148.180	146.050	2.13	3.26
<b>Cuneta 49</b>	49 - 50	Cal. Leoncio Prado	66.24	148.010	146.000	2.01	3.03
<b>Cuneta 50</b>	53 - 56	Cal. Rivera Castillo	118.61	148.060	148.020	0.04	0.03
<b>Cuneta 50</b>	56 - 55	Cal.RIO CENEPA	97.84	148.020	141.480	6.54	6.68
<b>Cuneta 52</b>	57 - 58	Cal.RIO CENEPA	92.45	148.410	142.520	5.89	6.37
<b>Cuneta 53</b>	57 - 60	Cal. Rivera Castillo	152.63	148.130	144.160	3.97	2.60
<b>Cuneta 54</b>	41 - 48	Cal. Rivera Castillo	135.84	149.390	148.240	1.15	0.85
<b>Cuneta 56</b>	81 - 84	Cal. LORETO	270.41	147.210	146.200	1.01	0.37
<b>Cuneta 57</b>	80- 79	Cal. LORETO	122.42	147.590	146.290	1.3	1.06
<b>Cuneta 58</b>	80 - 77	Cal. A. Baneo Sosa	112.94	147.940	145.680	2.26	2.00
<b>Cuneta 59</b>	78 - 77	Cal. Leoncio Prado	125.38	146.860	145.620	1.24	0.99
<b>Cuneta 60</b>	78 - 79	Cal. Miguel Grau	112.50	146.960	146.120	0.84	0.75
<b>Cuneta 61</b>	75 - 76	Cal. Leoncio Prado	126.28	146.820	145.470	1.35	1.07
<b>Cuneta 62</b>	74 - 73	Cal. YURIMAGUAS	123.14	146.320	144.360	1.96	1.59
<b>Cuneta 63</b>	70 - 75	Cal. Miguel Grau	215.79	147.760	146.960	0.8	0.37
<b>Cuneta 64</b>	71 - 72	Cal. YURIMAGUAS	125.75	146.930	143.650	3.28	2.61
<b>Cuneta 67</b>	98 - 99	Cal.RIO CENEPA	54.10	147.300	147.460	-0.16	-0.30
<b>Cuneta 67</b>	99 - 100	Cal. Miguel Grau	92.95	147.460	142.270	5.19	5.58
<b>Cuneta 68</b>	96 - 97	Cal.RIO CENEPA	55.56	147.910	147.150	0.76	1.37
<b>Cuneta 68</b>	97 - 94	Cal. Miguel Grau	104.93	147.150	147.250	-0.1	-0.10
<b>Cuneta 69</b>	95 - 94	Cal. YURIMAGUAS	51.97	147.350	147.230	0.12	0.23
<b>Cuneta 70</b>	92 - 93	Cal. YURIMAGUAS	42.58	146.810	146.960	-0.15	-0.35

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5.1.3. Hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el agua en todos sus estados, su distribución y su relación en la vida con el hombre y el medio ambiente.

Es así como existen Proyectos hidráulicos de dos tipos; los proyectos que se refieren al uso del agua y los que refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua. Los proyectos típicos de uso del agua son los abastecimientos de agua potable, los de irrigación y los de aprovechamiento hidráulico; los proyectos típicos de defensa son las obras de drenaje urbano, tema de la presente Tesis, drenaje vial y drenaje agrícola, además encauzamientos de ríos, defensa contra inundaciones, y otros.

En el Perú el ciclo hidrológico es irregular, una muestra de ello son los periodos de inundaciones y sequías a los que estamos sometidos, es por ello que el hombre se previene ante estas irregularidades quedando a criterio del Ingeniero los métodos a emplear, ayudado siempre de los estudios de nuestros recursos hidrológicos realizados, así como de la información recopilada por instituciones como el SENAMHI, IGN, etc.

#### 3.2.5.1.3.1. Precipitación

Las precipitaciones son toda forma de humedad que originándose en las nubes llega a la superficie terrestre según el levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para dar lugar a las tormentas. A estos últimos se les define como el conjunto de lluvias que obedece a una misma perturbación meteorológica y características bien definidas, puede durar de escasos minutos a días enteros y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una región.

En la presente Tesis se trabajará con un periodo de registro de 20 años de precipitación máxima en 24 horas. (mm). Los registros se presentan en el Cuadro 2.

**Tabla 11**  
*Información hidrológica*

<b>DIRECCION REGIONAL LORETO</b>													
<b>ESTACION :</b>		<b>SAN RAMON</b>											
<b>Latitud:</b>	05°56'1'' S	<b>Longitud:</b>	76°5'1'' W	<b>Altitud:</b>				120 m.s.n.m.					
<b>Departamento:</b>	<b>LORETO</b>			<b>Provincia:</b>	<b>ALTO AMAZONAS</b>				<b>Distrito:</b>	<b>YURIMAGUAS</b>			
<b>PERCEPCIÓN MAXIMA CAIDA EN 24 HORAS (mm)</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	
<b>1997</b>	89.2	243.0	224.9	181.9	153.1	53.0	26.9	40.3	146.9	168.8	133.7	217.7	
<b>1998</b>	179.7	264.3	185.2	233.1	135.7	89.8	53.1	93.9	44.1	141.3	464.2	356.8	
<b>1999</b>	304.1	307.0	187.1	165.3	327.3	141.9	85.7	86.6	121.9	142.6	304.4	220.3	
<b>2000</b>	215.4	227.3	255.0	347.8	82.3	105.1	64.6	91.1	231.1	201.1	158.5	162.4	
<b>2001</b>	146.2	174.3	240.8	234.5	136.0	150.6	113.9	66.6	235.1	183.5	197.4	297.7	
<b>2002</b>	109.2	266.5	190.0	289.7	203.6	59.6	223.5	100.8	59.9	106.4	177.7	187.4	
<b>2003</b>	302.0	110.6	176.9	100.5	191.2	333.8	68.3	148.1	113.3	187.2	264.9	403.9	
<b>2004</b>	60.7	154.8	236.1	178.5	157.2	104.4	124.0	105.3	148.2	218.1	205.7	352.1	
<b>2005</b>	271.1	S/D	269.9	286.9	213.8	113.6	76.3	52.9	119.3	313.1	323.1	126.4	
<b>2006</b>	333.4	273.1	303.9	364.8	65.4	113.3	277.0	70.6	83.4	127.9	326.6	178.4	
<b>2007</b>	238.6	190.1	452.5	545.8	317.7	46.5	91.2	99.2	147.3	341.6	311.6	356.0	
<b>2008</b>	201.5	259.9	458.3	229.2	135.3	216.7	51.1	77.8	194.9	110.4	183.9	139.8	
<b>2009</b>	218.1	311.9	363.2	202.3	198.1	219.1	198.1	124.0	86.8	148.6	159.8	69.0	
<b>2010</b>	113.2	302.4	248.3	421.1	267.7	72.7	98.7	53.9	81.2	146.5	244.7	235.0	
<b>2011</b>	144.2	161.2	666.3	162.3	122.7	140.0	177.7	54.6	189.1	92.7	384.5	205.4	
<b>2012</b>	259.0	232.9	276.3	294.0	124.6	148.8	74.6	39.7	105.1	307.5	357.2	298.6	
<b>2013</b>	162.6	189.0	460.5	145.9	160.3	247.1	49.7	173.5	152.5	186.5	336.1	111.3	
<b>2014</b>	290.7	257.5	426.4	251.1	188.4	73.5	74.0	82.8	191.1	143.2	450.2	346.5	
<b>2015</b>	277.2	172.2	327.1	358.5	182.6	128.4	102.1	106.8	76.4	164.9	221.9	112.3	
<b>FUENTE SENAMHI - LORETO</b>													

### 3.2.5.1.3.2. Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas

De la información pluviométrica obtenida de la Oficina del SENAMHI, tomamos los valores de precipitación máxima y ordenamos los valores de la siguiente manera (Tabla 12).

**Tabla 12**  
*Ocurrencia cronológica de la precipitación*

<b>AÑO</b>	<b>PRECIPITACIÓN</b> <b>(mm)</b>
<b>1997</b>	243.00
<b>1998</b>	464.20
<b>1999</b>	327.30
<b>2000</b>	347.80
<b>2001</b>	297.70
<b>2002</b>	289.70
<b>2003</b>	403.90
<b>2004</b>	352.10
<b>2005</b>	323.10
<b>2006</b>	364.80
<b>2007</b>	545.80
<b>2008</b>	458.30
<b>2009</b>	363.20
<b>2010</b>	421.10
<b>2011</b>	666.30
<b>2012</b>	357.20
<b>2013</b>	460.50
<b>2014</b>	450.20
<b>2015</b>	358.50

Luego procedemos a ordenar el valor de las precipitaciones en orden decreciente. Para obtener los datos del período de retomo se procede de la siguiente manera:

$$P(x)=m/(n+1)$$

Donde:

m =Número de orden y

n = Número de datos.

Así tenemos:

$$P(x)=1/(20+1)$$

$$P(x)=0.0476$$

Además, se calculará la medida aritmética mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{Y} = \frac{1967.70}{20} = 98.39$$

Reemplazando este valor en la expresión en la expresión siguiente:

$$(Y_i - \bar{Y})^2$$

Luego estos valores son trabajados independientemente con cada valor y son compilados y presentados en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica*

Nº ORDEN	DE PRECIPITACION EN DECRECIENTE	ORDEN	FRECUENCIA m/(n+1)	PERIODO RETORNO (n+1)/m	DE $(Y_i - \bar{y})^2$
1	666.30		0.0500	20.00	73898.13
2	545.80		0.1000	10.00	22904.43
3	464.20		0.1500	6.67	4863.96
4	460.50		0.2000	5.00	4361.56
5	458.30		0.2500	4.00	4075.81
6	450.20		0.3000	3.33	3107.18
7	421.10		0.3500	2.86	709.80
8	403.90		0.4000	2.50	89.15
9	364.80		0.4500	2.22	879.59
10	363.20		0.5000	2.00	977.06
11	358.50		0.5500	1.82	1292.97
12	357.20		0.6000	1.67	1388.15
13	352.10		0.6500	1.54	1794.19
14	347.80		0.7000	1.43	2176.96
15	327.30		0.7500	1.33	4510.18
16	323.10		0.8000	1.25	5091.95
17	297.70		0.8500	1.18	9362.09
18	289.70		0.9000	1.11	10974.22
19	243.00		0.9500	1.05	22939.49
Σ	<b>7494.70</b>				<b>175396.87</b>

Fuente: SENAMHI –LORETO

### 3.2.5.1.3.3. Cálculo del tiempo de concentración

Empleando la fórmula siguiente:

$$T_c = \left| \frac{0.871L^3}{H} \right|^{0.385} \times 60$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Longitud de recorrido (Km)

H: Diferencia de niveles (m)

Se ha calculado el tiempo de concentración para cada colector y los resultados se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Resumen de valores del tiempo de concentración*

COLECTOR	LONGITUD (km)	COTA TERRENO (m.s.n.m.)		DESNIVEL m	TIEMPO CONCENTRACIÓN min	DE
		INICIO	FINAL			
Alcantarilla	0.02	147.330	147.081	0.249	0.958	
Colector N°1	0.09	147.081	147.629	0.548	4.712	
Colector N°1	0.14	147.629	146.394	1.235	5.517	
Alcantarilla	0.02	146.394	147.048	0.654	0.710	
Colector N°1	0.03	147.048	145.520	1.528	0.808	
Alcantarilla	0.02	147.330	147.078	0.252	0.912	
Colector N°2	0.10	147.078	147.509	0.431	5.382	
Colector N°2	0.07	147.509	146.440	1.069	2.367	
Colector N°3	0.10	148.370	148.215	0.155	8.096	
Alcantarilla	0.01	148.215	148.209	0.006	1.812	
Colector N°3	0.08	148.209	147.176	1.033	2.895	
Colector N°3	0.12	147.176	146.600	0.576	6.233	
Alcantarilla	0.01	146.290	146.199	0.091	1.093	
Colector N°4	0.04	146.199	145.870	0.329	1.841	
Alcantarilla	0.02	148.660	148.486	0.174	1.179	
Colector N°5	0.12	148.486	148.158	0.328	7.692	
Alcantarilla	0.02	148.158	148.020	0.138	1.098	
Colector N°6	0.08	148.020	144.060	3.960	1.801	
Alcantarilla	0.02	147.120	146.780	0.340	0.756	
Colector N°7	0.02	146.780	146.114	0.666	0.798	
Alcantarilla	0.02	146.114	146.045	0.069	1.714	
Colector N°7	0.10	146.045	144.715	1.330	3.772	
Alcantarilla	0.02	144.715	143.740	0.975	0.657	
Colector N°8	0.11	143.740	141.480	2.260	3.185	
Colector N°9	0.10	147.900	141.261	6.639	1.833	

Alcantarilla	0.21	141.261	140.730	0.531	11.882
Alcantarilla	0.02	145.680	145.315	0.365	0.937
Colector N°10	0.10	145.315	145.695	0.380	5.754
Alcantarilla	0.02	145.695	143.650	2.045	0.487
Colector N°11	0.11	143.650	141.180	2.470	3.185
Colector N°12	0.09	147.230	142.110	5.120	1.816
Alcantarilla	0.02	142.520	141.430	1.090	0.482
Colector N°13	0.10	141.430	147.290	5.860	2.054
Alcantarilla	0.01	146.440	146.490	0.050	1.098
Colector N°14	0.11	146.490	147.060	0.570	5.291
Alcantarilla	0.01	147.070	147.045	0.025	1.765
Colector N°15	0.05	147.045	146.785	0.260	3.020
Alcantarilla	0.01	146.785	146.746	0.039	0.751
Colector N°15	0.06	146.746	146.420	0.326	3.367
Alcantarilla	0.02	146.290	146.367	0.077	1.266
Colector N°16	0.12	146.367	145.980	0.387	6.767
Alcantarilla	0.02	147.250	146.955	0.295	1.031
Colector N°17	0.09	146.955	146.950	0.005	27.743
Alcantarilla	0.02	146.950	146.816	0.134	1.123
Colector N°17	0.09	146.816	146.330	0.486	4.769
Cuneta 19	0.16	141.170	146.898	5.728	3.491
Alcantarilla	0.02	146.898	146.870	0.028	2.854
Cuneta 20	0.09	146.880	145.230	1.650	2.946
Cuneta 21	0.06	147.240	147.330	0.090	6.013
Cuneta 22	0.07	147.210	147.330	0.120	5.533
Cuneta 23	0.11	147.450	147.270	0.180	8.281
Cuneta 24	0.16	147.050	146.391	0.659	7.933
Alcantarilla	0.02	146.391	145.770	0.621	0.876
Cuneta 26	0.08	146.350	146.340	0.010	17.126
Cuneta 27	0.06	147.600	147.100	0.500	2.687
Cuneta 29	0.04	147.400	147.595	0.195	2.949
Cuneta 29	0.05	147.595	147.033	0.562	2.277
Cuneta 29	0.11	147.033	146.750	0.283	7.156
Cuneta 30	0.05	146.990	146.530	0.460	2.560
Cuneta 31	0.11	146.990	146.780	0.210	8.097
Cuneta 32	0.05	145.560	141.540	4.020	1.150
Cuneta 33	0.05	146.420	142.260	4.160	1.133
Cuneta 34	0.14	147.670	146.290	1.380	5.119
Cuneta 35	0.07	148.710	146.290	2.420	1.731

Cuneta 36	0.13	148.910	148.660	0.250	9.274
Cuneta 37	0.08	147.730	148.540	0.810	3.348
Cuneta 38	0.08	147.670	148.370	0.700	3.749
Cuneta 39	0.18	147.670	147.070	0.600	9.613
Cuneta 40	0.13	148.160	148.201	0.041	17.916
Cuneta 40	0.10	148.201	148.205	0.004	33.328
Cuneta 40	0.09	148.205	147.070	1.135	3.197
Cuneta 42	0.16	147.750	143.940	3.810	4.060
Cuneta 43	0.12	146.280	148.080	1.800	4.052
Cuneta 43	0.04	148.080	147.040	1.040	1.353
Cuneta 44	0.07	149.440	147.810	1.630	2.201
Cuneta 44	0.08	147.810	147.120	0.690	3.500
Cuneta 45	0.07	148.560	147.000	1.560	2.143
Cuneta 46	0.07	148.820	146.750	2.070	1.881
Cuneta 47	0.12	148.240	148.110	0.130	11.034
Cuneta 47	0.08	148.110	144.730	3.380	1.844
Cuneta 48	0.07	148.180	146.050	2.130	1.817
Cuneta 49	0.07	148.010	146.000	2.010	1.891
Cuneta 50	0.12	148.060	148.020	0.040	16.745
Cuneta 50	0.10	148.020	141.480	6.540	1.884
Cuneta 52	0.09	148.410	142.520	5.890	1.837
Cuneta 53	0.15	148.130	144.160	3.970	3.816
Cuneta 54	0.14	149.390	148.240	1.150	5.374
Cuneta 56	0.27	147.210	146.200	1.010	12.514
Cuneta 57	0.12	147.590	146.290	1.300	4.546
Cuneta 58	0.11	147.940	145.680	2.260	3.348
Cuneta 59	0.13	146.860	145.620	1.240	4.759
Cuneta 60	0.11	146.960	146.120	0.840	4.879
Cuneta 61	0.13	146.820	145.470	1.350	4.644
Cuneta 62	0.12	146.320	144.360	1.960	3.908
Cuneta 63	0.22	147.760	146.960	0.800	10.548
Cuneta 64	0.13	146.930	143.650	3.280	3.284
Cuneta 67	0.05	147.300	147.460	0.160	3.966
Cuneta 67	0.09	147.460	142.270	5.190	1.941
Cuneta 68	0.06	147.910	147.150	0.760	2.245
Cuneta 68	0.10	147.150	147.250	0.100	10.214
Cuneta 69	0.05	147.350	147.230	0.120	4.229
Cuneta 70	0.04	146.810	146.960	0.150	3.083

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el Tiempo De Concentración es menor a una hora, y como la intensidad de lluvia no es constante para un registro diario, de manera que se ha comprobado estadísticamente, que se distribuya en porcentajes en función del 100% del tiempo de duración como observamos en el siguiente ítem.

**Tabla 15**

*Distribución porcentual en 24 horas para una curva normal*

Duración en horas	% Precipitación	Precipitación (mm)
6	75	483.55
12	85	548.03
24	100	<b>644.74</b>

Asimismo, este porcentaje se divide para cada hora, suponiendo una precipitación durante 6 horas seguidas.

**Tabla 16**

*Precipitación normal en porcentaje para 1,2,3,4,5y 6 horas*

Duración en horas	% Precipitación	Precipitación (mm)
6	100	483.55
5	92	444.87
4	84	406.19
3	75	362.67
2	64	309.47
1	49	<b>236.94</b>

Observamos que para una hora la precipitación de diseño es **236.94**mm/hr.

Nota: Teniendo en consideración que el tiempo de concentración máxima, para la red de drenaje establecida es de 14.86 min., y siendo éste menor de una hora se tomará como intensidad de diseño.  $I_{Max} = 58.19$  mm/h., con el cual se realizará el dimensionamiento hidráulico de la red.

$$I_{Diseño} = 236.94 \text{ mm/hr}$$

Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov - Kolmogorov

Aplicando el método de prueba de bondad se procede a formar un cuadro con los máximos valores anuales de precipitación, además contando con los valores de:

Precipitaciones anuales

Desviación estándar  $S_y = 24.37$  mm

Parámetro de dispersión  $\alpha = 19.0$  mm

Moda de dispersión  $\mu = 87.42$  mm

Estos valores se reemplazan en la fórmula de la variable reducida:

$$\delta = \frac{(Y - \mu)}{\alpha}$$

$$\delta = \frac{104.60 - 87.42}{19.00}$$

$$\delta = 0.9042$$

Reemplazando el valor  $\delta$  en la siguiente fórmula:

$$F(G) = e^{-e^{-\delta i}}$$

$$F(G) = e^{-e^{-0.9042}}$$

$$F(G) = e^{-0.4049}$$

$$F(G) = 0.6671$$

$$F(G) - P(x) = 0.6671 - 0.7619$$

$$F(G) - P(x) = -0.0948$$

$$\Delta_{\text{máx}} = |F(G) - P(x)|$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0.0948$$

Cálculo del valor teórico:

De la tabla 1, del anexo encontramos valores del nivel teórico del estadístico Smirnov Kolmogorov para varios valores del nivel teórico en función a los valores de "n" y niveles de significancia " $\alpha$ ".

Para  $\alpha = 0.05$  (Por teoría)

$n = 20$  (Número datos)

$$\Delta_0 = 0.29$$

Una vez obtenidos los valores del nivel teórico y del nivel máximo se procede a comparar:

$$\Delta_{\text{calculado}} = 0.095 < \Delta_{\text{tabla}} = 0.29$$

Podemos observar que el  $\Delta$  calculado es menor que el  $\Delta$  teórico, que nos indica que la información meteorológica de Precipitación Máxima de 24 Horas es confiable ajustándose a una distribución normal con probabilidad del 95%.

Los resultados se presentan en la tabla 17.

### Pruebas de bondad o ajuste de Smirnov – Kolmogorov

Sy =	98.71
$\alpha$ =	76.97
$\mu$ =	350.04
e=	2.718281

**Tabla 17**

*Pruebas de bondad o ajuste de SMIRNOV - KOLMOGOROV*

Nº ORDEN	DE PRECIPITACION MÁX. CRECIENTE (Y)	$P(x) = \frac{m}{n+1}$	$\delta = \frac{Y - \mu}{\alpha}$	$F(G) = e^{-e^{-\delta_i}}$	$\frac{F(G) - P(x)}{\Delta_{max}}$
1	243.00	0.0500	-1.3907	0.0228	-0.0272
2	289.70	0.1000	-0.7839	0.1187	0.0187
3	297.70	0.1500	-0.6800	0.1575	-0.0075
4	323.10	0.2000	-0.3500	0.3862	-0.1862
5	327.30	0.2500	-0.2954	0.4480	-0.1980
6	347.80	0.3000	-0.0291	0.9240	-0.6240
7	352.10	0.3500	0.0268	1.0756	-0.7256
8	357.20	0.4000	0.0931	1.2879	-0.8879
9	358.50	0.4500	0.1100	1.3484	-0.8984
10	363.20	0.5000	0.1710	1.5918	-1.0918
11	364.80	0.5500	0.1918	1.6844	-1.1344
12	403.90	0.6000	0.6998	6.7014	-6.1014
13	421.10	0.6500	0.9233	12.3023	-11.6523
14	450.20	0.7000	1.3014	34.3822	-33.6822
15	458.30	0.7500	1.4066	45.7692	-45.0192
16	460.50	0.8000	1.4352	49.4673	-48.6673
17	464.20	0.8500	1.4833	56.3728	-55.5228
18	545.80	0.9000	2.5435	1006.1843	-
					1005.2843
19	666.30	0.9500	4.1091	70949.0231	-
					70948.0731

Fuente: Smirnov – Kolmogorov

### 3.2.6. Determinación del área drenada

Para determinar el área a drenar del tramo de calle en estudio, se ha tenido en cuenta la topografía del lugar, además de las calles adyacente

#### Áreas colectoras de lluvia

Para la determinación de las áreas colectoras se utilizó el método de las bisectrices que divide a las manzanas de una manera equivalente, y el área de las calles se consideran muy aparte; el área que divide la línea media divisoria de las vías o calles hacia ambos lados.

Cabe mencionar que por un lado en esta calle que presenta la superficie de rodadura debidamente afirmada (para los valores de coeficiente de escorrentía “C” se considera calles pavimentadas, con proyección al futuro), las aguas caídas en los techos con inclinación a la calle que entran casi inmediatamente a la cuneta, el mismo techo con inclinación al interior de la propiedad vierte las aguas en gran porcentaje en las huertas y el resto se evacúa hacia el frente del predio.

Para el cálculo de las áreas de drenaje se utilizó la fórmula de Herón o de semiperímetro.

$$S = \frac{a + b + c}{3}$$

$$A = \sqrt{S(S - a)(S - b)(S - c)}$$

Donde:

A = Área del triángulo.

S = Semi perímetro.

a, b, e = Lados del triángulo

**Tabla 18**

<i>Áreas colectoras de lluvia</i>			
MANZANA	SECTOR	AREA INFLUENCIA TECHO (m2)	AREA INFLUENCIA PAVIMENTO (m2)
1	1		
	2		
	3	800.747	261.121
	4	808.689	1069.361

2	1	802.582	291.48
	2		
	3	746.255	291.48
	4	804.462	1042.707
3	1		
	2		
	3		
	4	767.610	1228.966
4	1		
	2		
	3		
	4	874.741	1250.788
5	1		
	2		
	3	2462.925	1207.205
	4	2511.854	551.038
6	1	3337.944	1328.939
	2	2406.855	716.62
	3	2773.271	972.623
	4	3842.16	668.599
7	1	2346.298	1355.04
	2	1718.02	415.363
	3	2166.402	1625.266
	4	2843.486	723.027
8	1	1555.387	899.467
	2	1417.842	675.586
	3	1187.892	521.113
	4	1303.13	496.562
9	1	3833.122	738.042
	2	3036.844	1195.358
	3	2520.305	679.91
	4	3181.143	1114.242
10	1	1864.252	658.677
	2	2687.417	1345.171
	3	3242.105	
	4	1864.252	644.757
11	1	0	0
	2	1623.894	551.3
	3	1736.26	872.259
	4	0	0
12	1	1363.843	666.893
	2	1718.916	487.361
	3	1554.559	514.114
	4	1233.436	462.993
13	1	7323.582	2050.778

	2	4619.932	769.841
	3	4949.593	2962.274
	4	6270.975	600.842
14	1	1620.457	468.685
	2	1622.971	782.311
	3	2015.955	545.469
	4	1854.463	1357.172
15	1	439.997	496.057
	2	328.253	207.935
	3	428.143	562.133
	4	573.892	454.616
16	1	2961.979	1211.158
	2	2775.195	666.926
	3	2988.824	1198.896
	4	3222.429	751.738
17	1	3008.485	620.657
	2	1155.678	0
	3	520.284	407.626
	4	1354.413	701.789
18	1	1257.054	252.249
	2	1293.475	871.323
	3	1419.073	327.999
	4	1356.668	353.327
19	1	1205.429	269.916
	2	1391.038	269.728
	3	1480.21	269.711
	4	1278.925	372.497
20	1	2194.875	620.174
	2	1671.529	702.005
	3	1849.212	514.22
	4	0	0
21	1	3278.453	1151.684
	2	6097.427	1803.862
	3	5030.055	0
	4	0	0
22	1	2034.132	587.221
	2	2452.957	833.375
	3	2629.073	1054.621
	4	2179.488	1459.58
23	1	2896.865	1045.011
	2	2774.227	849.459
	3	2674.079	1111.335
	4	2837.799	751.408
	1	1136.215	457.381
	2	0	0

24	3	1403.91	356.04
	4	2179.488	1424.167
25	1	1848.212	906.976
	2	530.253	383.192
	3	0	0
	4	4385.406	1890.396
26	1	1620.978	1003.528
	2	2709.665	793.125
	3	0	0
	4	948.655	406.572
<b>TOTAL</b>		<b>187019.225</b>	<b>67432.413</b>

Fuente: Elaboración propia

Cabe precisar que el área a drenar del pavimento se calculó por separado, tal como se muestra en la Tabla 18.

### 3.2.6.1. Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía "C" varía según las características físicas y topográficas de la cuenca además del tipo de cubierta vegetal que existe en la zona.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se hizo uso de los métodos Racional y Mac Math, con los cuales se ha calculado los caudales de diseño y se ha tomado el más crítico.

#### Método racional

Considerando que existen pérdidas por infiltración evaporación y otras causas, el valor de "C" es menor que 1, por lo tanto, se toma la tabla considerada en el ítem 2.5.2.6 y se ha determinado un coeficiente de 0.75, que corresponde a zonas multifamiliares concentradas y 0.95 que corresponde a calles asfaltadas.

#### Método de mac math

Se determinará el coeficiente "C" de acuerdo con las características del terreno, que es calculado por la suma de tres valores asignados según sus características topográficas tales como: porcentaje de cobertura (C1), textura del terreno (C2), pendiente del terreno (C3).

Se ha considerado coeficiente de escorrentía para cada tramo, puesto que este método permite evaluar de esta manera

En la Tabla 19, se puede observar los resultados de valores del coeficiente de escorrentía (C) por cada tramo.

**Tabla 19**

*Determinación del coeficiente de escorrentía según el método MAC MATH*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C"							
			ÁREA TRIBUTARIA DE MZ				ÁREA TRIBUTARIA DE CALLE			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Alcantarilla	02-10	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°1	10-09	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Colector N°1	09-08	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Alcantarilla	08-101	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Colector N°1	101-102	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Alcantarilla	05-11	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°2	11-12	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Colector N°2	12 -13	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N°3	63-62	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Alcantarilla	62 -25	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Colector N°3	25 - 24	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°3	24 - 23	Cal. RIMAC	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla	36 - 38	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°4	38 - 37	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Alcantarilla	34 - 31	Cal. A. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°5	31 - 29	Cal. A. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla	29 - 53	Cal. Yurimaguas	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°6	53 - 54	Cal. Yurimaguas	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Alcantarilla	43 - 46	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Colector N°7	46 - 47	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Alcantarilla	47 - 50	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Colector N°7	50 - 51	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Alcantarilla	51 - 54	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Colector N°8	54 - 55	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Colector N°9	70- 69	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Alcantarilla	69- 65	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
Alcantarilla	77 - 76	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
Colector N°10	76 - 73	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
Alcantarilla	73 - 72	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Colector N°11	72 - 69	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
Colector N°12	68 - 67	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
Alcantarilla	58 - 65	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61

<b>Colector N°13</b>	65 - 68	Cal. RIO CENEPA	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Alcantarilla</b>	13 - 20	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Colector N°14</b>	20- 21	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Alcantarilla</b>	30 - 21	Cal. RIMAC	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Colector N°15</b>	21 - 22	Cal. RIMAC	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Alcantarilla</b>	22 - 17	Cal. RIMAC	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Colector N°15</b>	17 - 16	Cal. RIMAC	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Alcantarilla</b>	78 - 85	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Colector N°16</b>	85- 86	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Alcantarilla</b>	94 - 93	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Colector N°17</b>	93 - 90	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Alcantarilla</b>	90 - 89	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Colector N°17</b>	89 - 85	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 19</b>	02-´01	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Alcantarilla</b>	01 - 26'	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 20</b>	89 - 87	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 21</b>	03-´02	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 22</b>	04-´05	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 23</b>	06-´05	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 24</b>	10-´07	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Alcantarilla</b>	07-´61	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 26</b>	08-´07	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 27</b>	14-´11	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 29</b>	16-´15	Cal. Alfonso Ugarte	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 29</b>	15-´18	Pj. Micaela	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 29</b>	18-´17	Pj. Primavera	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 30</b>	19-´20	Pj. Micaela	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 31</b>	19-´22	Pj. Primavera	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 32</b>	66-´65	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
<b>Cuneta 33</b>	59-´58	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
<b>Cuneta 34</b>	33 - 36'	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 35</b>	35 - 36'	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.10	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 36</b>	35 - 34'	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 37</b>	33 - 34'	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 38</b>	32 - 31'	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 39</b>	32 - 30'	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Cuneta 40</b>	29 - 28'	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 40</b>	28 - 27'	Cal. RIO CENEPA	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 40</b>	27 - 30'	Cal. Tnt. César López	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 42</b>	63 - 64'	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 43</b>	38 - 39'	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 43</b>	39- 40'	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 44</b>	41 - 42'	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56

<b>Cuneta 44</b>	42 - 43	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 45</b>	44 - 43	Pj. Libertad	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 46</b>	45 - 46	Pj. Libertad	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 47</b>	49 - 52	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 47</b>	52 - 51	Cal. YURIMAGUAS	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 48</b>	48 - 47	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 49</b>	49 - 50	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 50</b>	53 - 56	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 50</b>	56 - 55	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
<b>Cuneta 52</b>	57 - 58	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
<b>Cuneta 53</b>	57 - 60	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 54</b>	41 - 48	Cal. Rivera Castillo	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 56</b>	81 - 84	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Cuneta 57</b>	80 - 79	Cal. LORETO	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 58</b>	80 - 77	Cal. A. Baneo Sosa	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 59</b>	78 - 77	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 60</b>	78 - 79	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 61</b>	75 - 76	Cal. Leoncio Prado	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 62</b>	74 - 73	Cal. YURIMAGUAS	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 63</b>	70 - 75	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Cuneta 64</b>	71 - 72	Cal. YURIMAGUAS	0.30	0.16	0.1	0.56	0.30	0.16	0.1	0.56
<b>Cuneta 67</b>	98 - 99	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 67</b>	99 - 100	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.15	0.61	0.30	0.16	0.15	0.61
<b>Cuneta 68</b>	96 - 97	Cal.RIO CENEPA	0.30	0.16	0.08	0.54	0.30	0.16	0.08	0.54
<b>Cuneta 68</b>	97 - 94	Cal. Miguel Grau	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5
<b>Cuneta 69</b>	95 - 94	Cal. YURIMAGUAS	0.30	0.16	0.06	0.52	0.30	0.16	0.06	0.52
<b>Cuneta 70</b>	92 - 93	Cal. YURIMAGUAS	0.30	0.16	0.04	0.5	0.30	0.16	0.04	0.5

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.2.Caudal de escurrimiento

Este parámetro nos permitirá conocer el volumen de agua que discurre por las cunetas, alcantarillas y demás obras de arte.

#### 3.2.6.2.1. Calculo del caudal de diseño

Para el adecuado drenaje de las aguas pluviales caídas en una determinada cuenca, es necesario conocer, en un punto dado o a la salida de ella el caudal disponible a partir de la o las lluvias que lo originan.

La aplicación exitosa de los diversos métodos dependerá del tamaño de la cuenca, así como de sus características fisiográficas, tipos, usos y cobertura del suelo. Luego de analizar los métodos existentes se seleccionó dos métodos:

Método Racional.

Método de Mac - Math.

#### 3.2.6.2.2. Método racional

Aplicable en general a pequeñas cuencas, entendiéndose como tales a aquellas no mayores de 120 Has, calculando el caudal de escurrimiento "Q" mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q=(CIA)/360$$

Q : Caudal máximo de escorrentía en m<sup>3</sup>/seg.

C : Coeficiente de escorrentía

A : Área de interés en la cuenca en hectáreas

I : Intensidad de la lluvia generadora del caudal.

Para continuar con el desarrollo del método es necesario tener en claro el concepto, tiempo de concentración Tc de una cuenca, que es el tiempo empleado por una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca para llegar a la salida de esta o cualquier otro punto de interés. De acuerdo a esta definición el caudal pico Qp en la salida de la cuenca debe alcanzarse después de un lapso igual al del tiempo de concentración Tc.

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

Determinar la porción de cuenca interesada y calcular su área.

Determinar el tiempo de concentración.

Determinar el periodo de retomo, que para nuestro caso es de 25 años.

Determinar la intensidad de lluvia de diseño.

Seleccionar el coeficiente de escorrentía "C"

Todos estos valores han sido calculados y seleccionados anteriormente, los mismos que han sido reemplazados en la fórmula descrita, cuyos resultados se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 100***Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método racional*

DESCRIPCION	COLECTOR	TRAMO	CALLE	VARIABLES			CAUDAL Q(M3/S)		
				C	I(mm/h)	A(Ha.)	SUB-TOTAL	TOTAL	
<b>Mz</b>	Colector N°1	10-09	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.3842	0.1770	0.2078	
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0669	0.0308		
<b>Mz</b>	Colector N°1	09-08	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.2773	0.1278	0.1726	
<b>Calle</b>			López	0.7		0.0973	0.0448		
<b>Mz</b>	Colector N°1	101-102	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.0801	0.0369	0.0489	
<b>Calle</b>			López	0.7		0.0261	0.0120		
<b>Mz</b>	Colector N°2	11-12	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.1719	0.0792	0.1016	
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0487	0.0225		
<b>Mz</b>	Colector N°2	12 -13´	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.1555	0.0716	0.0953	
<b>Calle</b>			López	0.7		0.0514	0.0237		
<b>Mz</b>	Colector N°3	63-62	Cal.RIO	0.7	236.94	0.1848	0.0852	0.1269	
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.0907	0.0418		
<b>Mz</b>	Colector N°3	25 - 24	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.6097	0.2809	0.3640	
<b>Calle</b>			López	0.7		0.1804	0.0831		
<b>Mz</b>	Colector N°3	24 - 23	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.3278	0.1510	0.2041	
<b>Calle</b>				0.7		0.1152	0.0531		
<b>Mz</b>	Colector N°4	38 - 37	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.0803	0.0370	0.0504	
<b>Calle</b>			López	0.7		0.0291	0.0134		
<b>Mz</b>	Colector N°5	31 - 29	Cal. A. Rivera	0.7	236.94	0.4950	0.2280	0.3645	
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.2962	0.1365		
<b>Mz</b>	Colector N°6	53 - 54	Cal. Yurimaguas	0.7	236.94	0.2034	0.0937	0.1208	
<b>Calle</b>				0.7		0.0587	0.0271		
<b>Mz</b>	Colector N°7	46 - 47	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.0328	0.0151	0.0247	
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0208	0.0096		
<b>Mz</b>	Colector N°7	50 - 51	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.1623	0.0748	0.1108	
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0782	0.0360		
<b>Mz</b>	Colector N°8	54 - 55	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.2453	0.1130	0.1514	
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0833	0.0384		
<b>Mz</b>	Colector N°9	70- 69	Cal.RIO	0.7	236.94	0.2674	0.1232	0.1744	
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.1111	0.0512		
<b>Mz</b>	Colector N°10	76 - 73	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.3222	0.1485	0.1831	
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0752	0.0346		
<b>Mz</b>	Colector N°11	72 - 69	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.2838	0.1307	0.1654	
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0751	0.0346		
<b>Mz</b>	Colector N°12	68 - 67	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.2710	0.1248	0.1614	
<b>Calle</b>				0.7		0.0793	0.0365		
<b>Mz</b>	Colector N°13	65 - 68		0.7	236.94	0.1621	0.0747	0.1209	

<b>Calle</b>			Cal.RIO	0.7		0.1004	0.0462	
			CENEPA					
<b>Mz</b>	Colector N°14	20- 21	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.1672	0.0770	0.1094
<b>Calle</b>			López	0.7		0.0702	0.0323	
<b>Mz</b>	Colector N°15	21 - 22	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.2674	0.1232	0.1469
<b>Calle</b>				0.7		0.0514	0.0237	
<b>Mz</b>	Colector N°15	17 - 16	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.1480	0.0682	0.0806
<b>Calle</b>				0.7		0.0270	0.0124	
<b>Mz</b>	Colector N°16	85- 86	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.2687	0.1238	0.1858
<b>Calle</b>				0.7		0.1345	0.0620	
<b>Mz</b>	Colector N°17	93 - 90	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.1354	0.0624	0.0947
<b>Calle</b>				0.7		0.0702	0.0323	
<b>Mz</b>	Colector N°17	89 - 85	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.1864	0.0859	0.1162
<b>Calle</b>				0.7		0.0659	0.0303	
<b>Mz</b>	Cuneta 19	02-´01	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.2463	0.1135	0.1691
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.1207	0.0556	
<b>Mz</b>	Cuneta 20	89 - 87	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.1864	0.0859	0.1156
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0645	0.0297	
<b>Mz</b>	Cuneta 21	03-´02	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.2512	0.1157	0.1411
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0551	0.0254	
<b>Mz</b>	Cuneta 22	04-´05	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.1736	0.0800	0.1202
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0872	0.0402	
<b>Mz</b>	Cuneta 23	06-´05	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.1736	0.0800	0.1202
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.0872	0.0402	
<b>Mz</b>	Cuneta 24	10-´07	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.3338	0.1538	0.2150
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.1329	0.0612	
<b>Mz</b>	Cuneta 26	08-´07	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.2407	0.1109	0.1439
<b>Calle</b>				0.7		0.0717	0.0330	
<b>Mz</b>	Cuneta 27	14-´11	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.1364	0.0628	0.0936
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.0667	0.0307	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	16-´15	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.1357	0.0625	0.0788
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.0353	0.0163	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	15-´18	Pj. Micaela	0.7	236.94	0.1257	0.0579	0.0695
<b>Calle</b>				0.7		0.0252	0.0116	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	18-´17	Pj. Primavera	0.7	236.94	0.1293	0.0596	0.0997
<b>Calle</b>				0.7		0.0871	0.0401	
<b>Mz</b>	Cuneta 30	19-´20	Pj. Micaela	0.7	236.94	0.1205	0.0555	0.0680
<b>Calle</b>				0.7		0.0270	0.0124	
<b>Mz</b>	Cuneta 31	19-´22	Pj. Primavera	0.7	236.94	0.1279	0.0589	0.0761
<b>Calle</b>				0.7		0.0372	0.0172	
<b>Mz</b>	Cuneta 32	66-´65	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.0949	0.0437	0.0624
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0407	0.0187	
<b>Mz</b>	Cuneta 33	59-´58		0.7	236.94	0.0530	0.0244	0.0421

<b>Calle</b>			Cal. A. Baneo	0.7		0.0383	0.0177	
			Sosa					
<b>Mz</b>	Cuneta 34	33 - 36'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.2346	0.1081	0.1705
<b>Calle</b>			López	0.7		0.1355	0.0624	
<b>Mz</b>	Cuneta 35	35 - 36'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.1718	0.0792	0.0983
<b>Calle</b>				0.7		0.0415	0.0191	
<b>Mz</b>	Cuneta 36	35 - 34'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.2166	0.0998	0.1747
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.1625	0.0749	
<b>Mz</b>	Cuneta 37	33 - 34'	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.2843	0.1310	0.1643
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0723	0.0333	
<b>Mz</b>	Cuneta 38	32 - 31'	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.4620	0.2128	0.2483
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0770	0.0355	
<b>Mz</b>	Cuneta 39	32 - 30'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.7324	0.3374	0.4319
<b>Calle</b>			López	0.7		0.2051	0.0945	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	29 - 28'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.4950	0.2280	0.3645
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.2962	0.1365	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	28 - 27'	Cal. RIO	0.7	236.94	0.6271	0.2889	0.3166
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.0601	0.0277	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	27 - 30'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.7324	0.3374	0.4319
<b>Calle</b>			López	0.7		0.2051	0.0945	
<b>Mz</b>	Cuneta 42	63 - 64'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.6097	0.2809	0.3640
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.1804	0.0831	
<b>Mz</b>	Cuneta 43	38 - 39'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.0804	0.0371	0.0851
<b>Calle</b>				0.7		0.1043	0.0480	
<b>Mz</b>	Cuneta 43	39 - 40'	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.0746	0.0344	0.0478
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0291	0.0134	
<b>Mz</b>	Cuneta 44	41 - 42'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.1418	0.0653	0.0964
<b>Calle</b>				0.7		0.0676	0.0311	
<b>Mz</b>	Cuneta 44	42 - 43	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.1188	0.0547	0.0787
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0521	0.0240	
<b>Mz</b>	Cuneta 45	44 - 43	Pj. Libertad	0.7	236.94	0.1303	0.0600	0.0829
<b>Calle</b>				0.7		0.0497	0.0229	
<b>Mz</b>	Cuneta 46	45 - 46	Pj. Libertad	0.7	236.94	0.0440	0.0203	0.0431
<b>Calle</b>				0.7		0.0496	0.0229	
<b>Mz</b>	Cuneta 47	49 - 52	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.1854	0.0854	0.1480
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.1357	0.0625	
<b>Mz</b>	Cuneta 47	52 - 51	Cal. YURIMAGUAS	0.7	236.94	0.2016	0.0929	0.1180
<b>Calle</b>				0.7		0.0545	0.0251	
<b>Mz</b>	Cuneta 48	48 - 47	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.0428	0.0197	0.0456
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0562	0.0259	
<b>Mz</b>	Cuneta 49	49 - 50	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.1620	0.0747	0.0963
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.0469	0.0216	
<b>Mz</b>	Cuneta 50	53 - 56		0.7	236.94	0.2179	0.1004	0.1677

<b>Calle</b>			Cal. Rivera	0.7		0.1460	0.0672	
			Castillo					
<b>Mz</b>	Cuneta 50	56 - 55	Cal.RIO	0.7	236.94	0.2629	0.1211	0.1697
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.1055	0.0486	
<b>Mz</b>	Cuneta 52	57 - 58	Cal.RIO	0.7	236.94	0.1848	0.0852	0.1269
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.0907	0.0418	
<b>Mz</b>	Cuneta 53	57 - 60	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.4385	0.2020	0.2891
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.1890	0.0871	
<b>Mz</b>	Cuneta 54	41 - 48	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.1555	0.0717	0.1131
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.0899	0.0414	
<b>Mz</b>	Cuneta 56	81 - 84	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.1642	0.0757	0.1899
<b>Calle</b>				0.7		0.2480	0.1142	
<b>Mz</b>	Cuneta 57	80- 79	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.3037	0.1399	0.1950
<b>Calle</b>				0.7		0.1195	0.0551	
<b>Mz</b>	Cuneta 58	80 - 77	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.3833	0.1766	0.2106
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.0738	0.0340	
<b>Mz</b>	Cuneta 59	78 - 77	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.3181	0.1466	0.1979
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.1114	0.0513	
<b>Mz</b>	Cuneta 60	78 - 79	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.2520	0.1161	0.1474
<b>Calle</b>				0.7		0.0680	0.0313	
<b>Mz</b>	Cuneta 61	75 - 76	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.2962	0.1365	0.1923
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.1211	0.0558	
<b>Mz</b>	Cuneta 62	74 - 73	Cal.	0.7	236.94	0.2989	0.1377	0.1929
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.1199	0.0552	
<b>Mz</b>	Cuneta 63	70 - 75	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.5549	0.2557	0.3255
<b>Calle</b>				0.7		0.1516	0.0699	
<b>Mz</b>	Cuneta 64	71 - 72	Cal.	0.7	236.94	0.2897	0.1335	0.1816
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.1045	0.0481	
<b>Mz</b>	Cuneta 67	98 - 99	Cal.RIO	0.7	236.94	0.1404	0.0647	0.0811
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.0356	0.0164	
<b>Mz</b>	Cuneta 67	99 - 100	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.2710	0.1248	0.1614
<b>Calle</b>				0.7		0.0793	0.0365	
<b>Mz</b>	Cuneta 68	96 - 97	Cal.RIO	0.7	236.94	0.1404	0.0647	0.0811
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.0356	0.0164	
<b>Mz</b>	Cuneta 68	97 - 94	Cal. Miguel Grau	0.7	236.94	0.2179	0.1004	0.1660
<b>Calle</b>				0.7		0.1424	0.0656	
<b>Mz</b>	Cuneta 69	95 - 94	Cal.	0.7	236.94	0.1136	0.0523	0.0734
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.0457	0.0211	
<b>Mz</b>	Cuneta 70	92 - 93	Cal.	0.7	236.94	0.3008	0.1386	0.1672
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.0621	0.0286	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.2.2.1.Método de mac math

Método aplicable para determinar el caudal de escurrimiento Q en una determinada cuenca, este método proporciona mayor confiabilidad de resultados puesto que contempla a la pendiente como parámetro de cálculo.

La ecuación de la fórmula está determinada por la siguiente relación:

$$Q = 0.36 * C * I * S^{1/5} * A^{4/5} \dots\dots\dots(*)$$

(\*) Máximo Villon Bejar ,”Hidrología”. Pág. 261

Q : Caudal de Diseño.

C : Coeficiente de Escorrentía

I : Intensidades en mm/h

S : Pendiente del terreno en m/m.

A : Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

Determinar la pendiente de cada tramo.

Determinar la intensidad de lluvia de diseño.

Seleccionar el coeficiente "C" teniendo en cuenta, la cobertura de la vegetación, textura del terreno y pendiente del mismo.

Con los datos anteriormente obtenidos se procede a calcular el caudal de diseño Q, aplicando la fórmula establecida.

Todos estos valores han sido calculados y seleccionados anteriormente, los mismos que serán reemplazados en la fórmula descrita, cuyos resultados se muestra en la Tabla 21.

En la Tabla 21, se pueden observar los valores obtenidos de caudales de escurrimiento aplicando los métodos Racional y Mac Math, donde se puede apreciar que existe diferencia numérica entre ambos.

Para la presente Tesis, hemos tomado los valores mayores obtenidos por el método de Mac Math.

**Tabla 21***Caudales de escurrimiento de las cunetas proyectadas: método MAC MATH*

DESCRIPCION	COLECTOR	TRAMO	CALLE	VARIABLES				CAUDAL Q(M3/S)	
				C	I(mm/h)	A(Ha)	S(m/m)	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>Mz</b>	Colector N°1	10-09	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.38422	0.5476	0.6225	0.7762
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.06686		0.1537	
<b>Mz</b>	Colector N°1	09-08	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.27733	1.2350	0.5643	0.8083
<b>Calle</b>			López	0.7		0.09726		0.2440	
<b>Mz</b>	Colector N°1	101-102	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.08007	1.5280	0.2180	0.2180
<b>Calle</b>			López	0.7		0.02611		0.0000	
<b>Mz</b>	Colector N°2	11-12	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.17189	0.4310	0.3118	0.3118
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.04874		0.0000	
<b>Mz</b>	Colector N°2	12 -13´	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.15546	1.0690	0.3450	0.4874
<b>Calle</b>			López	0.7		0.05141		0.1424	
<b>Mz</b>	Colector N°3	63-62	Cal.RIO	0.7	236.94	0.18482	0.1550	0.2693	0.4217
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.09070		0.1524	
<b>Mz</b>	Colector N°3	25 - 24	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.60974	1.0330	1.0226	1.4086
<b>Calle</b>			López	0.7		0.18039		0.3860	
<b>Mz</b>	Colector N°3	24 - 23	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.32785	0.5760	0.5539	0.7937
<b>Calle</b>				0.7		0.11517		0.2398	
<b>Mz</b>	Colector N°4	38 - 37	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.08026	0.3290	0.1606	0.2321
<b>Calle</b>			López	0.7		0.02915		0.0714	
<b>Mz</b>	Colector N°5	31 - 29	Cal. A. Rivera	0.7	236.94	0.49496	0.3280	0.6880	1.1443
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.29623		0.4563	
<b>Mz</b>	Colector N°6	53 - 54	Cal. Yurimaguas	0.7	236.94	0.20341	3.9600	0.5559	0.7617
<b>Calle</b>				0.7		0.05872		0.2058	
<b>Mz</b>	Colector N°7	46 - 47	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.03283	0.6660	0.0905	0.1532
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.02079		0.0628	
<b>Mz</b>	Colector N°7	50 - 51	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.16230	1.3300	0.3731	0.5812
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.07823		0.2081	
<b>Mz</b>	Colector N°8	54 - 55	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.24530	2.2600	0.5772	0.8206
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.08334		0.2434	
<b>Mz</b>	Colector N°9	70- 69	Cal.RIO	0.7	236.94	0.26741	6.6390	0.7673	1.1473
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.11113		0.3801	
<b>Mz</b>	Colector N°10	76 - 73	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.32224	0.3800	0.5027	0.6596
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.07517		0.1569	
<b>Mz</b>	Colector N°11	72 - 69	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.28378	2.4700	0.6602	0.8883
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.07514		0.2280	
<b>Mz</b>	Colector N°12	68 - 67	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.27097	5.1200	0.7362	1.0116
<b>Calle</b>			Grau	0.7		0.07931		0.2755	

<b>Mz</b>	Colector	65 - 68	Cal.RIO	0.7	236.94	0.16210	5.8600	0.5014	0.8430
<b>Calle</b>	N°13		CENEPA	0.7		0.10035		0.3417	
<b>Mz</b>	Colector	20- 21	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.16715	0.5700	0.3224	0.4835
<b>Calle</b>	N°14		López	0.7		0.07020		0.1611	
<b>Mz</b>	Colector	21 - 22	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.26741	0.2600	0.4013	0.5087
<b>Calle</b>	N°15			0.7		0.05142		0.1073	
<b>Mz</b>	Colector	17 - 16	Cal. RIMAC	0.7	236.94	0.14802	0.3260	0.2616	0.3286
<b>Calle</b>	N°15			0.7		0.02697		0.0670	
<b>Mz</b>	Colector	85- 86	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.26874	0.3870	0.4363	0.6871
<b>Calle</b>	N°16			0.7		0.13452		0.2508	
<b>Mz</b>	Colector	93 - 90	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.13544	0.0050	0.1057	0.1681
<b>Calle</b>	N°17		Grau	0.7		0.07018		0.0625	
<b>Mz</b>	Colector	89 - 85	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.18643	0.4860	0.3408	0.4891
<b>Calle</b>	N°17		Grau	0.7		0.06587		0.1483	
<b>Mz</b>	Cuneta 19	02-´01	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.24629	5.7280	0.6975	1.0918
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.12072		0.3943	
<b>Mz</b>	Cuneta 20	89 - 87	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.18643	1.6500	0.4352	0.6213
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.06448		0.1861	
<b>Mz</b>	Cuneta 21	03-´02	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.25119	0.0900	0.3088	0.4005
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.05510		0.0917	
<b>Mz</b>	Cuneta 22	04-´05	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.17363	0.1200	0.2434	0.3837
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.08723		0.1403	
<b>Mz</b>	Cuneta 23	06-´05	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.17363	0.1800	0.2640	0.4161
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.08723		0.1522	
<b>Mz</b>	Cuneta 24	10-´07	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.33379	0.6590	0.5772	0.8535
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.13289		0.2763	
<b>Mz</b>	Cuneta 26	08-´07	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.24069	0.0100	0.1923	0.2652
<b>Calle</b>				0.7		0.07166		0.0729	
<b>Mz</b>	Cuneta 27	14-´11	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.13638	0.5000	0.2669	0.4175
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.06669		0.1506	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	16-´15	Cal. Alfonso	0.7	236.94	0.13567	0.1950	0.2202	0.2952
<b>Calle</b>			Ugarte	0.7		0.03533		0.0750	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	15-´18	Pj. Micaela	0.7	236.94	0.12571	0.5620	0.2560	0.3268
<b>Calle</b>				0.7		0.02522		0.0708	
<b>Mz</b>	Cuneta 29	18-´17	Pj. Primavera	0.7	236.94	0.12935	0.2830	0.2283	0.3948
<b>Calle</b>				0.7		0.08713		0.1664	
<b>Mz</b>	Cuneta 30	19-´20	Pj. Micaela	0.7	236.94	0.12054	0.4600	0.2378	0.3096
<b>Calle</b>				0.7		0.02699		0.0718	
<b>Mz</b>	Cuneta 31	19-´22	Pj. Primavera	0.7	236.94	0.12789	0.2100	0.2132	0.2926
<b>Calle</b>				0.7		0.03725		0.0795	
<b>Mz</b>	Cuneta 32	66-´65	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.09487	4.0200	0.3029	0.4567
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.04066		0.1538	
<b>Mz</b>	Cuneta 33	59-´58		0.7	236.94	0.05303	4.1600	0.1915	0.3392

<b>Calle</b>			Cal. A. Baneo	0.7		0.03832		0.1477	
			Sosa						
<b>Mz</b>	Cuneta 34	33 - 36'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.23463	1.3800	0.5047	0.8301
<b>Calle</b>			López	0.7		0.13550		0.3253	
<b>Mz</b>	Cuneta 35	35 - 36'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.17180	2.4200	0.4401	0.5815
<b>Calle</b>				0.7		0.04154		0.1413	
<b>Mz</b>	Cuneta 36	35 - 34'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.21664	0.2500	0.3365	0.6038
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.16253		0.2674	
<b>Mz</b>	Cuneta 37	33 - 34'	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.28435	0.8100	0.5291	0.7061
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.07230		0.1769	
<b>Mz</b>	Cuneta 38	32 - 31'	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.46199	0.8100	0.7802	0.9662
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.07698		0.1860	
<b>Mz</b>	Cuneta 39	32 - 30'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.73236	0.6000	1.0622	1.4458
<b>Calle</b>			López	0.7		0.20508		0.3837	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	29 - 28'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.49496	0.0410	0.4539	0.7550
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.29623		0.3010	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	28 - 27'	Cal. RIO	0.7	236.94	0.62710	0.0040	0.3444	0.3971
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.06008		0.0527	
<b>Mz</b>	Cuneta 40	27 - 30'	Cal. Tnt. César	0.7	236.94	0.73236	1.1350	1.2066	1.6424
<b>Calle</b>			López	0.7		0.20508		0.4358	
<b>Mz</b>	Cuneta 42	63 - 64'	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.60974	3.8100	1.3276	1.8288
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.18039		0.5011	
<b>Mz</b>	Cuneta 43	38 - 39'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.08045	1.0400	0.2026	0.4519
<b>Calle</b>				0.7		0.10427		0.2493	
<b>Mz</b>	Cuneta 43	39 - 40'	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.07463	1.0400	0.1908	0.2807
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.02915		0.0899	
<b>Mz</b>	Cuneta 44	41 - 42'	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.14178	1.6300	0.3488	0.5415
<b>Calle</b>				0.7		0.06756		0.1927	
<b>Mz</b>	Cuneta 44	42 - 43	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.11879	0.6900	0.2549	0.3868
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.05211		0.1319	
<b>Mz</b>	Cuneta 45	44 - 43	Pj. Libertad	0.7	236.94	0.13031	1.5600	0.3231	0.4725
<b>Calle</b>				0.7		0.04966		0.1493	
<b>Mz</b>	Cuneta 46	45 - 46	Pj. Libertad	0.7	236.94	0.04400	2.0700	0.1435	0.3014
<b>Calle</b>				0.7		0.04961		0.1579	
<b>Mz</b>	Cuneta 47	49 - 52	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.18545	0.1300	0.2607	0.4638
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.13572		0.2031	
<b>Mz</b>	Cuneta 47	52 - 51	Cal.	0.7	236.94	0.20160	3.3800	0.5347	0.7227
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.05455		0.1879	
<b>Mz</b>	Cuneta 48	48 - 47	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.04281	2.1300	0.1412	0.3167
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.05621		0.1755	
<b>Mz</b>	Cuneta 49	49 - 50	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.16205	2.0100	0.4047	0.5547
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.04687		0.1500	
<b>Mz</b>	Cuneta 50	53 - 56		0.7	236.94	0.21795	0.0400	0.2344	0.4044

<b>Calle</b>			Cal. Rivera	0.7		0.14596		0.1700	
			Castillo						
<b>Mz</b>	Cuneta 50	56 - 55	Cal.RIO	0.7	236.94	0.26291	6.5400	0.7546	1.1180
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.10546		0.3634	
<b>Mz</b>	Cuneta 52	57 - 58	Cal.RIO	0.7	236.94	0.18482	5.8900	0.5574	0.8729
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.09070		0.3154	
<b>Mz</b>	Cuneta 53	57 - 60	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.43854	3.9700	1.0284	1.5529
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.18904		0.5245	
<b>Mz</b>	Cuneta 54	41 - 48	Cal. Rivera	0.7	236.94	0.15554	1.1500	0.3503	0.5763
<b>Calle</b>			Castillo	0.7		0.08995		0.2260	
<b>Mz</b>	Cuneta 56	81 - 84	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.16424	1.0100	0.3565	0.8521
<b>Calle</b>				0.7		0.24798		0.4956	
<b>Mz</b>	Cuneta 57	80- 79	Cal. LORETO	0.7	236.94	0.30368	1.3000	0.0000	0.2908
<b>Calle</b>				0.7		0.11954		0.2908	
<b>Mz</b>	Cuneta 58	80 - 77	Cal. A. Baneo	0.7	236.94	0.38331	2.2600	0.0000	0.2208
<b>Calle</b>			Sosa	0.7		0.07380		0.2208	
<b>Mz</b>	Cuneta 59	78 - 77	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.31811	1.2400	0.0000	0.2723
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.11142		0.2723	
<b>Mz</b>	Cuneta 60	78 - 79	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.25203	0.8400	0.0000	0.1697
<b>Calle</b>			Grau	0.7		0.06799		0.1697	
<b>Mz</b>	Cuneta 61	75 - 76	Cal. Leoncio	0.7	236.94	0.29620	1.3500	0.0000	0.2961
<b>Calle</b>			Prado	0.7		0.12112		0.2961	
<b>Mz</b>	Cuneta 62	74 - 73	Cal.	0.7	236.94	0.29888	1.9600	0.0000	0.3164
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.11989		0.3164	
<b>Mz</b>	Cuneta 63	70 - 75	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.55494	0.8000	0.0000	0.3192
<b>Calle</b>			Grau	0.7		0.15164		0.3192	
<b>Mz</b>	Cuneta 64	71 - 72	Cal.	0.7	236.94	0.28969	3.2800	0.0000	0.3142
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.10450		0.3142	
<b>Mz</b>	Cuneta 67	98 - 99	Cal.RIO	0.7	236.94	0.14039	0.1600	0.0000	0.0726
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.03560		0.0726	
<b>Mz</b>	Cuneta 67	99 - 100	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.27097	5.1900	0.0000	0.2762
<b>Calle</b>			Grau	0.7		0.07931		0.2762	
<b>Mz</b>	Cuneta 68	96 - 97	Cal.RIO	0.7	236.94	0.14039	0.7600	0.0000	0.0991
<b>Calle</b>			CENEPA	0.7		0.03560		0.0991	
<b>Mz</b>	Cuneta 68	97 - 94	Cal. Miguel	0.7	236.94	0.21795	0.1000	0.0000	0.2003
<b>Calle</b>			Grau	0.7		0.14242		0.2003	
<b>Mz</b>	Cuneta 69	95 - 94	Cal.	0.7	236.94	0.11362	0.1200	0.0000	0.0837
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.04574		0.0837	
<b>Mz</b>	Cuneta 70	92 - 93	Cal.	0.7	236.94	0.30085	0.1500	0.0000	0.1118
<b>Calle</b>			YURIMAGUAS	0.7		0.06207		0.1118	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22***Comparación de caudales de diseño según métodos aplicados*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	CAUDALES		
			Q(M3/S)	Q(M3/S)	Q(M3/S)
			Met. Racional	Met. Math	Mac DISEÑO
<b>Colector N°1</b>	10-09	Cal. Leoncio Prado	0.2078	0.7762	0.776
<b>Colector N°1</b>	09-08	Cal. Tnt. César López	0.1726	0.8083	0.808
<b>Colector N°1</b>	101-102	Cal. Tnt. César López	0.0489	0.2180	0.218
<b>Colector N°2</b>	11-12	Cal. Leoncio Prado	0.1016	0.3118	0.312
<b>Colector N°2</b>	12 -13	Cal. Tnt. César López	0.0953	0.4874	0.487
<b>Colector N°3</b>	63-62	Cal.RIO CENEPA	0.1269	0.4217	0.422
<b>Colector N°3</b>	25 - 24	Cal. Tnt. César López	0.3640	1.4086	1.409
<b>Colector N°3</b>	24 - 23	Cal. RIMAC	0.2041	0.7937	0.794
<b>Colector N°4</b>	38 - 37	Cal. Tnt. César López	0.0504	0.2321	0.232
<b>Colector N°5</b>	31 - 29	Cal. A. Rivera Castillo	0.3645	1.1443	1.144
<b>Colector N°6</b>	53 - 54	Cal. Yurimaguas	0.1208	0.7617	0.762
<b>Colector N°7</b>	46 - 47	Cal. A. Baneo Sosa	0.0247	0.1532	0.153
<b>Colector N°7</b>	50 - 51	Cal. A. Baneo Sosa	0.1108	0.5812	0.581

<b>Colector N°8</b>	54 - 55	Cal. A. Baneo Sosa	0.1514	0.8206	0.821
<b>Colector N°9</b>	70- 69	Cal.RIO CENEPA	0.1744	1.1473	1.147
<b>Colector N°10</b>	76 - 73	Cal. A. Baneo Sosa	0.1831	0.6596	0.660
<b>Colector N°11</b>	72 - 69	Cal. A. Baneo Sosa	0.1654	0.8883	0.888
<b>Colector N°12</b>	68 - 67	Cal. Miguel Grau	0.1614	1.0116	1.012
<b>Colector N°13</b>	65 - 68	Cal.RIO CENEPA	0.1209	0.8430	0.843
<b>Colector N°14</b>	20- 21	Cal. Tnt. César López	0.1094	0.4835	0.484
<b>Colector N°15</b>	21 - 22	Cal. RIMAC	0.1469	0.5087	0.509
<b>Colector N°15</b>	17 - 16	Cal. RIMAC	0.0806	0.3286	0.329
<b>Colector N°16</b>	85- 86	Cal. LORETO	0.1858	0.6871	0.687
<b>Colector N°17</b>	93 - 90	Cal. Miguel Grau	0.0947	0.1681	0.168
<b>Colector N°17</b>	89 - 85	Cal. Miguel Grau	0.1162	0.4891	0.489
<b>Cuneta 19</b>	02-´01	Cal. Alfonso Ugarte	0.1691	1.0918	1.092
<b>Cuneta 20</b>	89 - 87	Cal. Leoncio Prado	0.1156	0.6213	0.621
<b>Cuneta 21</b>	03-´02	Cal. Leoncio Prado	0.1411	0.4005	0.401

<b>Cuneta 22</b>	04-´05	Cal. Leoncio Prado	0.1202	0.3837	0.384
<b>Cuneta 23</b>	06-´05	Cal. Alfonso Ugarte	0.1202	0.4161	0.416
<b>Cuneta 24</b>	10-´07	Cal. Alfonso Ugarte	0.2150	0.8535	0.854
<b>Cuneta 26</b>	08-´07	Cal. LORETO	0.1439	0.2652	0.265
<b>Cuneta 27</b>	14-´11	Cal. Alfonso Ugarte	0.0936	0.4175	0.418
<b>Cuneta 29</b>	16-´15	Cal. Alfonso Ugarte	0.0788	0.2952	0.295
<b>Cuneta 29</b>	15-´18	Pj. Micaela	0.0695	0.3268	0.327
<b>Cuneta 29</b>	18-´17	Pj. Primavera	0.0997	0.3948	0.395
<b>Cuneta 30</b>	19-´20	Pj. Micaela	0.0680	0.3096	0.310
<b>Cuneta 31</b>	19-´22	Pj. Primavera	0.0761	0.2926	0.293
<b>Cuneta 32</b>	66-´65	Cal. A. Baneo Sosa	0.0624	0.4567	0.457
<b>Cuneta 33</b>	59-´58	Cal. A. Baneo Sosa	0.0421	0.3392	0.339
<b>Cuneta 34</b>	33 - 36'	Cal. Tnt. César López	0.1705	0.8301	0.830
<b>Cuneta 35</b>	35 - 36'	Cal. LORETO	0.0983	0.5815	0.581
<b>Cuneta 36</b>	35 - 34'	Cal. Rivera Castillo	0.1747	0.6038	0.604

<b>Cuneta 37</b>	33 - 34'	Cal. Leoncio Prado	0.1643	0.7061	0.706
<b>Cuneta 38</b>	32 - 31'	Cal. Leoncio Prado	0.2483	0.9662	0.966
<b>Cuneta 39</b>	32 - 30'	Cal. Tnt. César López	0.4319	1.4458	1.446
<b>Cuneta 40</b>	29 - 28'	Cal. Rivera Castillo	0.3645	0.7550	0.755
<b>Cuneta 40</b>	28 - 27'	Cal. RIO CENEPA	0.3166	0.3971	0.397
<b>Cuneta 40</b>	27 - 30'	Cal. Tnt. César López	0.4319	1.6424	1.642
<b>Cuneta 42</b>	63 - 64'	Cal. Rivera Castillo	0.3640	1.8288	1.829
<b>Cuneta 43</b>	38 - 39'	Cal. LORETO	0.0851	0.4519	0.452
<b>Cuneta 43</b>	39 - 40'	Cal. A. Baneo Sosa	0.0478	0.2807	0.281
<b>Cuneta 44</b>	41 - 42'	Cal. LORETO	0.0964	0.5415	0.541
<b>Cuneta 44</b>	42 - 43	Cal. A. Baneo Sosa	0.0787	0.3868	0.387
<b>Cuneta 45</b>	44 - 43	Pj. Libertad	0.0829	0.4725	0.472
<b>Cuneta 46</b>	45 - 46	Pj. Libertad	0.0431	0.3014	0.301
<b>Cuneta 47</b>	49 - 52	Cal. Rivera Castillo	0.1480	0.4638	0.464
<b>Cuneta 47</b>	52 - 51	Cal. YURIMAGUAS	0.1180	0.7227	0.723

<b>Cuneta 48</b>	48 - 47	Cal. Leoncio Prado	0.0456	0.3167	0.317
<b>Cuneta 49</b>	49 - 50	Cal. Leoncio Prado	0.0963	0.5547	0.555
<b>Cuneta 50</b>	53 - 56	Cal. Rivera Castillo	0.1677	0.4044	0.404
<b>Cuneta 50</b>	56 - 55	Cal.RIO CENEPA	0.1697	1.1180	1.118
<b>Cuneta 52</b>	57 - 58	Cal.RIO CENEPA	0.1269	0.8729	0.873
<b>Cuneta 53</b>	57 - 60	Cal. Rivera Castillo	0.2891	1.5529	1.553
<b>Cuneta 54</b>	41 - 48	Cal. Rivera Castillo	0.1131	0.5763	0.576
<b>Cuneta 56</b>	81 - 84	Cal. LORETO	0.1899	0.8521	0.852
<b>Cuneta 57</b>	80- 79	Cal. LORETO	0.1950	0.2908	0.291
<b>Cuneta 58</b>	80 - 77	Cal. A. Baneo Sosa	0.2106	0.2208	0.221
<b>Cuneta 59</b>	78 - 77	Cal. Leoncio Prado	0.1979	0.2723	0.272
<b>Cuneta 60</b>	78 - 79	Cal. Miguel Grau	0.1474	0.1697	0.170
<b>Cuneta 61</b>	75 - 76	Cal. Leoncio Prado	0.1923	0.2961	0.296
<b>Cuneta 62</b>	74 - 73	Cal. YURIMAGUAS	0.1929	0.3164	0.316
<b>Cuneta 63</b>	70 - 75	Cal. Miguel Grau	0.3255	0.3192	0.326

<b>Cuneta 64</b>	71 - 72	Cal. YURIMAGUAS	0.1816	0.3142	0.314
<b>Cuneta 67</b>	98 - 99	Cal.RIO CENEPA	0.0811	0.0726	0.081
<b>Cuneta 67</b>	99 - 100	Cal. Miguel Grau	0.1614	0.2762	0.276
<b>Cuneta 68</b>	96 - 97	Cal.RIO CENEPA	0.0811	0.0991	0.099
<b>Cuneta 68</b>	97 - 94	Cal. Miguel Grau	0.1660	0.2003	0.200
<b>Cuneta 69</b>	95 - 94	Cal. YURIMAGUAS	0.0734	0.0837	0.084
<b>Cuneta 70</b>	92 - 93	Cal. YURIMAGUAS	0.1672	0.1118	0.167

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.3.Diseño del sistema de drenaje

Una vez determinado los caudales de escorrentía, podemos tener una apreciación, del escurrimiento que se producirá a través del sistema de drenaje propuesto.

En la Tabla 23, se presentan los caudales que discurrirán por los colectores y sus respectivos contribuyentes hasta su desembocadura en una obra de entrega

Con los caudales de diseño obtenidos se procederá a pre dimensionar las estructuras hidráulicas, que garanticen la evacuación de las aguas pluviales de una manera rápida y segura.

A continuación, en la Tabla 23, se presentan los caudales finales de diseño.

**Tabla 23***Resumen del cálculo de caudal en cunetas y alcantarillas*

COLECTOR	TRAMO	CALLE	LONGITUD	COTA TERRENO		COLECTOR CONTRIBUYENTE	CAUDAL			
				INICIO	FINAL		Descripción	INICIAL	TRAMO	FINAL
<b>Alcantarilla</b>	02-10	Cal. Leoncio Prado	18.31	147.33	147.0814	03-02, '01-02, '07-10	2.346		2.346	2.346
<b>Colector N°1</b>	10-09	Cal. Leoncio Prado	94.66	147.0814	147.629	03-02, '01-02, '07-10, '10-09	2.346	0.776	3.122	3.122
<b>Colector N°1</b>	09-08	Cal. Tnt. César López	142.3	147.629	146.394	03-02, '01-02, '07-10, '10-09, '09-08	3.122	0.808	3.930	3.930
<b>Alcantarilla</b>	08-101	Cal. Tnt. César López	19.5	146.394	147.048	03-02, '01-02, '07-10, '10-09, '09-08	3.930		3.930	3.930
<b>Colector N°1</b>	101-102	Cal. Tnt. César López	28.96	147.048	145.52	03-02, '01-02, '07-10, '10-09, '09-08, 101-102	3.930	0.218	4.148	4.148
<b>Alcantarilla</b>	'05-11	Cal. Leoncio Prado	17.63	147.33	147.078	04-05, 06-05, 14-11	1.217		1.217	1.217
<b>Colector N°2</b>	'11-12	Cal. Leoncio Prado	98.06	147.078	147.509	04-05, 06-05, 14-11,11-12	1.217	0.312	1.529	1.529
<b>Colector N°2</b>	12 -13´	Cal. Tnt. César López	65.17	147.509	146.44	04-05, 06-05, 14-11,11-12, 12-13	1.529	0.487	2.017	2.017
<b>Colector N°3</b>	63-62	Cal.RIO CENEPA	99.3	148.37	148.215	63-62		0.422	0.422	0.422
<b>Alcantarilla</b>	62 -25	Cal. Tnt. César López	9.19	148.215	148.209	63-62	0.422		0.422	0.422
<b>Colector N°3</b>	25 - 24	Cal. Tnt. César López	76.72	148.209	147.176	63-62,25-24	0.422	1.409	1.830	1.830
<b>Colector N°3</b>	24 - 23	Cal. RIMAC	122.64	147.176	146.6	63-62,25-24,24-23	1.830	0.794	2.624	2.624
<b>Alcantarilla</b>	36 - 38	Cal. Tnt. César López	14.69	146.29	146.199	33-36,35-36,39-38	1.863		1.863	1.863
<b>Colector N°4</b>	38 - 37	Cal. Tnt. César López	35.4	146.199	145.87	33-36,35-36,39-38,38-37	1.863	0.232	2.095	2.095
<b>Alcantarilla</b>	34 - 31	Cal. A. Rivera Castillo	19.46	148.66	148.486	33-34,32-31,35-34	2.276		2.276	2.276
<b>Colector N°5</b>	31 - 29	Cal. A. Rivera Castillo	121.96	148.486	148.158	33-34,32-31,35-34,31-29	2.276	1.144	3.420	3.420

<b>Alcantarilla</b>	29 - 53	Cal. Yurimaguas	16.94	148.158	148.02	33-34,32-31,35-34,31-29,28-29,56-53	4.580		4.580	4.580
<b>Colector N°6</b>	53 - 54	Cal. Yurimaguas	79.61	148.02	144.06	33-34,32-31,35-34,31-29,28-29,56-53,53-54	4.580	0.762	5.342	5.342
<b>Alcantarilla</b>	43 - 46	Cal. A. Baneo Sosa	16.56	147.12	146.78	44-43,45-46,42-43,41-42	1.702		1.702	1.702
<b>Colector N°7</b>	46 - 47	Cal. A. Baneo Sosa	21.72	146.78	146.114	44-43,45-46,42-43,41-42,46-47	1.702	0.153	1.855	1.855
<b>Alcantarilla</b>	47 - 50	Cal. A. Baneo Sosa	19.77	146.114	146.045	44-43,45-46,42-43,41-42,46-47,48-47,49-50	2.727		2.727	2.727
<b>Colector N°7</b>	50 - 51	Cal. A. Baneo Sosa	104.95	146.045	144.715	44-43,45-46,42-43,41-42,46-47,48-47,49-50,50-51	2.727	0.581	3.308	3.308
<b>Alcantarilla</b>	51 - 54	Cal. A. Baneo Sosa	20.85	144.715	143.74	44-43,45-46,42-43,41-42,46-47,48-47,49-50,50-51,52-51,53-54	4.792		4.792	4.792
<b>Colector N°8</b>	54 - 55	Cal. A. Baneo Sosa	108.18	143.74	141.48	44-43,45-46,42-43,41-42,46-47,48-47,49-50,50-51,52-51,53-54,54-55	4.792	0.821	5.613	5.613
<b>Colector N°9</b>	70- 69	Cal.RIO CENEPA	96.01	147.9	141.261	70-69		1.147	1.147	1.147
<b>Alcantarilla</b>	69- 65	Cal. A. Baneo Sosa	208.67	141.261	140.73	70-69,54-55,72-69	2.856		2.856	2.856
<b>Alcantarilla</b>	77 - 76	Cal. A. Baneo Sosa	20.42	145.68	145.315	80-77,78-77,75-76	0.789		0.789	0.789
<b>Colector N°10</b>	76 - 73	Cal. A. Baneo Sosa	99.63	145.315	145.695	80-77,78-77,75-76,76-73	0.789	0.660	1.449	1.449
<b>Alcantarilla</b>	73 - 72	Cal. A. Baneo Sosa	20.58	145.695	143.65	80-77,78-77,75-76,76-73	1.449		1.449	1.449
<b>Colector N°11</b>	72 - 69	Cal. A. Baneo Sosa	111.43	143.65	141.18	80-77,78-77,75-76,76-73,72-69	1.449	0.888	2.337	2.337
<b>Colector N°12</b>	68 - 67	Cal. Miguel Grau	87.36	147.23	142.11	65-68,57-58,59-58,66-65,68-67	2.512	1.012	3.523	3.523
<b>Alcantarilla</b>	58 - 65	Cal.RIO CENEPA	16.55	142.52	141.43	57-58,59-58,66-65	1.669		1.669	1.669
<b>Colector N°13</b>	65 - 68	Cal.RIO CENEPA	101.66	141.43	147.29	65-68,57-58,59-58,66-65	1.669	0.843	2.512	2.512
<b>Alcantarilla</b>	13 - 20	Cal. Tnt. César López	12.08	146.44	146.49	19-20,14-13,12-13	2.326		2.326	2.326
<b>Colector N°14</b>	20- 21	Cal. Tnt. César López	106.05	146.49	147.06	19-20,14-13,12-13,20-21	2.326	0.484	2.810	2.810

<b>Alcantarilla</b>	30 - 21	Cal. RIMAC	14.46	147.07	147.045	32-30,28-27,27-30,20-21	6.295		6.295	6.295
<b>Colector N°15</b>	21 - 22	Cal. RIMAC	50.24	147.045	146.785	32-30,28-27,27-30,20-21,21-22	6.295	0.509	6.804	6.804
<b>Alcantarilla</b>	22 - 17	Cal. RIMAC	8	146.785	146.746	32-30,28-27,27-30,20-21,21-22	6.804		6.804	6.804
<b>Colector N°15</b>	17 - 16	Cal. RIMAC	59.52	146.746	146.42	32-30,28-27,27-30,20-21,21-22,17-16	6.804	0.329	7.132	7.132
<b>Alcantarilla</b>	78 - 85	Cal. LORETO	15.78	146.29	146.367	89-85,70-71,74-75,78-79,80-79	1.994		1.994	1.994
<b>Colector N°16</b>	85- 86	Cal. LORETO	115.35	146.367	145.98	89-85,70-71,74-75,78-79,80-79,78-85	1.994	0.687	2.681	2.681
<b>Alcantarilla</b>	94 - 93	Cal. Miguel Grau	20.66	147.25	146.955	96-97,97-94,95-94,92-93	0.550		0.550	0.550
<b>Colector N°17</b>	93 - 90	Cal. Miguel Grau	91.82	146.955	146.95	96-97,97-94,95-94,92-93,93-90	0.550	0.168	0.718	0.718
<b>Alcantarilla</b>	90 - 89	Cal. Miguel Grau	17.1	146.95	146.816	96-97,97-94,95-94,92-93,93-90	0.718		0.718	0.718
<b>Colector N°17</b>	89 - 85	Cal. Miguel Grau	91.92	146.816	146.33	96-97,97-94,95-94,92-93,93-90,89-85	0.718	0.489	1.208	1.208
<b>Cuneta 19</b>	02-´01	Cal. Alfonso Ugarte	159.66	141.17	146.898	´02-01		1.092	1.092	1.092
<b>Alcantarilla</b>	01 - 26'	Cal. Alfonso Ugarte	22.76	146.898	146.87	´02-01	1.092		1.092	1.092
<b>Cuneta 20</b>	89 - 87	Cal. Leoncio Prado	91.05	146.88	145.23	89-87		0.621	0.621	0.621
<b>Cuneta 21</b>	03-´02	Cal. Leoncio Prado	64.04	147.24	147.33	03-´02		0.401	0.401	0.401
<b>Cuneta 22</b>	04-´05	Cal. Leoncio Prado	65.58	147.21	147.33	04-´05		0.384	0.384	0.384
<b>Cuneta 23</b>	06-´05	Cal. Alfonso Ugarte	106.44	147.45	147.27	06-´05		0.416	0.416	0.416
<b>Cuneta 24</b>	10-´07	Cal. Alfonso Ugarte	158.06	147.05	146.391	10-´07		0.854	0.854	0.854
<b>Alcantarilla</b>	07-´61	Cal. Alfonso Ugarte	23	146.391	145.77	10-´07	0.854		0.854	0.854
<b>Cuneta 26</b>	08-´07	Cal. LORETO	76.19	146.35	146.34	08-´07		0.265	0.265	0.265
<b>Cuneta 27</b>	14-´11	Cal. Alfonso Ugarte	56.47	147.6	147.1	14-´11		0.418	0.418	0.418
<b>Cuneta 29</b>	16-´15	Cal. Alfonso Ugarte	44.72	147.4	147.595	16-´15		0.295	0.295	0.295
<b>Cuneta 29</b>	15-´18	Pj. Micaela	50.87	147.595	147.033	15-´18	0.295	0.327	0.622	0.622
<b>Cuneta 29</b>	18-´17	Pj. Primavera	109.07	147.033	146.75	18-´17	0.622	0.395	1.017	1.017
<b>Cuneta 30</b>	19-´20	Pj. Micaela	52.67	146.99	146.53	19-´20		0.310	0.310	0.310

<b>Cuneta 31</b>	19-´22	Pj. Primavera	109.89	146.99	146.78	19-´22		0.293	0.293	0.293
<b>Cuneta 32</b>	66-´65	Cal. A. Baneo Sosa	54.24	145.56	141.54	66-65		0.457	0.457	0.457
<b>Cuneta 33</b>	59-´58	Cal. A. Baneo Sosa	54.18	146.42	142.26	59-58		0.339	0.339	0.339
<b>Cuneta 34</b>	33 - 36'	Cal. Tnt. César López	138.38	147.67	146.29	33-´36		0.830	0.830	0.830
<b>Cuneta 35</b>	35 - 36'	Cal. LORETO	65.26	148.71	146.29	35-36		0.581	0.581	0.581
<b>Cuneta 36</b>	35 - 34'	Cal. Rivera Castillo	130.99	148.91	148.66	35-34		0.604	0.604	0.604
<b>Cuneta 37</b>	33 - 34'	Cal. Leoncio Prado	80.22	147.73	148.54	33-34		0.706	0.706	0.706
<b>Cuneta 38</b>	32 - 31'	Cal. Leoncio Prado	84.29	147.67	148.37	32 - 31'		0.966	0.966	0.966
<b>Cuneta 39</b>	32 - 30'	Cal. Tnt. César López	180.91	147.67	147.07	32 - 30'		1.446	1.446	1.446
<b>Cuneta 40</b>	29 - 28'	Cal. Rivera Castillo	126.8	148.16	148.201	29 - 28'		0.755	0.755	0.755
<b>Cuneta 40</b>	28 - 27'	Cal.RIO CENEPa	99.91	148.201	148.205	29-28',28-27	0.755	0.397	1.152	1.152
<b>Cuneta 40</b>	27 - 30'	Cal. Tnt. César López	86.25	148.205	147.07	27-30,29-28',28-27	1.152	1.642	2.795	2.795
<b>Cuneta 42</b>	63 - 64'	Cal. Rivera Castillo	158.84	147.75	143.94	63 - 64'		1.829	1.829	1.829
<b>Cuneta 43</b>	38 - 39'	Cal. LORETO	123.51	146.28	148.08	38-39		0.452	0.452	0.452
<b>Cuneta 43</b>	39- 40'	Cal. A. Baneo Sosa	39.8	148.08	147.04	39-40,38-39	0.452	0.281	0.733	0.733
<b>Cuneta 44</b>	41 - 42'	Cal. LORETO	70.45	149.44	147.81	41 - 42'		0.541	0.541	0.541
<b>Cuneta 44</b>	42 - 43	Cal. A. Baneo Sosa	79.04	147.81	147.12	42-43,41-42	0.541	0.387	0.928	0.928
<b>Cuneta 45</b>	44 - 43	Pj. Libertad	67.82	148.56	147	44 - 43		0.472	0.472	0.472
<b>Cuneta 46</b>	45- 46	Pj. Libertad	66.58	148.82	146.75	45- 46		0.301	0.301	0.301
<b>Cuneta 47</b>	49 - 52	Cal. Rivera Castillo	122.44	148.24	148.11	49 - 52		0.464	0.464	0.464
<b>Cuneta 47</b>	52 - 51	Cal. YURIMAGUAS	77.07	148.11	144.73	52-51,49-52	0.464	0.723	1.186	1.186
<b>Cuneta 48</b>	48 - 47	Cal. Leoncio Prado	65.25	148.18	146.05	48 - 47		0.317	0.317	0.317
<b>Cuneta 49</b>	49 - 50	Cal. Leoncio Prado	66.24	148.01	146	49 - 50		0.555	0.555	0.555
<b>Cuneta 50</b>	53 - 56	Cal. Rivera Castillo	118.61	148.06	148.02	53 - 56		0.404	0.404	0.404

<b>Cuneta 50</b>	56 - 55	Cal.RIO CENEPA	97.84	148.02	141.48	56-55,53-56	0.404	1.118	1.522	1.522
<b>Cuneta 52</b>	57 - 58	Cal.RIO CENEPA	92.45	148.41	142.52	57 - 58		0.873	0.873	0.873
<b>Cuneta 53</b>	57 - 60	Cal. Rivera Castillo	152.63	148.13	144.16	57 - 60		1.553	1.553	1.553
<b>Cuneta 54</b>	41 - 48	Cal. Rivera Castillo	135.84	149.39	148.24	41 - 48		0.576	0.576	0.576
<b>Cuneta 56</b>	81 - 84	Cal. LORETO	270.41	147.21	146.2	81 - 84		0.852	0.852	0.852
<b>Cuneta 57</b>	80- 79	Cal. LORETO	122.42	147.59	146.29	80- 79		0.291	0.291	0.291
<b>Cuneta 58</b>	80 - 77	Cal. A. Baneo Sosa	112.94	147.94	145.68	80 - 77		0.221	0.221	0.221
<b>Cuneta 59</b>	78 - 77	Cal. Leoncio Prado	125.38	146.86	145.62	78 - 77		0.272	0.272	0.272
<b>Cuneta 60</b>	78 - 79	Cal. Miguel Grau	112.5	146.96	146.12	78 - 79		0.170	0.170	0.170
<b>Cuneta 61</b>	75 - 76	Cal. Leoncio Prado	126.28	146.82	145.47	75 - 76		0.296	0.296	0.296
<b>Cuneta 62</b>	74 - 73	Cal. YURIMAGUAS	123.14	146.32	144.36	74 - 73		0.316	0.316	0.316
<b>Cuneta 63</b>	70 - 75	Cal. Miguel Grau	215.79	147.76	146.96	70 - 75		0.326	0.326	0.326
<b>Cuneta 64</b>	71 - 72	Cal. YURIMAGUAS	125.75	146.93	143.65	71 - 72		0.314	0.314	0.314
<b>Cuneta 67</b>	98 - 99	Cal.RIO CENEPA	54.1	147.3	147.46	98 - 99		0.081	0.081	0.081
<b>Cuneta 67</b>	99 - 100	Cal. Miguel Grau	92.95	147.46	142.27	99-100,98-99	0.081	0.276	0.357	0.357
<b>Cuneta 68</b>	96 - 97	Cal.RIO CENEPA	55.56	147.91	147.15	96 - 97		0.099	0.099	0.099
<b>Cuneta 68</b>	97 - 94	Cal. Miguel Grau	104.93	147.15	147.25	97-94,96-97	0.099	0.200	0.299	0.299
<b>Cuneta 69</b>	95 - 94	Cal. YURIMAGUAS	51.97	147.35	147.23	95 - 94		0.084	0.084	0.084
<b>Cuneta 70</b>	92 - 93	Cal. YURIMAGUAS	42.58	146.81	146.96	92 - 93		0.167	0.167	0.167

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.3.1. Criterios generales para el diseño

En este ítem se plasman los criterios que permitirán el diseño final de las estructuras hidráulicas que constituyen nuestro sistema de drenaje, dichos criterios están basados en la bibliografía existente y experiencias.

El sistema de drenaje pluvial propuesto lo constituyen dos tipos de drenajes y estos son:

**Drenaje Longitudinal:** Comprenden las cunetas, contra cunetas, bordillos, son obras paralelas al eje de la vía.

Referente a las cunetas, se puede decir que son zanjas que se hacen a ambos lados de la vía con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en curvas) y el agua que escurre por pequeñas áreas adyacentes.

**Drenaje Transversal:** Comprenden las alcantarillas, sifones, pontones, badenes, los cuales son obras que cruzan en forma transversal al eje de la vía.

Entre las obras de arte más comunes, podemos citar a las alcantarillas que son conductos que pueden ser de sección circular o de marco (cuadradas o rectangulares) usualmente enterradas, utilizadas en cruces con carreteras y desagües, pueden fluir llenas o parcialmente llenas dependiendo de diversos factores, tales como: diámetros, longitud, rugosidad y principalmente los niveles de agua, tanto a la entrada como a la salida.

### 3.2.6.3.2. Diseño hidráulico de cunetas y alcantarillas

Para la definición de la sección de las cunetas y alcantarillas, así como la geometría de las mismas nos hemos basado en los conceptos teóricos citados en el marco teórico. Los espesores de revestimientos, así como la calidad del concreto están en función de la velocidad del agua que discurrirá por las cunetas y alcantarillas.

#### 3.2.6.3.2.1. Diseño hidráulico de una alcantarilla

El diseño hidráulico de una alcantarilla consiste en la selección de su área de manera que resulte una velocidad promedio de 1.25 m/s, en ciertos casos se suele dar a la alcantarilla una velocidad igual a la del canal donde ésta será construida, sólo en casos especiales la

velocidad será mayor a 1.25 m/s. También la selección del área deberá permitir su limpieza y conservación.

La cota de fondo de la alcantarilla en la transmisión de entrada se obtiene restando a la superficie normal del agua, el diámetro del tubo más 1.5 veces la carga de velocidad del tubo, cuando éste fluye lleno o el 20% del tirante en la alcantarilla.

La pendiente de la alcantarilla debe ser igual a la pendiente del canal.

La transición tanto de entrada como de salida, en algunos casos se conecta a la alcantarilla mediante una rampa con inclinación máxima de 4.1.

El talud máximo del camino encima de alcantarilla no debe ser mayor de 1.5: 1.

Normalmente las alcantarillas trabajan con el nivel de agua libre, llegando a mojar toda su sección en periodos con caudales máximos.

#### 3.2.6.3.2.2. Diseño hidráulico de una cuneta

Las cunetas tendrán en general sección rectangular y se proyectarán en todas las calles. Sus dimensiones han sido fijadas de acuerdo al diseño hidráulico, detalladas en la Tabla 24. Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas.

El ancho medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante hasta el fondo o vértice de la cuneta.

Cuando el suelo es deleznable y la pendiente de la rasante de la cuneta es igual o mayor que 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento.

El revestimiento puede ser necesario para reducir la rugosidad de la cuneta y asegurar el escurrimiento del caudal, en el caso de una pendiente longitudinal muy leve.

Desarrollo analítico y gráfico de diseño hidráulico de colector:

Colector N° 1: Jr. Las flores

Diseño hidráulico del colector N° 1

Calculo de la sección del colector (método Manning)

Luego con la fórmula de Manning, diseñamos una sección de máxima eficiencia hidráulica (M.E.h)

Datos generales:

$$Q = 0.230 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$N = 0.017 \text{ (para canales revestidos con concreto)}$$

$$S = 1.55\% \text{ para efectos de cálculo } S$$

$$Z = 0$$

Reemplazando el valor de “b” en (\*\*)

$$y = 0.60 \times 0.50 = 0.3 \text{ m} \quad \rightarrow y = \mathbf{0.30 \text{ m}}$$

$$fb = 0.10 \quad \rightarrow y = \mathbf{0.10 \text{ m}}$$

$$H = 0.40$$

Luego la sección del colector será:

$$H = 0.40 \text{ m (medida constructiva)}$$

$$b = 0.60 \text{ m (medida constructiva)}$$

$$y = 0.30 \text{ m}$$

$$fb = 0.10$$

Calculo de los elementos de sección teniendo en cuenta las medidas constructivas:

Los resultados del diseño hidráulico final con sus respectivas dimensiones se presentan en la Tabla 24:

**Tabla 24**

*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Manning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Seccion		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Colector n°1	09 - 10	Jr. Las flores	77.50	156.75	155.41	156.249	155.046	0.230	0.017	0.0155	1.217	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	10 - 26	Jr. Las flores	7.20	155.41	155.22	155.046	154.934	0.255	0.017	0.0155	1.283	0.60	0.40	0.24
Colector n°1	26 - 27	Jr. Las flores	77.50	155.22	154.05	154.934	153.760	0.310	0.017	0.0152	1.408	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	27 - 38	Jr. Las flores	7.20	154.05	154.00	153.760	153.651	0.347	0.017	0.0152	1.489	0.60	0.40	0.24
Colector n°1	38 - 39	Jr. Las flores	78.50	154.00	152.88	153.651	152.432	0.410	0.017	0.0155	1.373	0.70	0.50	0.35
Alcantarilla	39 - 50	Jr. Las flores	7.20	152.88	152.85	152.432	152.320	0.434	0.017	0.0155	1.412	0.70	0.50	0.35
Colector n°1	50 - 51	Jr. Las flores	118.50	152.85	151.28	152.320	150.088	0.500	0.017	0.0188	1.591	0.70	0.50	0.35
Colector n°1	51 - 52	Jr. Las mercedes	50.50	151.28	150.50	150.088	149.485	0.526	0.017	0.0119	1.520	0.80	0.50	0.40
Colector n°2	13 - 14	Jr. Amazonas	75.00	154.91	154.69	154.710	153.554	0.131	0.017	0.0154	1.148	0.50	0.30	0.15
Alcantarilla	14 - 30	Jr. Amazonas	7.20	154.69	154.54	153.554	153.443	0.187	0.017	0.0154	1.032	0.50	0.40	0.20
Colector n°2	30 - 31	Jr. Amazonas	76.50	154.54	153.36	153.443	152.264	0.243	0.017	0.0154	1.249	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	31 - 42	Jr. Amazonas	7.20	153.36	152.87	152.264	152.153	0.300	0.017	0.0154	1.389	0.60	0.40	0.24
Colector n°2	42 - 43	Jr. Amazonas	78.50	152.87	152.41	152.153	150.944	0.352	0.017	0.0154	1.505	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	43 - 48	Jr. Wilfredo paredes	7.20	152.41	152.24	150.944	150.833	0.407	0.017	0.0154	1.365	0.70	0.50	0.35
Colector n°2	48 - 47	Jr. Wilfredo paredes	61.00	152.24	151.55	150.833	150.522	0.464	0.017	0.0051	1.001	0.90	0.60	0.54
Colector n°3	34 - 35	Jr. Tarapoto	76.00	153.44	152.80	153.163	152.161	0.126	0.017	0.0132	1.087	0.50	0.30	0.15
Alcantarilla	35 - 46	Jr. Tarapoto	7.20	152.80	152.50	152.161	152.066	0.180	0.017	0.0132	0.977	0.50	0.40	0.20
Colector n°3	46 - 47	Jr. Tarapoto	78.00	152.50	151.55	152.066	151.038	0.232	0.017	0.0132	1.173	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	47 - 54	Jr. Tarapoto	7.20	151.50	151.50	151.038	150.944	0.695	0.017	0.0132	1.496	0.80	0.60	0.48
Colector n°4	54 - 55	Jr. Tarapoto	117.00	151.50	150.26	151.038	150.150	0.789	0.017	0.0076	1.280	1.00	0.70	0.70

Alcantarilla	'55 - 72	Jr. Tarapoto	7.20	150.26	150.50	150.150	150.095	0.886	0.017	0.0076	1.356	1.00	0.70	0.70
Colector n°4	'72 - 73	Jr. Tarapoto	107.50	150.50	150.24	150.095	149.657	0.946	0.017	0.0041	1.086	1.10	0.80	0.88
Alcantarilla	'73 - 87	Jr. Tarapoto	7.20	150.24	149.90	149.657	149.627	0.946	0.017	0.0041	1.086	1.10	0.80	0.88
Colector n°4	'87 - 88	Jr. Tarapoto	66.50	149.90	148.95	149.627	148.557	0.968	0.017	0.0161	1.927	0.90	0.60	0.54
Alcantarilla	'88 - 99	Jr. Tarapoto	7.20	148.95	148.58	148.557	148.441	1.017	0.017	0.0161	1.976	0.90	0.60	0.54
Colector n°4	'99 - 100	Jr. Tarapoto	68.00	148.58	147.70	148.441	147.613	1.069	0.017	0.0122	1.676	1.00	0.70	0.70

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25**

*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Manning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Seccion		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Alcantarilla	'100 - 109	Jr. Tarapoto	7.20	147.70	147.80	147.613	147.526	1.120	0.017	0.0122	1.718	1.00	0.70	0.70
Colector n°4	'109 - 109	Jr. Tarapoto	32.00	147.80	147.24	147.526	147.344	1.152	0.017	0.0057	1.338	1.20	0.80	0.96
Colector n°5	'60 - 59	Jr. Las mercedes	74.50	150.22	149.00	149.500	147.850	0.084	0.017	0.0222	0.938	0.40	0.30	0.12
Alcantarilla	'59 - 64	Jr. Las mercedes	7.50	149.00	148.78	147.850	147.684	0.606	0.017	0.0222	1.823	0.70	0.50	0.35
Colector n°5	'64 - 63	Jr. Las mercedes	50.00	148.78	148.68	147.684	147.462	0.802	0.017	0.0044	1.165	1.10	0.70	0.77
Colector n°6	'68 - 69	Jr. Amazonas	106.00	151.08	149.65	150.786	149.151	0.081	0.017	0.0154	0.994	0.50	0.40	0.20
Alcantarilla	'69 - 83	Jr. Amazonas	7.20	149.65	149.52	149.151	149.040	0.081	0.017	0.0154	0.840	0.40	0.30	0.12
Colector n°6	'83 - 84	Jr. Amazonas	66.00	149.52	148.90	149.040	148.334	0.178	0.017	0.0107	0.923	0.50	0.40	0.20
Alcantarilla	'84 - 95	Jr. Amazonas	7.20	148.90	148.82	148.334	148.256	0.178	0.017	0.0107	0.923	0.50	0.40	0.20
Colector n°6	'95 - 96	Jr. Amazonas	67.50	148.82	148.55	148.256	147.253	0.198	0.017	0.0149	1.055	0.50	0.40	0.20
Alcantarilla	'96 - 107	Jr. Amazonas	7.20	148.55	148.46	147.253	147.146	0.198	0.017	0.0149	1.055	0.50	0.40	0.20
Colector n°6	'107 - 107	Jr. Amazonas	44.00	148.46	147.33	147.146	146.491	0.225	0.017	0.0149	1.191	0.60	0.40	0.24
Colector n°7	'126 - 125	Carretera papaplaya	43.00	155.42	154.55	155.120	154.402	0.027	0.017	0.0167	0.665	0.30	0.20	0.06

Alcantarilla '125 - 122	Carretera papaplaya	7.20	154.55	154.41	154.402	154.282	0.042	0.017	0.0167	0.845	0.30	0.20	0.06
Colector n°7 '122 - 121	Carretera papaplaya	256.50	154.41	151.34	154.282	149.998	0.153	0.017	0.0167	1.268	0.50	0.30	0.15
Alcantarilla '121 - 120	Carretera papaplaya	7.20	151.34	151.21	149.998	149.917	0.153	0.017	0.0113	0.862	0.50	0.40	0.20
Colector n°7 '120 - 119	Carretera papaplaya	106.00	151.21	149.60	149.917	148.722	0.194	0.017	0.0113	0.973	0.50	0.40	0.20
Alcantarilla '119 - 116	Carretera papaplaya	7.20	149.60	149.50	148.722	148.641	0.218	0.017	0.0113	1.094	0.60	0.40	0.24
Colector n°7 '116 - 115	Carretera papaplaya	135.50	149.50	148.12	148.641	147.114	0.304	0.017	0.0113	1.296	0.60	0.40	0.24
Colector n°7 '115 - 114	Jr. Huallaga	56.50	148.82	146.60	147.114	146.477	0.344	0.017	0.0113	1.159	0.70	0.50	0.35
Alcantarilla '114 - 113	Jr. Huallaga	8.00	146.60	146.49	146.477	146.387	0.344	0.017	0.0113	1.159	0.70	0.50	0.35
Colector n°8 '127 - 128	Carretera papaplaya	50.50	154.83	154.50	154.209	153.366	0.015	0.017	0.0167	0.874	0.20	0.20	0.04
Alcantarilla '128 - 129	Carretera papaplaya	7.20	154.50	154.12	153.366	153.245	0.015	0.017	0.0167	0.874	0.20	0.20	0.04
Colector n°8 '129 - 130	Carretera papaplaya	249.50	154.12	151.00	153.245	150.434	0.081	0.017	0.0113	0.779	0.40	0.30	0.12
Alcantarilla '130 - 133	Carretera papaplaya	7.20	151.00	150.96	150.434	150.352	0.106	0.017	0.0113	0.888	0.40	0.30	0.12
Colector n°8 '133 - 134	Carretera papaplaya	247.50	150.96	148.21	150.352	147.563	0.207	0.017	0.0113	1.065	0.60	0.40	0.24

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26***Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Manning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Sección		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Alcantarilla	134 - 112	Carretera papaplaya	14.00	148.21	148.30	147.563	147.405	0.207	0.017	0.0113	1.065	0.60	0.40	0.24
Colector n°8	112 - 113	Carretera papaplaya	62.00	148.30	146.49	147.405	146.707	0.233	0.017	0.0113	1.134	0.60	0.40	0.24
Cuneta n°9	02 - 03	Jr. José pardo	167.90	158.77	156.67	158.501	156.315	0.054	0.017	0.0130	0.895	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°10	08 - 09	Jr. José pardo	159.07	158.70	156.60	158.320	156.249	0.069	0.017	0.0130	1.016	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°11	04 - 03	Jr. Las flores	84.09	157.52	156.67	157.068	156.314	0.061	0.017	0.0090	0.743	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	03 - 09	Jr. Las flores	7.20	156.67	156.60	156.314	156.249	0.115	0.017	0.0090	0.878	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°12	05 - 06	Jr. Las flores	84.00	157.62	156.72	157.068	156.315	0.035	0.017	0.0090	0.743	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°12	06 - 07	Jr. José pardo	64.00	156.72	155.50	156.315	155.237	0.075	0.017	0.0168	1.128	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	07 - 13	Jr. Amazonas	7.20	155.50	155.00	155.237	155.116	0.075	0.017	0.0168	1.128	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°13	12 - 13	Jr. José pardo	61.00	156.38	155.00	156.227	155.200	0.034	0.017	0.0168	0.753	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°14	12 - 15	Jr. Las flores	75.00	156.38	155.54	156.077	154.913	0.029	0.017	0.0155	0.977	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°14	15 - 14	Jr. Jorge reyna	62.50	155.54	154.69	154.913	154.592	0.056	0.017	0.0051	0.532	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°15	16 - 19	Jr. Amazonas	72.00	154.89	154.56	154.814	153.704	0.022	0.017	0.0154	0.974	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°15	19 - 18	Jr. Jorge reyna	60.00	154.56	153.82	153.704	152.306	0.047	0.017	0.0233	0.968	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°16	17 - 18	Jr. Tarapoto	60.00	155.04	153.82	154.500	153.308	0.026	0.017	0.0199	0.685	0.30	0.20	0.06

Alcantarilla	´18 - 34	Jr. Tarapoto	7.20	153.82	153.50	153.308	153.165	0.073	0.017	0.0199	0.847	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°17	´33 - 34	Jr. Jorge reyna	57.50	154.48	153.50	154.503	153.163	0.028	0.017	0.0233	0.737	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°18	´33´ - 36	Jr. Amazonas	73.50	154.62	153.33	154.318	153.185	0.029	0.017	0.0154	0.974	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°18	´36 - 35	Jr. 9 de abril	60.50	153.33	152.8	153.185	152.972	0.054	0.017	0.0035	0.474	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°19	´29 - 30	Jr. Jorge reyna	59.50	155.38	154.54	155.000	154.694	0.026	0.017	0.0051	0.563	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°20	´29´ - 32	Jr. Las flores	74.50	155.29	154.05	154.985	153.882	0.031	0.017	0.0148	0.955	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°20	´32 - 31	Jr. 9 de abril	61.50	154.05	153.36	153.882	152.892	0.057	0.017	0.0161	0.973	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°21	´11 - 10	Jr. Jorge reyna	40.00	155.17	156.049	154.955	154.207	0.025	0.017	0.0187	1.073	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°21	´11 - 10	Jr. Jorge reyna	56.25	155.53	155.487	154.207	153.560	0.025	0.017	0.0115	0.841	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°22	´25 - 26	Jr. Jorge reyna	57.00	155.60	155.22	155.585	154.930	0.025	0.017	0.0115	0.841	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°23	´28 - 27	Jr. 9 de abril	65.50	155.14	154.05	155.125	153.757	0.037	0.017	0.0209	0.829	0.30	0.20	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27**

*Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Manning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Seccion		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Cuneta n°24	´37 - 38	Jr. 9 de abril	66.50	153.86	154.00	155.039	153.650	0.035	0.017	0.0209	1.134	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°25	´40 - 39	Jr. Wilfredo paredes	46.50	153.88	152.88	153.297	152.427	0.024	0.017	0.0187	1.073	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°26	´41 - 42	Jr. 9 de abril	58.50	153.89	152.87	153.584	152.642	0.028	0.017	0.0161	0.674	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°27	´41´ - 44	Jr. Las flores	75.65	153.00	153.00	153.587	152.412	0.028	0.017	0.0155	0.678	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°27	´44 - 43	Jr. Wilfredo paredes	60.73	153.05	152.41	152.412	152.103	0.056	0.017	0.0051	0.529	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°28	´45 - 46	Jr. 9 de abril	56.50	153.06	152.50	152.265	152.066	0.024	0.017	0.0035	0.466	0.30	0.20	0.06

Cuneta n°29	´45´ - 48	Jr. Amazonas	75.00	154.94	152.24	153.827	152.671	0.028	0.017	0.0154	0.675	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°30	´20 - 24	Jr. Tarapoto	228.50	151.50	151.50	154.581	150.041	0.263	0.017	0.0199	1.388	0.60	0.40	0.24
Cuneta n°30	´24 - 23	Jr. Wilfredo paredes	78.00	149.85	149.85	150.041	149.013	0.425	0.017	0.0132	1.341	0.70	0.50	0.35
Alcantarilla	´23 - 58	Jr. Wilfredo paredes	8.50	149.92	149.60	149.013	148.902	0.425	0.017	0.0132	1.341	0.70	0.50	0.35
Cuneta n°31	´21 - 22	Jr. Wilfredo paredes	87.50	149.81	149.81	149.569	149.044	0.083	0.017	0.0060	0.721	0.50	0.30	0.15
Alcantarilla	´22 - 61	Jr. Wilfredo paredes	8.00	149.96	149.76	149.044	148.996	0.083	0.017	0.0060	0.672	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°32	´62 - 61	Jr. Wilfredo paredes	86.00	149.76	149.76	149.567	149.004	0.051	0.017	0.0066	0.819	0.30	0.30	0.09
Cuneta n°32	´61 - 64	Jr. Dos de mayo	117.00	151.33	148.78	149.004	148.485	0.183	0.017	0.0044	0.796	0.60	0.40	0.24
Cuneta n°33	´57 - 58	Jr. Wilfredo paredes	80.00	149.60	149.60	150.500	148.711	0.056	0.017	0.0224	1.049	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°33	´58 - 59	Jr. Dos de mayo	119.00	151.40	149.00	148.711	147.652	0.522	0.017	0.0089	1.173	0.80	0.60	0.48
Cuneta n°34	´57´ - 60	Jr. Tarapoto	113.50	152.38	150.23	150.360	149.499	0.044	0.017	0.0076	0.514	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°35	´53 - 54	Jr. Wilfredo paredes	123.50	152.54	151.50	152.000	150.576	0.047	0.017	0.0115	0.842	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°36	´53´ - 56	Jr. Las flores	114.00	151.35	151.35	152.243	150.893	0.050	0.017	0.0118	0.854	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°36	´56 - 55	Jr. Las mercedes	130.50	153.44	150.26	150.893	148.003	0.097	0.017	0.0222	1.006	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°37	´49 - 50	Jr. Wilfredo paredes	46.50	151.43	152.85	153.192	152.322	0.029	0.017	0.0187	0.708	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°38	´66 - 65	Jr. Las mercedes	42.00	151.52	151.52	151.025	150.524	0.024	0.017	0.0119	0.584	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	´65 - 52	Jr. Las mercedes	8.50	151.37	150.50	150.524	150.423	0.024	0.017	0.0119	0.584	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°39	´67 - 68	Jr. Las mercedes	64.00	149.53	151.10	151.025	150.785	0.032	0.017	0.0038	0.745	0.30	0.30	0.09
Cuneta n°40	´69´ - 70	Jr. El porvenir	57.50	149.50	149.50	149.100	148.570	0.024	0.017	0.0092	0.753	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	´70 - 82	Jr. El porvenir	10.00	151.28	148.59	148.570	148.478	0.024	0.017	0.0092	0.753	0.30	0.20	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28***Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Maning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Seccion		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Cuneta n°41	71 - 72	Jr. Las mercedes	59.50	151.14	150.50	151.181	149.863	0.030	0.017	0.0222	0.761	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°42	71 - 74	Jr. Amazonas	105.00	149.90	149.90	151.000	149.381	0.041	0.017	0.0154	0.816	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	74 - 83	Jr. Amazonas	11.00	150.08	150.08	149.381	149.211	0.074	0.017	0.0154	0.731	0.30	0.30	0.09
Cuneta n°43	73 - 74	Jr. El porvenir	64.50	149.67	149.67	149.561	149.378	0.033	0.017	0.0028	0.350	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°44	75 - 76	Jr. Las mercedes	71.00	149.20	149.20	149.676	148.103	0.037	0.017	0.0222	0.849	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	76 - 79	Jr. Las mercedes	7.50	149.12	149.12	148.103	147.937	0.133	0.017	0.0222	1.182	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°44	79 - 80	Jr. Las mercedes	40.50	149.09	149.09	147.937	147.758	0.197	0.017	0.0044	0.825	0.60	0.40	0.24
Alcantarilla	80 - 63	Jr. Las mercedes	8.50	152.38	148.68	147.758	147.720	0.197	0.017	0.0044	0.825	0.60	0.40	0.24
Cuneta n°45	75 - 78	Jr. Tarapoto	105.00	150.12	150.12	150.110	149.682	0.032	0.017	0.0041	0.657	0.40	0.40	0.16
Cuneta n°45	78 - 77	Jr. El porvenir	63.00	149.50	149.50	149.682	149.312	0.064	0.017	0.0059	0.657	0.40	0.20	0.08
Cuneta n°45	77 - 76	Jr. Dos de mayo	108.50	149.91	149.20	149.312	149.038	0.096	0.017	0.0025	0.498	0.60	0.40	0.24
Cuneta n°46	90 - 91	Jr. El porvenir	61.00	149.45	149.45	149.267	148.909	0.023	0.017	0.0059	0.699	0.30	0.40	0.12
Alcantarilla	91 - 81	Jr. El porvenir	10.00	149.53	149.53	148.909	148.850	0.023	0.017	0.0059	0.699	0.30	0.40	0.12
Cuneta n°46	81 - 79	Jr. Dos de mayo	111.00	149.89	149.12	148.850	148.571	0.048	0.017	0.0025	0.471	0.40	0.40	0.16
Cuneta n°47	90 - 93	Jr. Tarapoto	61.50	148.83	148.83	149.498	148.508	0.026	0.017	0.0161	0.649	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°47	93 - 92	Jr. San juan	54.50	148.50	148.50	148.508	148.016	0.046	0.017	0.0090	0.553	0.40	0.30	0.12
Alcantarilla	92 - 103	Jr. San juan	9.50	149.85	148.13	148.016	147.931	0.046	0.017	0.0090	0.553	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°48	87 - 86	Jr. El porvenir	64.50	149.63	149.63	149.510	149.327	0.017	0.017	0.0028	0.418	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°48	86 - 89	Jr. Amazonas	68.50	148.97	148.97	149.327	148.593	0.038	0.017	0.0107	0.719	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°48	89 - 88	Jr. San juan	67.00	149.58	148.95	148.593	148.438	0.048	0.017	0.0023	0.412	0.40	0.20	0.08
Cuneta n°49	83 - 82	Jr. El porvenir	64.00	148.83	148.59	149.072	148.482	0.029	0.017	0.0092	0.605	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°50	84 - 85	Jr. San juan	41.52	148.50	148.50	148.383	147.636	0.019	0.017	0.0180	0.907	0.20	0.20	0.04
Alcantarilla	85 - 94	Jr. San juan	8.50	148.73	147.85	147.636	147.483	0.019	0.017	0.0180	0.907	0.20	0.20	0.04
Cuneta n°51	95 - 94	Jr. San juan	41.50	148.53	147.85	148.284	147.537	0.027	0.017	0.0180	0.691	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°52	96 - 97	Jr. Huallaga	70.00	149.10	147.11	148.000	147.130	0.033	0.017	0.0124	0.688	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°53	98 - 99	Jr. San juan	66.50	149.11	148.58	148.468	148.314	0.025	0.017	0.0023	0.291	0.40	0.30	0.12

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29***Dimensionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas*

Colector	Tramo	Calle	Longitud	Cota terreno		Cota rasante		Caudal M3/s	Coeficiente Maning	Pendiente M/m	Velocidad M/s	Seccion		
				Inicio	Final	Inicio	Final					B (m)	H (m)	(m2)
Cuneta n°54	'98' - 101	Jr. Amazonas	58.00	148.63	148.63	149.152	148.290	0.021	0.017	0.0149	0.957	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°54	'101 - 100	Jr. Huallaga	64.00	148.98	147.40	148.290	147.485	0.051	0.017	0.0126	0.868	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°55	'102 - 103	Jr. San juan	59.00	149.12	148.13	148.529	147.997	0.024	0.017	0.0090	0.745	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°56	'102' - 105	Jr. Tarapoto	65.00	147.50	147.50	148.298	147.507	0.030	0.017	0.0122	0.655	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	'105 - 110	Jr. Tarapoto	7.20	147.62	147.62	147.507	147.419	0.048	0.017	0.0122	0.835	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°56	'110 - 110'	Jr. Tarapoto	24.50	147.71	147.71	147.419	147.280	0.064	0.017	0.0057	0.584	0.40	0.30	0.12
Alcantarilla	'110' - 109'	Jr. Tarapoto	8.00	147.84	147.24	147.280	147.235	0.064	0.017	0.0057	0.584	0.40	0.30	0.12
Cuneta n°57	'104 - 105	Jr. Huallaga	48.50	147.80	147.50	147.863	147.509	0.018	0.017	0.0073	0.670	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°58	'111 - 110	Jr. Huallaga	33.50	148.65	147.62	147.670	147.425	0.009	0.017	0.0073	0.578	0.20	0.20	0.04
Cuneta n°59	'108 - 109	Jr. Huallaga	61.50	148.66	147.80	148.172	147.399	0.019	0.017	0.0126	0.880	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°60	'108' - 106'	Jr. Amazonas	30.00	147.61	147.61	148.000	147.554	0.021	0.017	0.0149	0.957	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	'106' - 107'	Jr. Amazonas	10.00	148.44	147.33	147.554	147.405	0.021	0.017	0.0149	0.550	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°61	'105' - 106	Jr. Huallaga	63.50	147.90	147.90	148.061	147.272	0.024	0.017	0.0124	0.588	0.30	0.20	0.06
Alcantarilla	'106 - 97	Jr. Huallaga	8.00	148.82	147.11	147.272	147.172	0.024	0.017	0.0124	0.588	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°62	'117 - 116	Jr. El porvenir	61.00	149.93	149.50	149.000	148.489	0.037	0.017	0.0084	0.667	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°63	'118 - 119	Jr. El porvenir	60.50	154.63	149.57	149.755	149.249	0.024	0.017	0.0084	0.534	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°64	'123 - 122	Jr. Jorge reyna	76.00	154.62	154.52	155.603	154.943	0.024	0.017	0.0087	1.169	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°65	'124 - 125	Jr. Jorge reyna	74.50	151.15	154.54	155.051	154.544	0.016	0.017	0.0068	0.647	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°66	'131 - 130	Jr. Mercedes Las	30.00	150.52	151.00	151.000	150.658	0.024	0.017	0.0114	0.838	0.30	0.20	0.06
Cuneta n°67	'132 - 133	Jr. Mercedes Las	41.00	150.50	150.96	150.639	150.401	0.033	0.017	0.0058	0.848	0.30	0.30	0.09

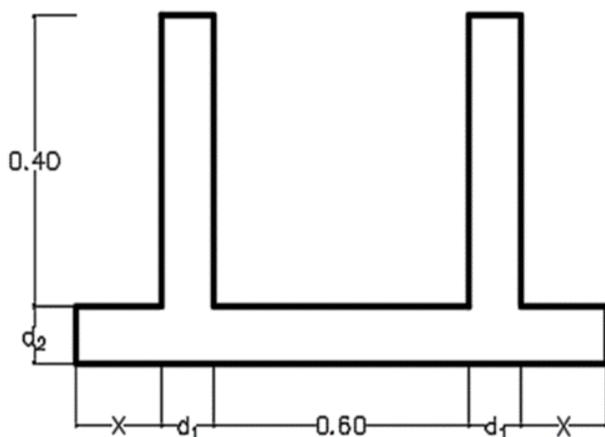
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.3.3. Diseño estructural de cunetas y alcantarillas

#### 3.2.6.3.3.1. Diseño estructural de cunetas

Para el diseño estructural se ha determinado dos dimensiones promedias (0.60 x 0.40 y 0.80 x 0.60, ambas medidas interiores).

Diseño estructural de cunetas (0.60x0.40)



**Figura 7.** Sección de cuneta (Fuente: Coeficiente Manning)

Datos de diseño:

Peso específico del suelo seco (CL = Arcilla de Baja Plasticidad, obtenida del estudio de suelo) = 1830 kg/m<sup>3</sup>.

Ángulo de fricción interna= 19°.

Capacidad portante del terreno= 0.80 kg/cm<sup>2</sup>.

Características del refuerzo concreto, son tales como se indicó anteriormente:

$$f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Caso I: Poza Sin Agua, Terreno Seco

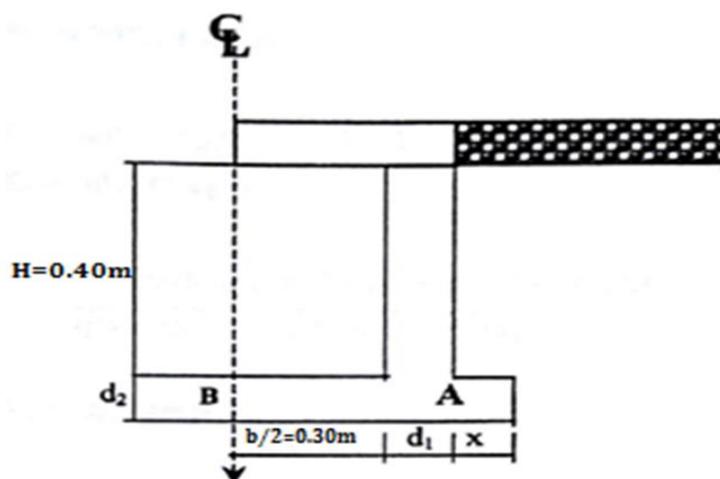


Figura 8. Sección transversal de la cuneta. (Fuente: Coeficiente Maning)

Coeficiente de Empuje Activo ( $K_a$ ), Ec N°1

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.5088$$

Caso I: Cuando la cuneta está sin agua y terreno seco según el ítem 2.5.2.9.1...A1 y según la figura anterior, tenemos:

$$H = 0.40\text{mts} \quad b = 0.60\text{mts}$$

Luego:

$$P_{s1} = K_a(q_s + q_p)$$

$$P_{s1} = 0.5088(1000 + 400)$$

$$P_{s1} = 712.32 \text{ kg/m}^2$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$h_{s/c} = 0.77 \text{ mts}$$

$$P_{S_2} = K_a \gamma_s (H + h_{s/c})$$

$$P_{S_2} = 0.5088 \times 1830 (0.40 + 0.77)$$

$$\mathbf{P_{S_2} = 1089.39 \text{ kg/m}^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} (P_{S_1} + P_{S_2}) H$$

$$E_1 = \frac{1}{2} (712.32 + 1089.39) \times 0.40$$

$$\mathbf{E_1 = 360.34 \text{ kg/m}}$$

$$Y_1 = \frac{H^2 + 3Hh_{s/c}}{3(H + 2h_{s/c})}$$

$$Y_1 = \frac{0.40^2 + 3(0.40)(0.77)}{3(0.40 + 2(0.77))}$$

$$\mathbf{Y_1 = 0.186 \text{ mts}}$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = E_1 \times Y_1$$

$$M_A = 360.34 \times 0.186$$

$$\mathbf{M_A = 67.02 \text{ kg} - \text{m}}$$

El momento en el punto "B"

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} q (b + d_1)^2$$

Calculamos d1 y d2

$$d = \frac{H}{15} = \frac{0.40}{15}$$

$$\mathbf{d = 0.027 \text{ mts}}$$

Como  $d_{\min} = d_1 = 0.15 \text{ mts}$  por razones constructivas

$$d_2 = 0.20 \text{ mts}$$

Luego:

Luego:

$$q = \gamma_a(h + d_2)$$

$$q = 1000(0.40 + 0.20)$$

$$q = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = 67.02 - \frac{1}{8}(600)(0.60 + 0.15)^2$$

$$M_B = 24.83 \text{ kg} - \text{m}$$

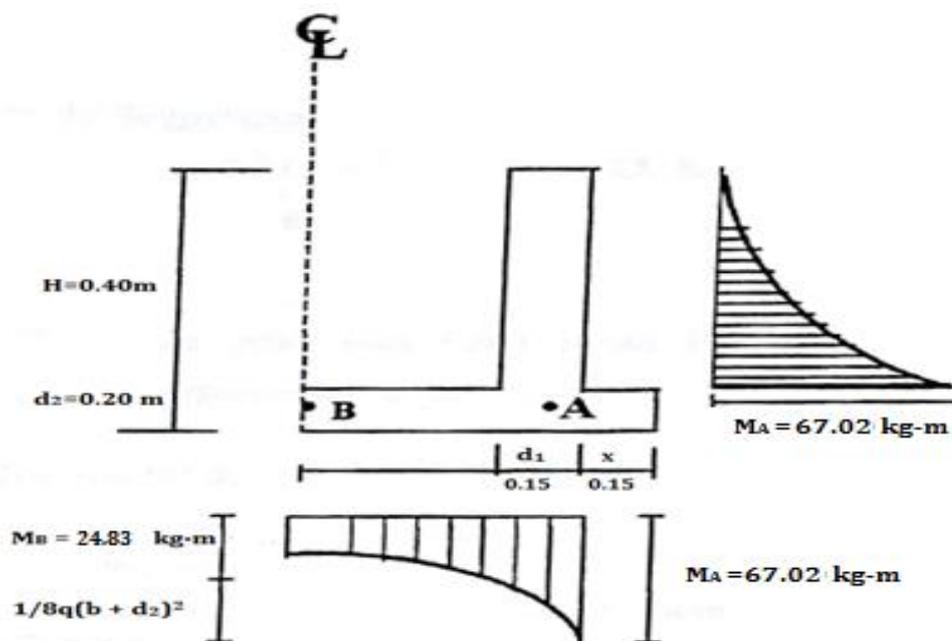


Figura 9. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso I (Fuente: Coeficiente Manning)

Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} > 2$$

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (0.60 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$P_1 = 576 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 0.40 * 2400$$

$$P_2 = 144 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 0.40 * 0.15$$

$$P_3 = 109.80 \text{ kg/m}$$

$$\sigma_T = \frac{576 + 2 * 144 + 2 * 109.80}{(0.60 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\sigma_T = 0.09$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{0.80}{0.09} = 8.89 > 2 \quad \text{OK}$$

Caso II: La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral.

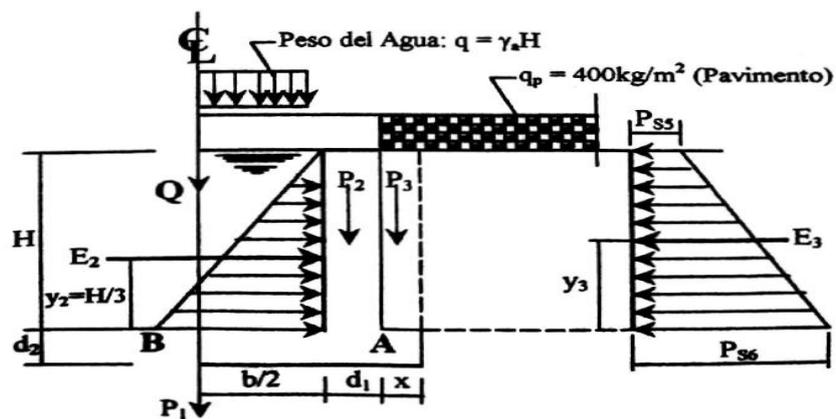


Figura 10. La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral (Fuente: Coeficiente Maning)

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} = \frac{400}{1830}$$

$$h' = 0.219 \text{ m}$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.5088$$

$$E_3 = \frac{1}{2} K_a \gamma_s (H + 2h')$$

$$E_3 = \frac{1}{2} * 0.5088 * 1830(0.40 + 2 * 0.219)$$

$$E_3 = 390.13 \text{ kg/m}$$

$$y_3 = \frac{H^2 + 3Hh'}{3(H + 2h')}$$

$$y_3 = \frac{0.40^2 + 3 * 0.40 * 0.219}{3(0.40 + 2 * 0.219)}$$

$$y_3 = 0.168 \text{ m}$$

Empuje de Agua "E2" (kg/m)

$$E_2 = \frac{1}{2} \gamma_a H^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2} * 1000 * 0.40^2$$

$$E_2 = 80 \text{ kg/m}$$

El momento en el punto "A" para el caso II

$$M_A = \frac{1}{3} H E_2 - E_3 Y_3$$

$$M_A = \frac{1}{3} * 0.40 * 80 - 390.13 * 0.168$$

$$M_A = -64.47 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento en el punto "B"

$$q = \gamma_a H$$

$$q = 1000 * 0.40$$

$$q = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = \frac{qb^2}{8} - M_A$$

$$M_B = \frac{400 * 0.60^2}{8} - (-64.47)$$

$$M_B = 82.47 \text{ kg} - \text{m}$$

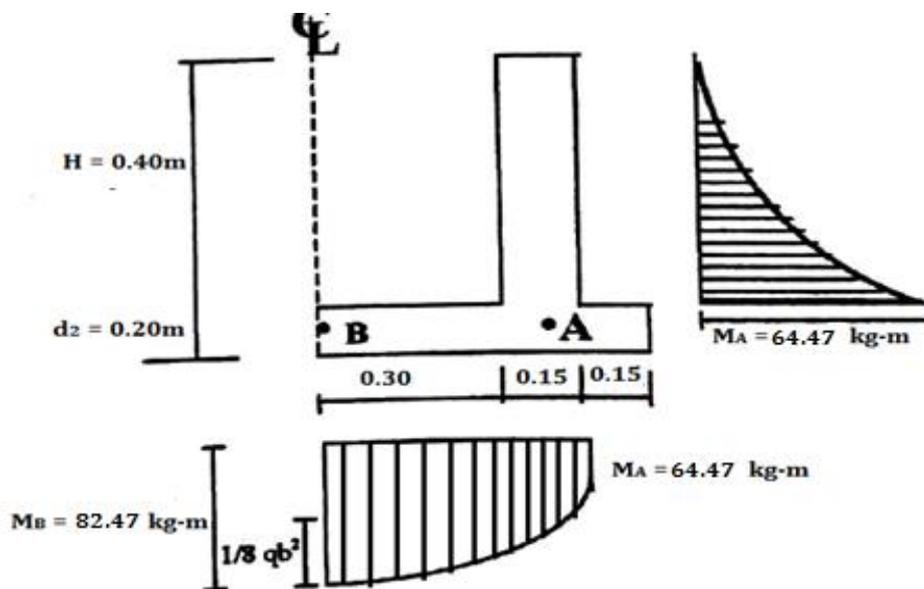


Figura 11. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso II (Fuente: Coeficiente Manning)

Presión de la Estructura sobre el terreno ( $\sigma_T$ ) con las Ec 19, 20 y 21; obtenidas del ítem 2.5.2.9.1...A1 Tenemos:

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (0.60 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$P_1 = 576 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 0.40 * 2400$$

$$P_2 = 144 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \gamma_c * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 0.40 * 0.15$$

$$P_3 = 109.80 \text{ kg/m}$$

$$Q = \gamma_a * H * b$$

$$Q = 1000 * 0.40 * 0.60$$

$$Q = 240 \text{ kg/m}$$

Entonces:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$\sigma_T = \frac{576 + 2 * 144 + 2 * 109.80 + 240}{(0.60 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\sigma_T = 0.11$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{0.80}{0.11} = 7.27 > 2 \quad \text{OK}$$

Cálculo del Refuerzo en las Paredes

Según las figuras N° 05 y N° 06 de diagrama de momentos en el punto "A", para los casos I y II, que produce en las paredes, razón por la cual se calculará el refuerzo en la cara exterior con el momento mayor de uno los dos casos. y para en refuerzo en la cara interior se determinará el área de refuerzo mínimo ( $A_{smin}$ ) por no presentar esfuerzos debido a momento flector en esta cara.

Momento en la Cara Exterior:

$$M_A = 67.02 \text{ kg - m}$$

$$M_A = 64.47 \text{ kg - m}$$

Haciendo uso de las Ecuaciones 41 y 42

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Luego el momento último es:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(67.02)$$

$$\mathbf{M_u = 120.64 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 4.0 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo}$$

un refuerzo de  $\emptyset = 1/2''$  de

1.27 cm de diámetro

$$a = 0.070 \quad A_s = 0.309 \quad a = 0.087$$

$$a = 0.080 \quad A_s = 0.309 \quad a = 0.087$$

$$a = 0.085 \quad A_s = 0.309 \quad a = 0.087$$

$$\mathbf{a = 0.087 \quad A_s = 0.309 \quad a = 0.087}$$

$$\mathbf{A_s = 0.309 \text{ cm}^2}$$

Refuerzos en los Muros:

$$A_{s_{\min}} = 0.0015bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{s_{\min}} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.309 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 1.56 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.6\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"$ @.45m**

Refuerzo de Repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ ).

Este refuerzo se colocara horizontalmente.

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.75}{2} = \mathbf{1.875 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"$ @.375m**

Longitudinal:

$$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"$ @.375m**

Cálculo del Refuerzo en la losa de cuneta.

Adoptaremos:

$$r = 4.0 \text{ cm (cara superior)}$$

$$r = 7.5 \text{ cm (cara inferior)}$$

Como se puede observar en las figuras 11 y 12 de los casos I y II, respectivamente no presenta flexión en la cara superior, por lo que se tomará el refuerzo mínimo, mientras que para la cara inferior tomaremos para el diseño el momento mayor producido en esta cara. Adoptaremos el diámetro de la barra  $\emptyset 1/2"$  o sea 1.27cm.

Refuerzo en la cara inferior

Caso I:

$$M_A = 67.02 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 24.83 \text{ kg} - \text{m}$$

Caso II:

$$M_A = 64.47 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 82.47 \text{ kg} - \text{m}$$

Tomaremos el mayor momento:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(82.47)$$

$$\mathbf{M_u = 148.45 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 7.5 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 20 - \left(7.5 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$d = 11.9$  cm (asumiendo  
un refuerzo de  $\emptyset = 1/2"$  de  
1.27 cm de diámetro)

$$a = 0.094 \quad A_s = 0.331 \quad a = 0.094$$

$$A_s = 0.331 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{s_{\min}} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.331 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.02 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.9 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .35\text{m}$**

Refuerzo en la cara superior ( $A_{s_{\min}}$ )

$$R = 4.0 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 20 - \left(4.0 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$d = 15.4$  cm (asumiendo un refuerzo de  $\emptyset = 1/2"$  de 1.27 cm de diámetro)

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{s_{\min}} = 2.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.343 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.62 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.62} = 49.2\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.62} = 27.1\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  3/8" @ . 275m**

Refuerzo de repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior.

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_t$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.60 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.60}{2} = \mathbf{1.80 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} < A_s = 2.62 \text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  3/8" @ . 40m**

Nota:

El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en losa inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Resumen del cálculo:

Paredes:

Cara exterior,

Vertical:

**Usar  $\emptyset 3/8" @ .375m$**

Paralelo al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8" @ .375m$**

Piso:

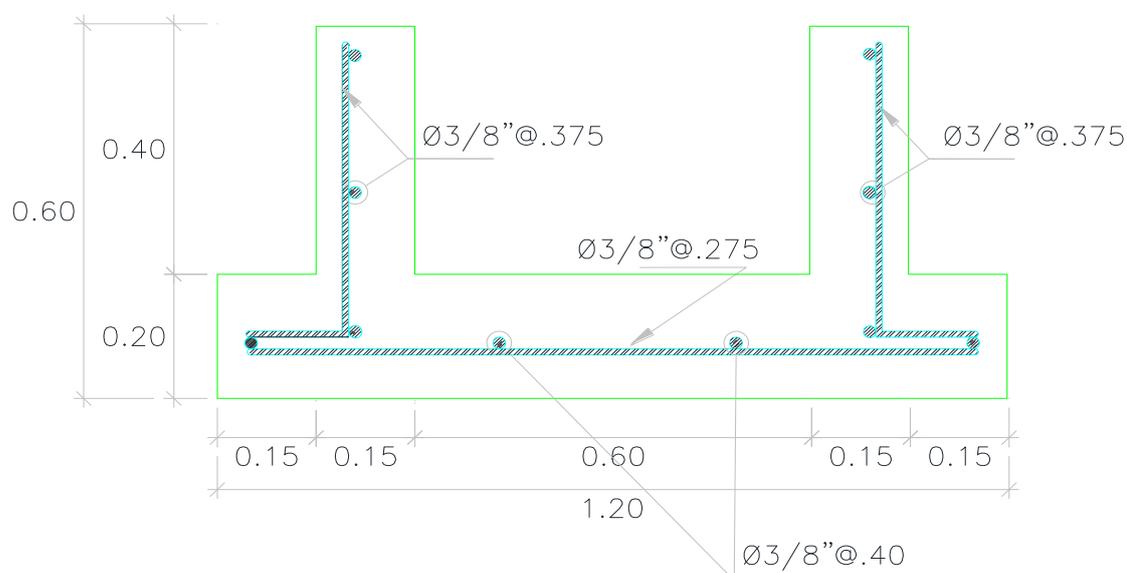
Cara superior,

Perpendicular al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8" @ .275m$**

Paralelo al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8" @ .40m$**

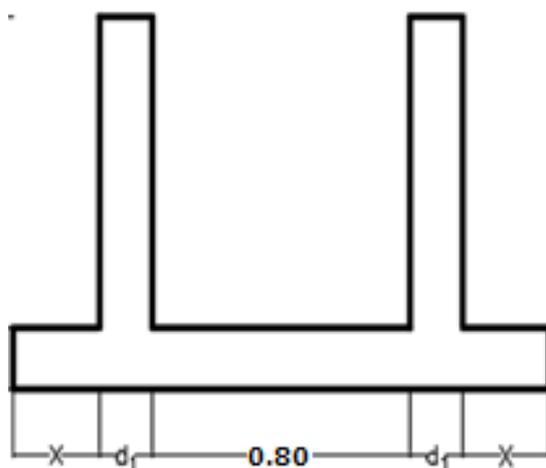


**Figura 12.** Distribución de acero en la cuneta (Fuente: Coeficiente Manning)

**Tabla 30***Especificaciones Técnicas*

Especificaciones Técnicas	
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	
- Recubrimientos	
Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco $\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$	

Diseño estructural de cunetas (0.80x0.60)



**Figura 13.** Sección de cuneta (Fuente: Coeficiente Maning)

Datos de diseño:

Peso específico del suelo seco (CL = Arcilla de Baja Plasticidad, obtenida del estudio de suelo) =  $1830 \text{ kg/m}^3$ .

Ángulo de fricción interna =  $19^\circ$ .

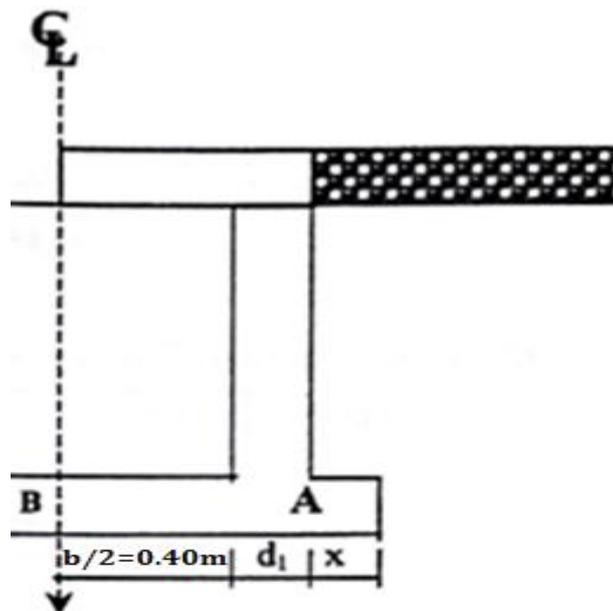
Capacidad portante del terreno =  $0.80 \text{ kg/cm}^2$ .

Características del refuerzo concreto, son tales como se indicó anteriormente:

$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Caso I: Poza Sin Agua, Terreno Seco



**Figura 14.** Sección transversal de la cuneta (Fuente: Coeficiente Manning)

Coeficiente de Empuje Activo ( $K_a$ ), Ec N°1

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$\mathbf{K_a = 0.5088}$$

A.1. Caso I: Cuando la cuneta está sin agua y terreno seco según el ítem 2.5.2.9.1...A1 y según la figura anterior, tenemos:

$$\mathbf{H = 0.50\text{mts} \quad b = 0.80\text{mts}}$$

Luego:

$$P_{s1} = K_a(q_s + q_p)$$

$$P_{s1} = 0.5088(1000 + 400)$$

$$\mathbf{P_{s1} = 712.32 \text{ kg/m}^2}$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$h_{s/c} = \mathbf{0.77 \text{ mts}}$$

$$Ps_2 = Ka\gamma_s(H + h_{s/c})$$

$$Ps_2 = 0.5088 \times 1830(0.60 + 0.77)$$

$$Ps_2 = \mathbf{1275.61 \text{ kg/m}^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{2}(Ps_1 + Ps_2)H$$

$$E_1 = \frac{1}{2}(712.32 + 1275.6) \times 0.60$$

$$E_1 = \mathbf{596.38 \text{ kg/m}}$$

$$Y_1 = \frac{H^2 + 3Hh_{s/c}}{3(H + 2h_{s/c})}$$

$$Y_1 = \frac{0.50^2 + 3(0.60)(0.77)}{3(0.60 + 2(0.77))}$$

$$Y_1 = \mathbf{0.272 \text{ mts}}$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = E_1 \times Y_1$$

$$M_A = 596.38 \times 0.272$$

$$M_A = \mathbf{162.21 \text{ kg} - \text{m}}$$

El momento en el punto "B"

$$M_B = M_A - \frac{1}{8}q(b + d_1)^2$$

Calculamos d1 y d2

$$d = \frac{H}{15} = \frac{0.50}{15}$$

$$d = \mathbf{0.04 \text{ mts}}$$

Como  $d_{min} = d_1 = 0.15$  mts por razones constructivas

$d_2 = 0.20$  mts

Luego:

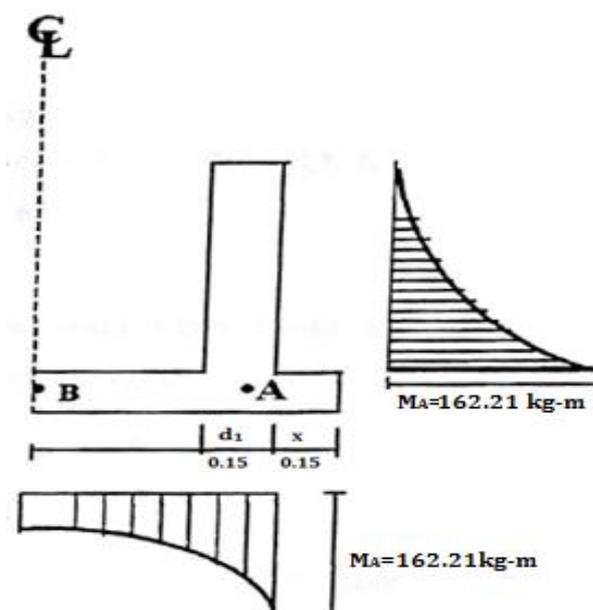
$$q = \gamma_a(H + d_2)$$

$$q = 1000(0.50 + 0.20)$$

$$q = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = 162.21 - \frac{1}{8}(800)(0.80 + 0.15)^2$$

$$M_B = 71.96 \text{ kg-m}$$



*Figura 15.* Diagrama de momentos en la cuneta para el caso I (Fuente: Coeficiente Manning)

Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} > 2$$

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (0.80 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$P_1 = 672 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 0.50 * 2400$$

$$P_2 = 216 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 0.50 * 0.15$$

$$P_3 = 164.70 \text{ kg/m}$$

$$\sigma_T = \frac{672 + 2 * 216 + 2 * 164.70}{(0.80 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\sigma_T = 0.102$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{0.80}{0.102} = 7.84 > 2 \quad \text{OK}$$

Caso II: La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral.

Del Gráfico N° 10:

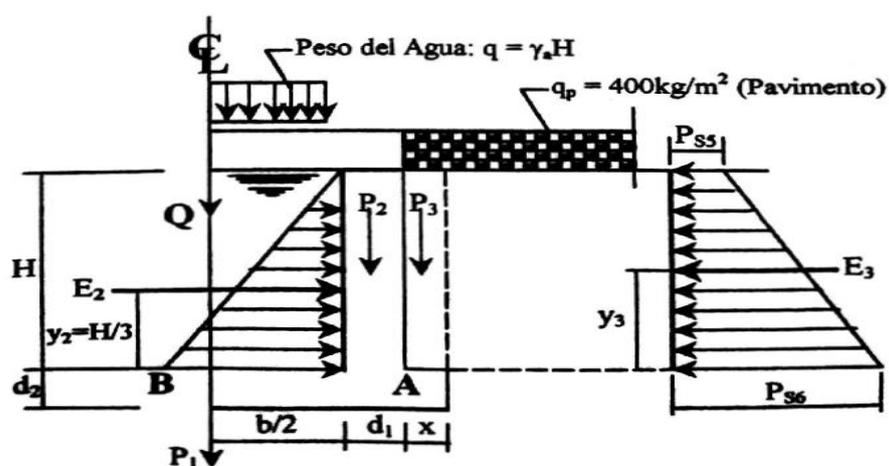


Figura 16. La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral (Fuente: Coeficiente Maning)

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} = \frac{400}{1830}$$

$$h' = 0.212\text{m}$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.5088$$

$$E_3 = \frac{1}{2} K_a \gamma_s (H + 2h')$$

$$E_3 = \frac{1}{2} * 0.5088 * 1830(0.60 + 2 * 0.212)$$

$$E_3 = 476.73 \text{ kg/m}$$

$$y_3 = \frac{H^2 + 3Hh'}{3(H + 2h')}$$

$$y_3 = \frac{0.50^2 + 3 * 0.50 * 0.21}{3(0.60 + 2 * 0.212)}$$

$$y_3 = 0.243 \text{ m}$$

Empuje de Agua "E2" (kg/m)

$$E_2 = \frac{1}{2} \gamma_a H^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2} * 1000 * 0.50^2$$

$$E_2 = 180 \text{ kg/m}$$

El momento en el punto "A" para el caso II

$$M_A = \frac{1}{3} H E_2 - E_3 Y_3$$

$$M_A = \frac{1}{3} * 0.50 * 180 - 476.73 * 0.243$$

$$M_A = -79.85 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento en el punto "B"

$$q = \gamma_a H$$

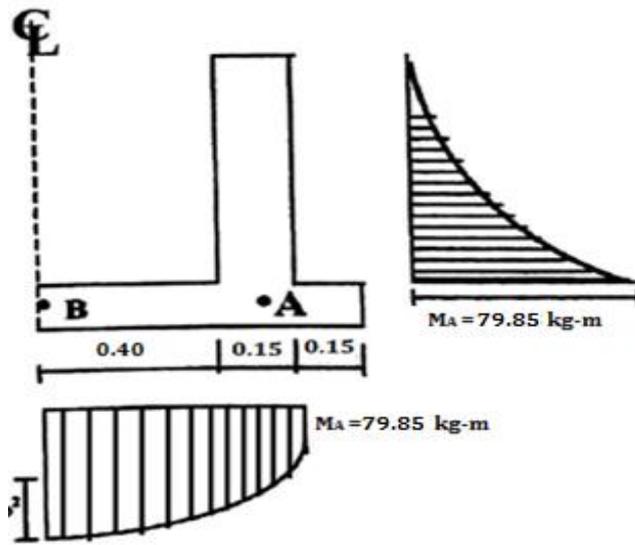
$$q = 1000 * 0.50$$

$$q = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = \frac{qb^2}{8} - M_A$$

$$M_B = \frac{400 * 0.80^2}{8} - (-79.8)$$

$$M_B = 111.85 \text{ kg} - \text{m}$$



*Figura 17.* Diagrama de momentos en la cuneta para el caso II (Fuente: Coeficiente Manning)

Presión de la Estructura sobre el terreno ( $\sigma_T$ ) con las Ec 19, 20 y 21; obtenidas del ítem 2.5.2.9.1...A1 Tenemos:

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (0.80 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$P_1 = 672 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 0.50 * 2400$$

$$P_2 = 216 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 0.50 * 0.15$$

$$P_3 = 164.70 \text{ kg/m}$$

$$Q = \gamma_a * H * b$$

$$Q = 1000 * 0.60 * 0.80$$

$$Q = 480 \text{ kg/m}$$

Entonces:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$\sigma_T = \frac{672 + 2 * 216 + 2 * 164.7 + 480}{(0.80 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\sigma_T = 0.137$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{0.80}{0.136} = 5.84 > 2 \quad \text{OK}$$

Cálculo del Refuerzo en las Paredes

Según las figuras N° 10 y N° 11 de diagrama de momentos en el punto "A", para los casos I y II, que produce en las paredes, razón por la cual se calculará el refuerzo en la cara exterior con el momento mayor de uno los dos casos y para en refuerzo en la cara interior se determinará el área de refuerzo mínimo ( $A_{smin}$ ) por no presentar esfuerzos debido a momento flector en esta cara.

Momento en la Cara Exterior:

$$M_A = 162.21 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_A = 79.85 \text{ kg} - \text{m}$$

Haciendo uso de las Ecuaciones 41 y 42

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Luego el momento último es:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(162.21)$$

$$M_u = 291.98 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\phi = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 4.0 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo}$$

un refuerzo de  $\phi = 1/2"$  de

1.27 cm de diámetro

$$a = 0.150 \quad A_s = 0.750 \quad a = 0.211$$

$$a = 0.200 \quad A_s = 0.752 \quad a = 0.212$$

$$a = 0.212 \quad A_s = 0.753 \quad a = 0.212$$

$$A_s = 0.753 \text{ cm}^2$$

Refuerzos en los Muros:

$$A_{s_{\min}} = 0.0015bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{s_{\min}} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.753 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.6 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \phi 3/8" @ .45 \text{ m}$$

Refuerzo de Repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ ).

Este refuerzo se colocará horizontalmente.

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.75}{2} = \mathbf{1.875 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .375 \text{ m}$**

Longitudinal:

$$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .375m$**

Cálculo del Refuerzo en la losa de cuneta.

Adoptaremos:

$$r = 4.0 \text{ cm (cara superior)}$$

$$r = 7.5 \text{ cm (cara inferior)}$$

Como se puede observar en las figuras 10 y 11 de los casos I y II, respectivamente no presenta flexión en la cara superior, por lo que se tomará el refuerzo mínimo, mientras que para la cara inferior tomaremos para el diseño el momento mayor producido en esta cara. Adoptaremos el diámetro de la barra  $\emptyset 3/8"$  o sea 1.27cm.

Refuerzo en la cara inferior

Caso I:

$$M_A = 162.21 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 71.96 \text{ kg} - \text{m}$$

Caso II:

$$M_A = 79.85 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 111.85 \text{ kg} - \text{m}$$

Tomaremos el mayor momento:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(161.85)$$

$$\mathbf{M_u = 291.98 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 7.5 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 20 - \left(7.5 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 11.9 \text{ cm (asumiendoun refuerzo de } \emptyset = 3/8" \text{ de 1.27 cm de diámetro)}$$

$$a = 0.185 \quad A_s = 0.654 \quad a = 0.185$$

$$\mathbf{A_s = 0.654 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{s_{\min}} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.654 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.02 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.9 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .35\text{m}$**

Refuerzo en la cara superior ( $A_{s_{\min}}$ )

R = 4.0 cm (recubrimiento)

$$d = 20 - \left(4.0 + \frac{1.27}{2}\right)$$

d = 15.4 cm (asumiendo

un refuerzo de  $\emptyset = 1/2"$  de

1.27 cm de diámetro

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{s_{\min}} = 2.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.654 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.62 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.62} = 49.2\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.62} = 27.1\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  3/8"@. 275m**

Refuerzo de repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior.

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_t$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.60 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.60}{2} = \mathbf{1.80 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} < A_s = 2.62 \text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  3/8"@. 40m**

Nota:

El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en la losa inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Resumen del cálculo:

Paredes:

Cara exterior,

Vertical:

**Usar  $\emptyset 3/8"$ @.375m**

Paralelo al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8"$ @.375m**

Piso:

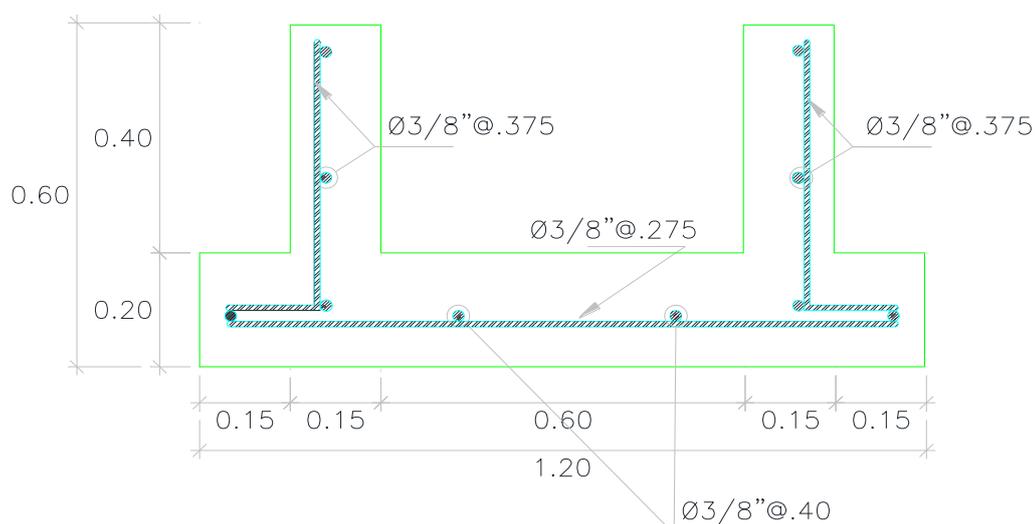
Cara superior,

Perpendicular al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8"$ @.275m**

Paralelo al eje:

**Usar  $\emptyset 3/8"$ @.40m**



**Figura 18.** Distribución de acero en la cuneta (Fuente: Coeficiente Manning)

### Tabla 31

#### Especificaciones Técnicas

---

#### Especificaciones Técnicas

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

- Recubrimientos

---

Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco $\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$	

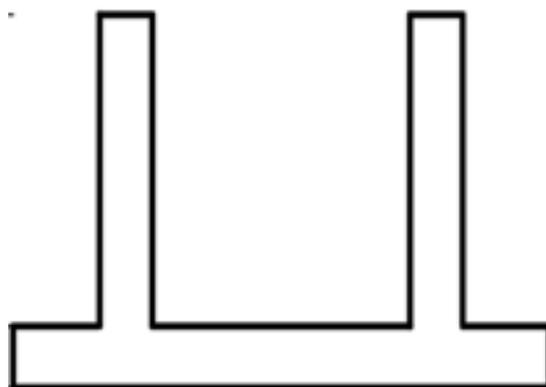
Fuente: Coeficiente Maning

### Tabla 30

#### *Especificaciones Técnicas*

Especificaciones Técnicas	
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	
- Recubrimientos	
Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco $\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$	

Diseño estructural de cunetas (1.90 x 2.90)



*Figura 13.* Sección de cuneta (Fuente: Coeficiente Maning)

Datos de diseño:

Peso específico del suelo seco (CL = Arcilla de Baja Plasticidad, obtenida del estudio de suelo) = 1830 kg/m<sup>3</sup>.

Ángulo de fricción interna = 19°.

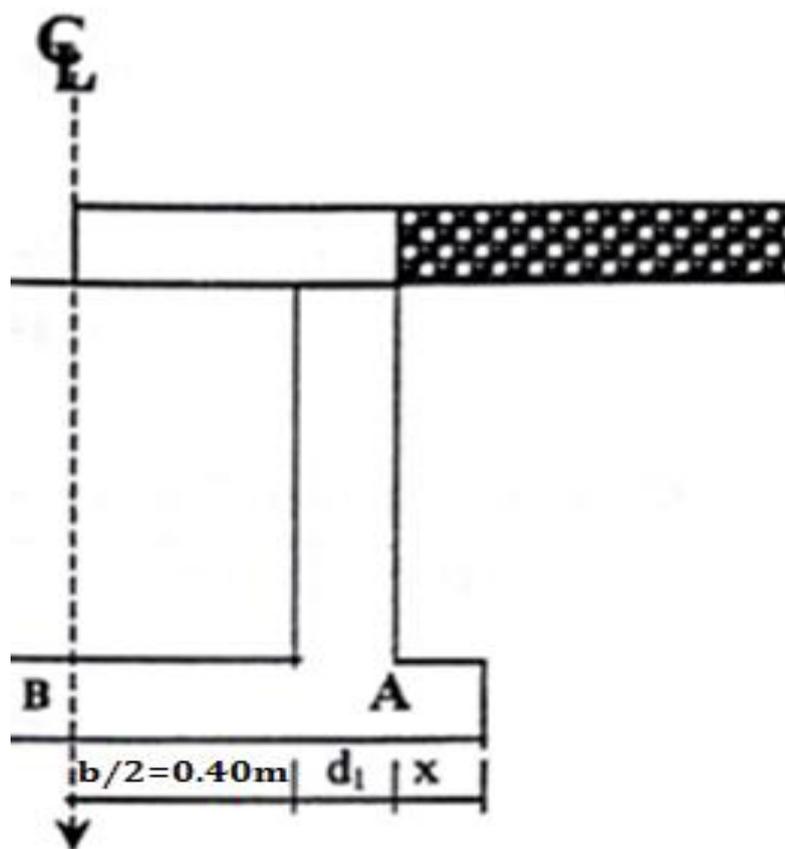
Capacidad portante del terreno = 0.80 kg/cm<sup>2</sup>.

Características del refuerzo concreto, son tales como se indicó anteriormente:

$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Caso I: Poza Sin Agua, Terreno Seco



**Figura 14.** Sección transversal de la cuneta (Fuente: Coeficiente Manning)

Coeficiente de Empuje Activo ( $K_a$ ), Ec N°1

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$\mathbf{K_a = 0.5088}$$

A.1. Caso I: Cuando la cuneta está sin agua y terreno seco según el ítem 2.5.2.9.1...A1 y según la figura anterior, tenemos:

$$\mathbf{H = 1.90 \text{ mts } b = 2.90 \text{ mts}}$$

Luego:

$$P_{s1} = K_a(q_s + q_p)$$

$$P_{s1} = 0.5088(1000 + 400)$$

$$\mathbf{P_{s1} = 712.32 \text{ kg/m}^2}$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$\mathbf{h_{s/c} = 0.77 \text{ mts}}$$

$$P_{s2} = K_a \gamma_s (H + h_{s/c})$$

$$P_{s2} = 0.5088 \times 1830 (0.60 + 0.77)$$

$$\mathbf{P_{s2} = 1275.61 \text{ kg/m}^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} (P_{s1} + P_{s2}) H$$

$$E_1 = \frac{1}{2} (712.32 + 1275.6) 1.90$$

$$\mathbf{E_1 = 596.38 \text{ kg/m}}$$

$$Y_1 = \frac{H^2 + 3Hh_{s/c}}{3(H + 2h_{s/c})}$$

$$Y_1 = \frac{1.90^2 + 3(1.90)(0.77)}{3(1.90 + 2(0.77))}$$

$$\mathbf{Y_1 = 0.272 \text{ mts}}$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = E_1 \times Y_1$$

$$M_A = 596.38 \times 0.272$$

$$\mathbf{M_A = 162.21 \text{ kg} - \text{m}}$$

El momento en el punto "B"

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} q (b + d_1)^2$$

Calculamos d1 y d2

$$d = \frac{H}{15} = \frac{1.90}{15}$$

$$\mathbf{d = 0.04 \text{ mts}}$$

Como  $d_{\min} = d_1 = 0.15 \text{ mts}$  por razones constructivas

$$d_2 = 0.20 \text{ mts}$$

Luego:

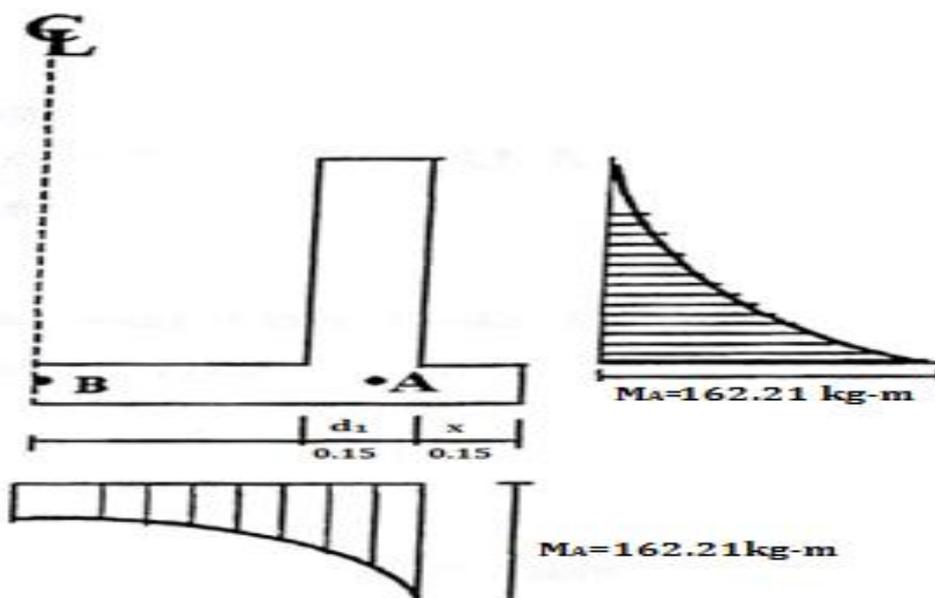
$$q = \gamma_a (H + d_2)$$

$$q = 1000 (0.50 + 0.20)$$

$$\mathbf{q = 800 \text{ kg/m}^2}$$

$$M_B = 162.21 - \frac{1}{8} (800) (2.90 + 0.15)^2$$

$$\mathbf{M_B = 71.96 \text{ kg} - \text{m}}$$



**Figura 15.** Diagrama de momentos en la cuneta para el caso I (Fuente: Coeficiente Maning)

Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} > 2$$

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (2.90 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$\mathbf{P_1 = 672 \text{ kg/m}}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 1.90 * 2400$$

$$\mathbf{P_2 = 216 \text{ kg/m}}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 1.90 * 0.15$$

$$\mathbf{P_3 = 164.70 \text{ kg/m}}$$

$$\sigma_T = \frac{672 + 2 * 216 + 2 * 164.70}{(2.90 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\mathbf{\sigma_T = 0.102}$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{2.90}{0.102} = \mathbf{7.84 > 2 \quad OK}$$

Caso II: La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral.

Del Gráfico N° 10:

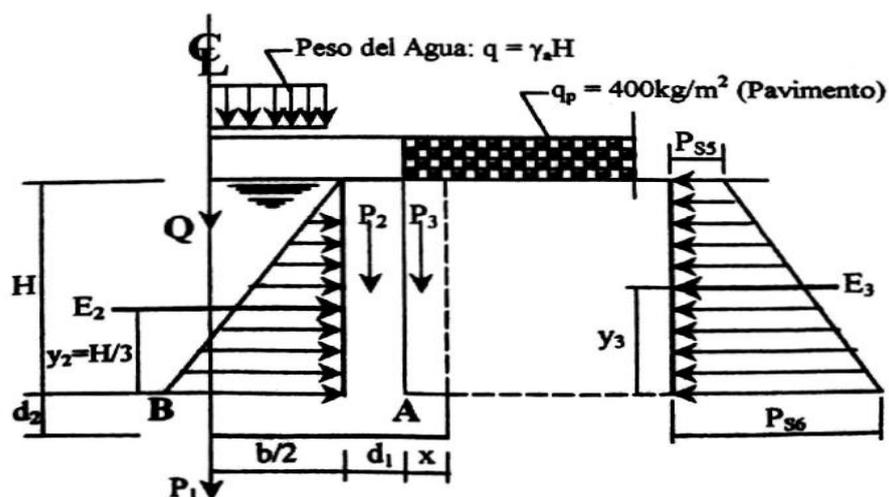


Figura 16. La poza está llena hasta la cota superior de la pared lateral (Fuente: Coeficiente Manning)

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} = \frac{400}{1830}$$

$$h' = 0.212 \text{ m}$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.5088$$

$$E_3 = \frac{1}{2} K_a \gamma_s (H + 2h')$$

$$E_3 = \frac{1}{2} * 0.5088 * 1830 (0.60 + 2 * 0.212)$$

$$E_3 = 476.73 \text{ kg/m}$$

$$y_3 = \frac{H^2 + 3Hh'}{3(H + 2h')}$$

$$y_3 = \frac{1.90 + 3 * 1.90 * 0.21}{3(1.90 + 2 * 0.212)}$$

$$y_3 = \mathbf{0.243 \text{ m}}$$

Empuje de Agua "E2" (kg/m)

$$E_2 = \frac{1}{2} \gamma_a H^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2} * 1000 * 1.90^2$$

$$E_2 = \mathbf{180 \text{ kg/m}}$$

El momento en el punto "A" para el caso II

$$M_A = \frac{1}{3} H E_2 - E_3 Y_3$$

$$M_A = \frac{1}{3} * 1.90 * 180 - 476.73 * 0.243$$

$$M_A = \mathbf{-79.85 \text{ kg} - \text{m}}$$

El momento en el punto "B"

$$q = \gamma_a H$$

$$q = 1000 * 1.90$$

$$q = \mathbf{600 \text{ kg/m}^2}$$

$$M_B = \frac{qb^2}{8} - M_A$$

$$M_B = \frac{400 * 2.90^2}{8} - (-79.8)$$

$$M_B = \mathbf{111.85 \text{ kg} - \text{m}}$$

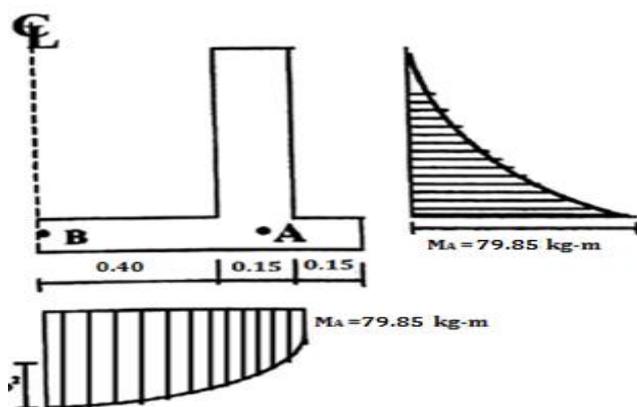


Figura 17. Diagrama de momentos en la cuneta para el caso II (Fuente: Coeficiente Manning)

Presión de la Estructura sobre el terreno ( $\sigma_T$ ) con las Ec 19, 20 y 21; obtenidas del ítem 2.5.2.9.1...A1 Tenemos:

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2 * \gamma_c$$

$$P_1 = (2.90 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.20 * 2400$$

$$P_1 = 672 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c$$

$$P_2 = 0.15 * 1.90 * 2400$$

$$P_2 = 216 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x$$

$$P_3 = 1830 * 1.90 * 0.15$$

$$P_3 = 164.70 \text{ kg/m}$$

$$Q = \gamma_a * H * b$$

$$Q = 1000 * 1.90 * 2.90$$

$$Q = 480 \text{ kg/m}$$

Entonces:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2d_1 + 2x)10000}$$

$$\sigma_T = \frac{672 + 2 * 216 + 2 * 164.7 + 480}{(2.90 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15)10000}$$

$$\sigma_T = 0.137$$

Factor de Seguridad

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T}$$

$$F = \frac{2.90}{0.136} = 5.84 > 2 \quad \text{OK}$$

Cálculo del Refuerzo en las Paredes

Según las figuras N° 10 y N° 11 de diagrama de momentos en el punto "A", para los casos I y II, que produce en las paredes, razón por la cual se calculará el refuerzo en la cara exterior con el momento mayor de uno los dos casos y para en refuerzo en la cara interior se determinará el área de refuerzo mínimo ( $A_{smin}$ ) por no presentar esfuerzos debido a momento flector en esta cara.

Momento en la Cara Exterior:

$$\mathbf{M_A = 162.21 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{M_A = 79.85 \text{ kg} - \text{m}}$$

Haciendo uso de las Ecuaciones 41 y 42

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Luego el momento último es:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(162.21)$$

$$\mathbf{M_u = 291.98 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\phi = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 4.0 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 15 - (4 + \frac{1.27}{2})$$

$d = 10.37$  cm (asumiendo  
un refuerzo de  $\emptyset = 1/2"$  de  
1.27 cm de diámetro

$$a = 0.150 \quad A_s = 0.750 \quad a = 0.211$$

$$a = 0.200 \quad A_s = 0.752 \quad a = 0.212$$

$$\mathbf{a = 0.212 \quad A_s = 0.753 \quad a = 0.212}$$

$$\mathbf{A_s = 0.753 \text{ cm}^2}$$

Refuerzos en los Muros:

$$A_{s_{\min}} = 0.0015bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{s_{\min}} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.753 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 1.56 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.6 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .45\text{m}$**

Refuerzo de Repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ ).

Este refuerzo se colocará horizontalmente.

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.75}{2} = \mathbf{1.875 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_t^o > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 5/8'' @ .375\text{m}$**

Longitudinal:

$$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.8\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 5/8'' @ .375\text{m}$**

Cálculo del Refuerzo en la losa de cuneta.

Adoptaremos:

$$r = 4.0 \text{ cm (cara superior)}$$

$$r = 7.5 \text{ cm (cara inferior)}$$

Como se puede observar en las figuras 10 y 11 de los casos I y II, respectivamente no presenta flexión en la cara superior, por lo que se tomará el refuerzo mínimo, mientras que para la cara inferior tomaremos para el diseño el momento mayor producido en esta cara.

Adoptaremos el diámetro de la barra  $\emptyset 5/8''$  o sea 1.27cm.

Refuerzo en la cara inferior

Caso I:

$$M_A = 162.21 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 71.96 \text{ kg} - \text{m}$$

Caso II:

$$M_A = 79.85 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_B = 111.85 \text{ kg} - \text{m}$$

Tomaremos el mayor momento:

$$M_u = 1.8 M$$

$$M_u = 1.8(161.85)$$

$$\mathbf{M_u = 291.98 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\emptyset = 0.90$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 7.5 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 20 - \left(7.5 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 11.9 \text{ cm (asumiendoun refuerzo de } \emptyset = 3/8" \text{ de 1.27 cm de diámetro)}$$

$$a = 0.185 \quad A_s = 0.654 \quad a = 0.185$$

$$\mathbf{A_s = 0.654 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{s_{\min}} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.654 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.02 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.9\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  5/8"@. 35m**

Refuerzo en la cara superior (Asmin)

R = 4.0 cm (recubrimiento)

$$d = 20 - \left(4.0 + \frac{1.27}{2}\right)$$

d = 15.4 cm (asumiendo

un refuerzo de  $\emptyset = 1/2"$  de

1.27 cm de diámetro

$$A_{S_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{S_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{S_{\min}} = 2.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\min}} > A_s = 0.654\text{cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.62 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.62} = 49.2\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.62} = 27.1\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  5/8"@. 27.5m**

Refuerzo de repartición por contracción y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior.

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_t$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60\text{cm}^2$$

$$A_{S_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.60 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^{\circ}} = \frac{3.60}{2} = 1.80 \text{ cm}^2$$

Transversal:

$$A_{t^{\circ}} < A_s = 2.62 \text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset$  5/8" @ . 40m**

Nota:

El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en la losa inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Resumen del cálculo:

Paredes:

Cara exterior,

Vertical:

**Usar  $\emptyset$  5/8" @ . 375m**

Paralelo al eje:

**Usar  $\emptyset$  5/8" @ . 375m**

Piso:

Cara superior,

Perpendicular al eje:

Usar  $\emptyset 5/8" @ .275m$

Paralelo al eje:

Usar  $\emptyset 5/8" @ .40m$

**Tabla 31**

*Especificaciones Técnicas*

Especificaciones Técnicas

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

- Recubrimientos

Paredes  $r = 4.0 \text{ cm}$

Losa: Cara inferior  $r = 7.5 \text{ cm}$

Cara superior  $r = 4.0 \text{ cm}$

- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )

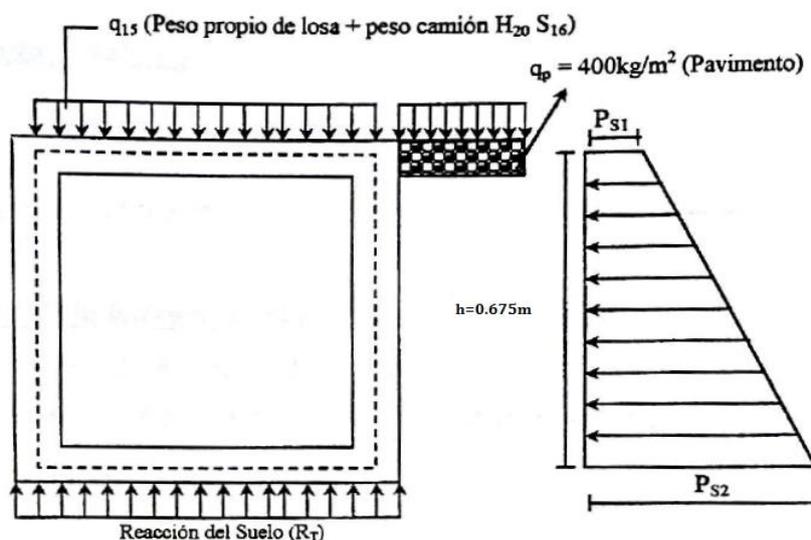
$$\text{Suelo Seco } \sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Coeficiente Maning

3.2.6.3.3.2. Diseño estructural de alcantarillas

Se considerará como estructura vacía, los espesores a considerar son los mismos que para las cunetas. Teniendo en cuenta las siguientes condiciones de carga:

Diseño estructural de alcantarillas (0.90x1.30)



**Figura 139.** Sistemas de cargas en las alcantarillas (Fuente: Coeficiente Maning)

Carga sobre la losa superior.

Peso propio ( $q_1$ )

$$q_1 = d_1 * b * \gamma_c$$

$$q_1 = 0.15 * 0.70 * 2400$$

$$\mathbf{q_1 = 252 \text{ kg/m}^2}$$

Carga Viva ( $q_v$ )

Se considerará como máximo, la carga correspondiente a un camión H20 S16, donde la carga transmitida por cada rueda posterior es de  $PL = 8000 \text{ kg}$ , Luego:

$$q_v = \frac{P_L}{(b + d_1) * 1.00}$$

$$q_v = \frac{8000}{(0.60 + 0.15) * 1.00}$$

$$\mathbf{q_v = 9411.76 \text{ kg/m}^2}$$

Carga Total ( $q_{LS}$ )

$$q_{LS} = q_1 + q_v$$

$$q_{LS} = 252 + 9411.76$$

$$\mathbf{q_{LS} = 9663.76 \text{ kg/m}^2}$$

Peso de la Estructura (PE):

$$P_E = \gamma_c(2d_1H + d_2b + db) + P_L$$

$$P_E = 2400(2 * 0.15 * 0.60 + 0.20 * 0.90 + 0.15 * 0.90) + 8000$$

$$\mathbf{P_E = 8948 \text{ kg}}$$

Reacción del Terreno (RT)

$$R_T = \frac{P_E}{(2d_1 + b) * 1.00}$$

$$R_T = \frac{8948}{(2 * 0.15 + 0.7) * 1.00}$$

$$\mathbf{R_T = 8948 \text{ kg/m}^2}$$

Cargas sobre las paredes laterales:

Según la figura anterior (Figura N° 13), se muestran las cargas actuantes en las paredes. Hacemos uso de algunas ecuaciones determinadas anteriormente, como las Ecuaciones 01, 02, 03 y 04 respectivamente:

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.5088$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$h_{s/c} = 0.77 \text{ mts}$$

$$P_{s1} = K_a \gamma_s h_{s/c}$$

$$P_{s1} = 0.5088 * 1830 * 0.77$$

$$P_{s1} = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{s2} = K_a \gamma_s (H + h_{s/c})$$

$$P_{s2} = 0.5088 * 1830 * (0.675 + 0.77)$$

$$P_{s2} = 1345.45 \text{ kg/m}^2$$

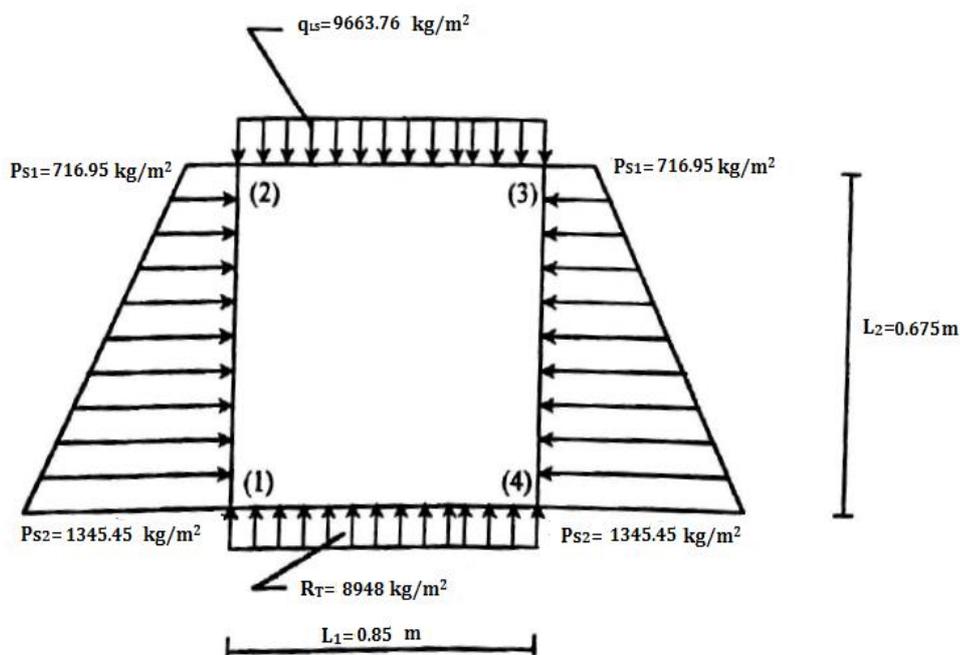


Figura 20. Diagrama de esfuerzos en el marco rígido (alcantarilla) (Fuente: Coeficiente Maning)

Momentos de Empotramientos ( $M^{ij}$ )

Los valores de "w" y "L" son tomados de la figura anterior.

Losa Superior (M°23)

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \frac{q_{LS} * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \frac{9663.76 * 0.85^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \mathbf{581.84 \text{ kg} - \text{m}}$$

Losa Inferior (M°14)

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{R_T * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{8948 * 0.85^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = \mathbf{-538.74 \text{ kg} - \text{m}}$$

Paredes Laterales (M°12)

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -\frac{(3P_{S1} + 2P_{S2})L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -(3 * 716.95 + 2 * 1345.45)0.675^2/60$$

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = \mathbf{-36.76 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = \frac{(2P_{S1} + 3P_{S2})L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = (2 * 716.95 + 3 * 1345.45)0.675^2/60$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = \mathbf{41.54 \text{ kg} - \text{m}}$$

Aplicación del Método de Hardy Cross al Marco Rígido:

Inercias (I<sub>ij</sub>):

$$I_{12} = I_{34} = \frac{H * d_1^3}{12}$$

$$I_{12} = I_{34} = \frac{0.50 * 0.15^3}{12}$$

$$I_{12} = I_{34} = \mathbf{1.406 * 10^{-4} m^4}$$

$$I_{23} = \frac{b * d_1^3}{12}$$

$$I_{23} = \frac{0.70 * 0.15^3}{12}$$

$$I_{23} = 1.969 * 10^{-4} \text{m}^4$$

$$I_{14} = \frac{b * d_2^3}{12}$$

$$I_{14} = \frac{0.70 * 0.20^3}{12}$$

$$I_{14} = 4.667 * 10^{-4} \text{m}^4$$

Rigideces (Kij):

$$K_{12} = K_{34} = \frac{I_{12}}{L_2}$$

$$K_{12} = K_{34} = \frac{1.406 * 10^{-4}}{0.675}$$

$$K_{12} = K_{34} = 2.083 * 10^{-4}$$

$$K_{23} = \frac{I_{23}}{L_1}$$

$$K_{23} = \frac{1.969 * 10^{-4}}{0.85}$$

$$K_{23} = 2.316 * 10^{-4}$$

$$K_{14} = \frac{I_{14}}{L_1}$$

$$K_{14} = \frac{4.667 * 10^{-4}}{0.85}$$

$$K_{14} = 5.491 * 10^{-4}$$

Factores de Distribución (Lij):

**Tabla 112**

*Nudo 1 de factores de distribución*

Nudo 1	K <sub>ij</sub>	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
1 – 2	$2.083 * 10^{-4}$	0.275
1 – 4	$5.491 * 10^{-4}$	0.725
$\sum$	$7.574 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Coeficiente Maning

**Tabla 123***Nudo 2 de factores de distribución*

Nudo 2	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
2 – 1	$2.083 * 10^{-4}$	0.474
2 – 3	$2.316 * 10^{-4}$	0.526
$\Sigma$	$4.399 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Coeficiente Maning

**Tabla 134***Nudo 3 de factores de distribución*

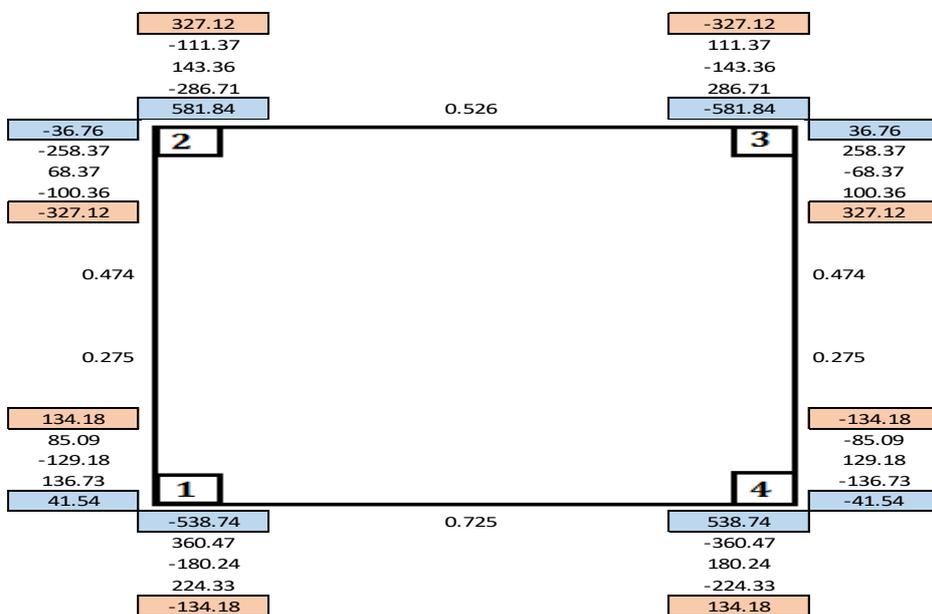
Nudo 3	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
3 – 2	$2.316 * 10^{-4}$	0.526
3 – 4	$2.083 * 10^{-4}$	0.474
$\Sigma$	$4.399 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Coeficiente Maning

**Tabla 35***Nudo 4 de factores de distribución*

Nudo 4	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
4 – 1	$5.491 * 10^{-4}$	0.725
4 – 3	$2.083 * 10^{-4}$	0.275
$\Sigma$	$7.574 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Coeficiente Maning

**Figura 21.** Análisis estructural del marco rígido por el método de hardy cross.

$$MF_{1-2} = 134.18 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{1-4} = -134.18 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{2-1} = -327.12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{2-3} = 327.12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{3-2} = -327.12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{3-4} = 327.12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{4-3} = -134.18 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{4-1} = 134.18 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo del Esfuerzo Cortante ( $V_{ij}$ )

Para obtener estos valores se aplica la siguiente fórmula

$$V_{ij} = V_{ix} \pm (M_i - M_j)/L$$

Donde:

$V_{ix}$  = El esfuerzo cortante de la viga considerada isostáticamente del extremo "i".

$M_i M_j$  = Son los momentos en los extremos "i" y "j".

$L$  = Claro de la viga.

$$V_{23} = (q_{LS} * L_1)/2 + (M_2 - M_3)/L_1$$

$$V_{23} = (9663.76 * 0.85)/2 + (327.12 - 327.12)/0.85$$

$$V_{23} = 4107.10 \text{ kg}$$

$$V_{32} = (9663.76 * 0.85)/2 + (327.12 - 327.12)/0.85$$

$$V_{32} = 4107.10 \text{ kg}$$

$$V_{12} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/6 + (M_2 - M_1)/L_2$$

$$V_{21} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/3 + (M_1 - M_2)/L_2$$

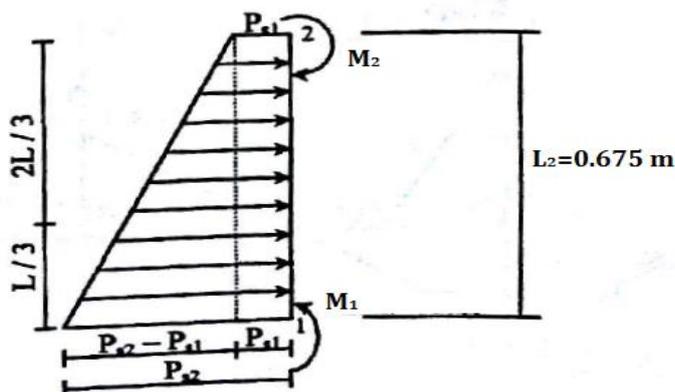


Figura 22. Esfuerzos en el tramo 1 – 2 marco rígido.

$$V_{12} = (716.95 * 0.675)/2 + [(1345.45 - 716.95) * 0.675]/6 + (327.12 - 134.18)/0.675$$

$$V_{12} = 598.52 \text{ kg}$$

$$V_{21} = (716.95 * 0.675)/2 + [(1345.45 - 716.95) * 0.675]/3 + (134.18 - 327.12)/0.675$$

$$V_{21} = 97.54 \text{ kg}$$

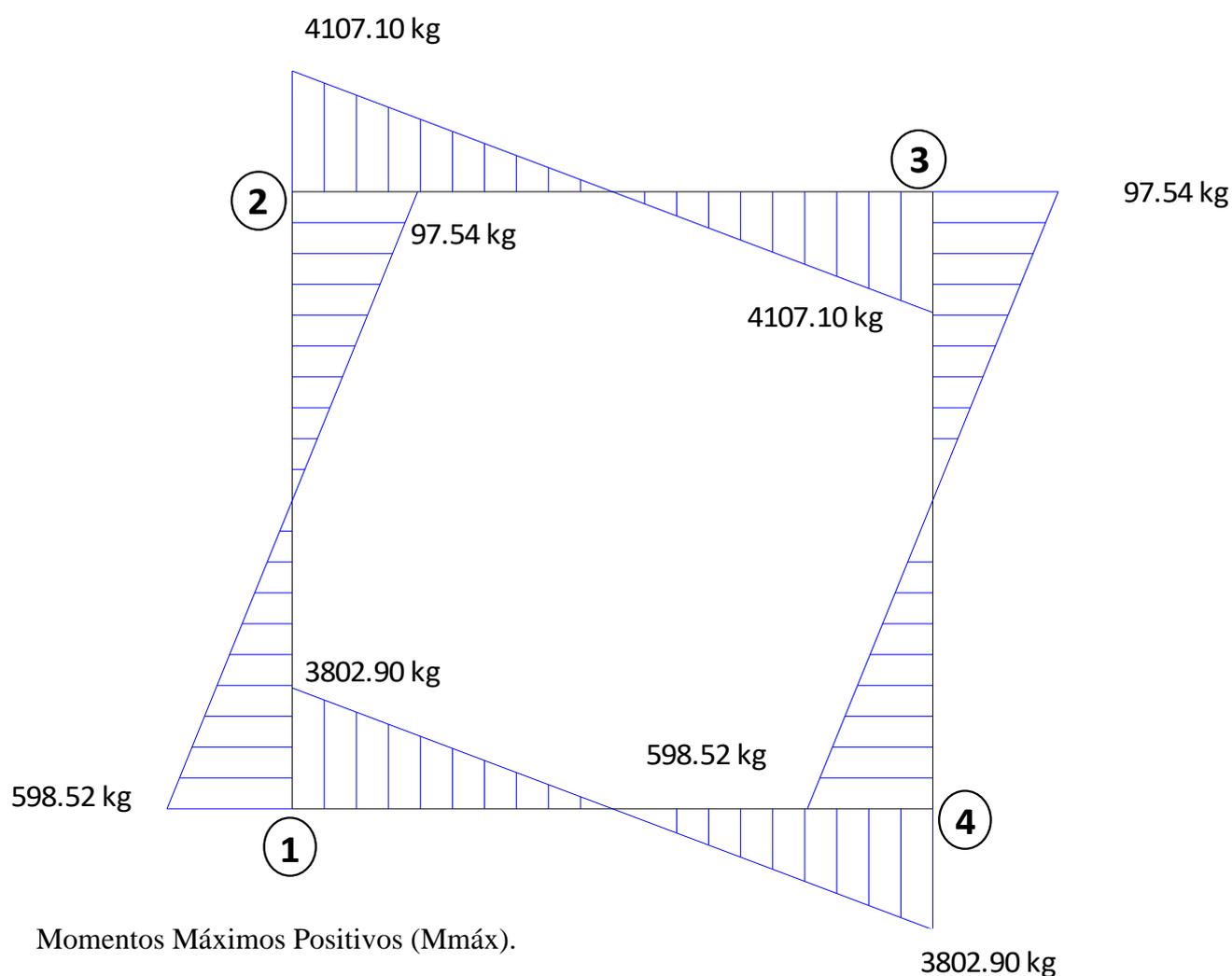
$$V_{14} = -(R_T * L_1)/2 + (M_1 + M_4) / L_1$$

$$V_{14} = -(8948 * 0.85)/2 + (134.18 - 134.18)/0.85$$

$$V_{14} = -3802.90 \text{ kg}$$

$$V_{41} = -(8948 * 0.85)/2 + (134.18 - 134.18)/0.85$$

$$V_{41} = -3802.90 \text{ kg}$$



*Figura 23.* Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido.

Losa Superior e Inferior:

Según el siguiente gráfico, tenemos:

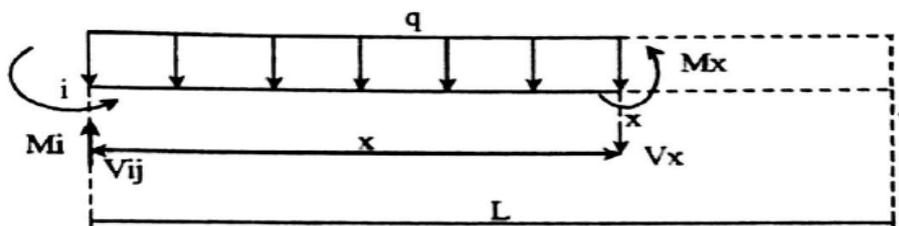


Figura 24. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia "X"

Tenemos:

$$\sum M_x = 0$$

$$M_x + \frac{qx^2}{2} + M_i - V_{ij}x = 0$$

$$M_x = V_{ij}x - \frac{qx^2}{2} - M_i \dots (37)$$

$$\sum V_x = 0$$

$$-V_x + V_{ij} - qx = 0$$

$$V_x = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (38)$$

Para que el Momento sea máximo el cortante debe ser cero; por consiguiente:

$$0 = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (39)$$

$$x = \frac{V_{ij}}{q} \text{ (ubicación del momento máximo respecto al extremo "i")}$$

Sustituyendo la expresión de "x" en la Ecuación (37)

$$M_{\text{máx}} = V_{ij} \left( \frac{V_{ij}}{q} \right) - \frac{qV_{ij}^2}{2q^2} - M_i$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{ij}^2}{2q} - M_i \dots \dots \dots (40)$$

Losa Superior

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{23}^2}{2q_{LS}} - M_2$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{4107.10^2}{2(9663.7)} - 327.12$$

$$M_{\text{máx}} = 545.64 \text{ kg} - \text{m}$$

Losa Inferior

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{41}^2}{2R_T} - M_4$$

$$M_{\text{máx}} = -\frac{3802.90^2}{2(8948)} + 134.1$$

$$M_{\text{máx}} = -674.00 \text{ kg} - \text{m}$$

En las paredes:

Según la figura siguiente:

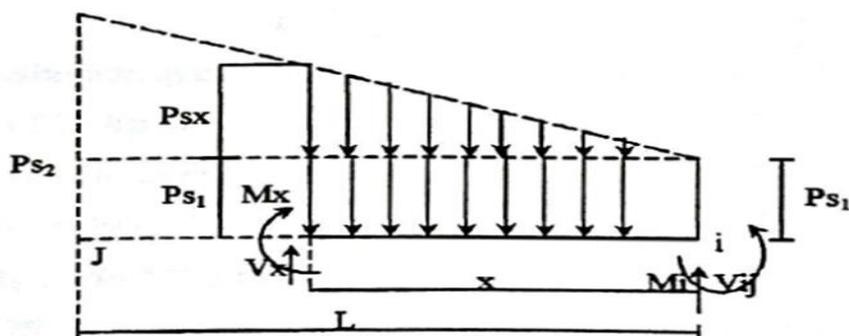


Figura 25. Esfuerzos en las paredes del marco rígido a una distancia "X".

Tenemos:

$$M_x = V_{ij}x - \frac{Ps_1x^2}{2} - \frac{Ps_x x * x}{2 * 3} - M_i \dots \dots (41)$$

De la figura anterior, por semejanza de triángulos; tenemos:

$$Ps_x = \frac{(Ps_2 - Ps_1)x}{L}$$

Sustituyendo en la ecuación (41) obtenemos la ecuación para una distancia "x"

$$M_x = V_{ij}x - \frac{Ps_1x^2}{2} - (Ps_2 - Ps_1)x^3/6L - M_i \dots \dots (42)$$

Según Villaseñor Contreras, Jesús, El momento máximo se obtiene cuando el cortante es cero. Para esto derivamos el momento máximo con respecto a "x", la expresión anterior e igualamos a cero para determinar la ubicación del momento máximo; según lo siguiente:

$$\frac{dM_x}{dx} = \frac{d}{dx} \left[ V_{ij}x - \frac{P_{S1}x^2}{2} - (P_{S2} - P_{S1})x^3/6L - M_i \right] = 0$$

$$\frac{(P_{S1} - P_{S2})x^2}{2L} - P_{S1}x + V_{ij} = 0 \dots \dots (43)$$

Aplicando la ecuación general para ecuaciones de segundo grado, tenemos:

$$X = \frac{P_{S1} \pm \sqrt{P_{S1}^2 - \frac{2(P_{S1} - P_{S2})V_{ij}}{L}}}{\frac{(P_{S1} - P_{S2})}{L}} \dots (44)$$

Luego sabemos que=

$$P_{S1} = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{S2} = 1345.45 \text{ kg/m}^2$$

$$V_{ij} = V_{21} = 97.54 \text{ kg}$$

$$M_i = M_2 = 327.12 \text{ kg-m}$$

$$L = 0.675 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación (44)

$$X = \frac{716.95 \pm \sqrt{716.95^2 - \frac{2(716.95 - 1345.18)97.54}{0.675}}}{\frac{(716.95 - 1345.18)}{0.675}}$$

$$X = 0.126 \text{ m}$$

$$M_{\max} = -320.83 \text{ kg-m}$$

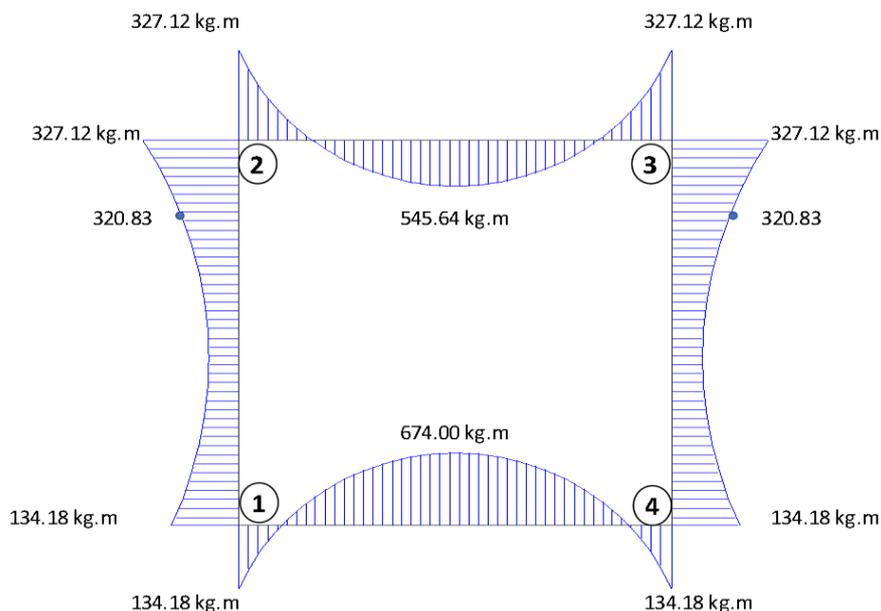


Figura 146. Diagrama de momentos del marco rígido.

### Cálculo del Refuerzo del Marco Rígido

Se calculará según las ecuaciones 23 y 36, mencionados en el ítem 2.5.9.1 -A3. el refuerzo será  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y los recubrimientos de  $r = 4 \text{ cm}$  a excepción de la losa inferior de  $r = 7.5 \text{ cm}$  ( que está en contacto con el suelo).

Refuerzo en la Losa Superior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2''$  (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V_{23}$$

$$V_u = 1.8(4107.10)$$

$$\mathbf{V_u = 7392.78 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{7392.78}{100 * 10.37}$$

$$\mathbf{T_u = 7.13 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'_c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$\mathbf{T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$T_u < T_c$$

$$7.13 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

**No cumple;**

Entonces hacemos:

$$T_u = T_c$$

Tenemos:

$$\frac{V_u}{bd} = 6.16$$

$$\frac{7392.78}{100d} = 6.16$$

$$d = 12 \text{ cm}$$

Luego el nuevo espesor será:

$$e = d + r + \frac{1.27}{2}$$

$$e = 12 + 4 + \frac{1.27}{2}$$

$$e = 16.64 <> 20 \text{ cm}$$

$$e = 20.0 \text{ cm}$$

Entonces el nuevo espesor de la losa superior será:

$$e = 20.0 \text{ cm}$$

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(327.12)$$

$$M_u = 588.82 \text{ kg} - \text{m}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

Para  $a = 0.240 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{588.82 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.240}{2}\right)}$$

$$A_s = 1.022 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 1.022 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 2.61 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.61} = 49.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.61} = 27.2 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \emptyset 3/8" @ .275 \text{ m}$$

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(545.64)$$

$$M_u = 982.15 \text{ kg} - \text{m}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

Para  $a = 0.403 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{982.15 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.403}{2}\right)}$$

$$A_s = 1.713 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{s_{\min}} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 1.713 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 2.61 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.61} = 49.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.61} = 27.2 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \phi 3/8" @ .275 \text{ m}$$

Refuerzo en la Losa Inferior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

$$V_u = 1.8V_{14}$$

$$V_u = 1.8(3802.90)$$

$$V_u = 6845.22 \text{ kg}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{6845.22}{100 * 15.37}$$

$$T_u = 4.45 \text{ kg/cm}^2$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$T_u < T_c$$

$$4.45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

**Si cumple;**

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(134.18)$$

$$M_u = \mathbf{241.52 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(7.5 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = \mathbf{11.87 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.127 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{241.52 * 100}{0.90 * 4200 \left(11.87 - \frac{0.127}{2}\right)}$$

$$A_s = \mathbf{0.541 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{smin} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 0.541 \text{ cm}^2$$

→ **Usar:  $A_s = 2.02 \text{ cm}^2$**

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.4\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"$ @.35 m**

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(674.00)$$

$$\mathbf{M_u = 1213.20 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.499 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\emptyset F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{1213.20 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.499}{2}\right)}$$

$$\mathbf{A_s = 2.123 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 2.123 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 2.61 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.61} = 49.4\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.61} = 27.2\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"@.275\text{ m}$**

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura en las losa Superior e Inferior ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior, según la Ecuación 26

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.60\text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.60}{2} = \mathbf{1.80\text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} < A_s = 2.61\text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80\text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8"@.40\text{m}$**

Nota:

El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en la losa superior e inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Refuerzo en la Paredes

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V$$

$$V_u = 1.8(598.52)$$

$$\mathbf{V_u = 1077.34 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{1077.34}{100 * 10.37}$$

$$\mathbf{T_u = 1.04 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$\mathbf{T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$\mathbf{T_u < T_c}$$

$$1.04 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

***Si cumple;***

Refuerzo en el Centro de las Paredes

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(320.83)$$

$$\mathbf{M_u = 577.49 \text{ kg - m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.353$  cm

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{577.49 * 100}{0.90 * 4200 (10.37 - \frac{0.353}{2})}$$

$$A_s = 1.499 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0015bd$$

$$A_{smin} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 1.499 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.7 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \phi 3/8" @ .45 \text{ m}$$

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Según la Ecuación 25

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.75}{2} = 1.875 \text{ cm}^2$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

Usar:  $A_s = 1.875 \text{ cm}^2$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .375 \text{ m}$**

Longitudinal:

$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$

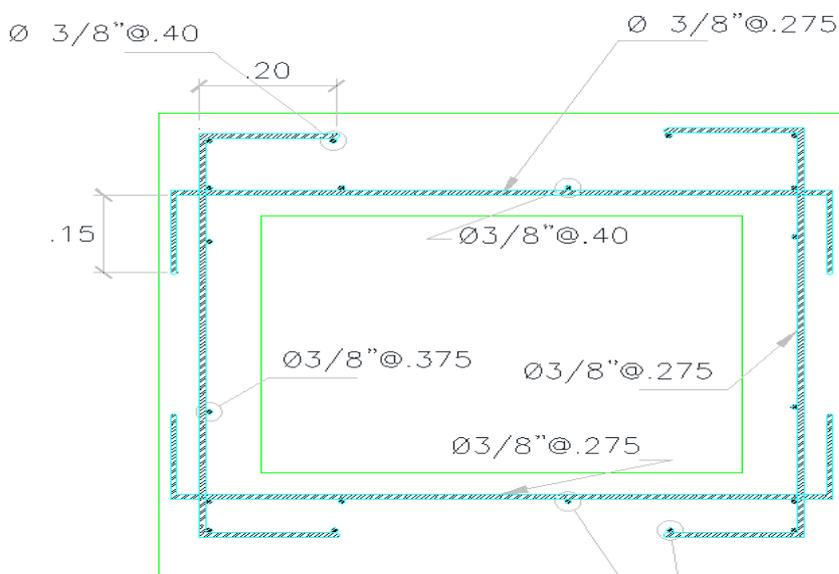
Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .375 \text{ m}$**



**Figura 157.** Disposición del acero en la alcantarilla

**Tabla 36**

### Especificaciones técnicas para alcantarilla

Especificaciones Técnicas	
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
- Recubrimientos	
Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco $\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$	

### Diseño estructural de alcantarillas (1.70x1.10)

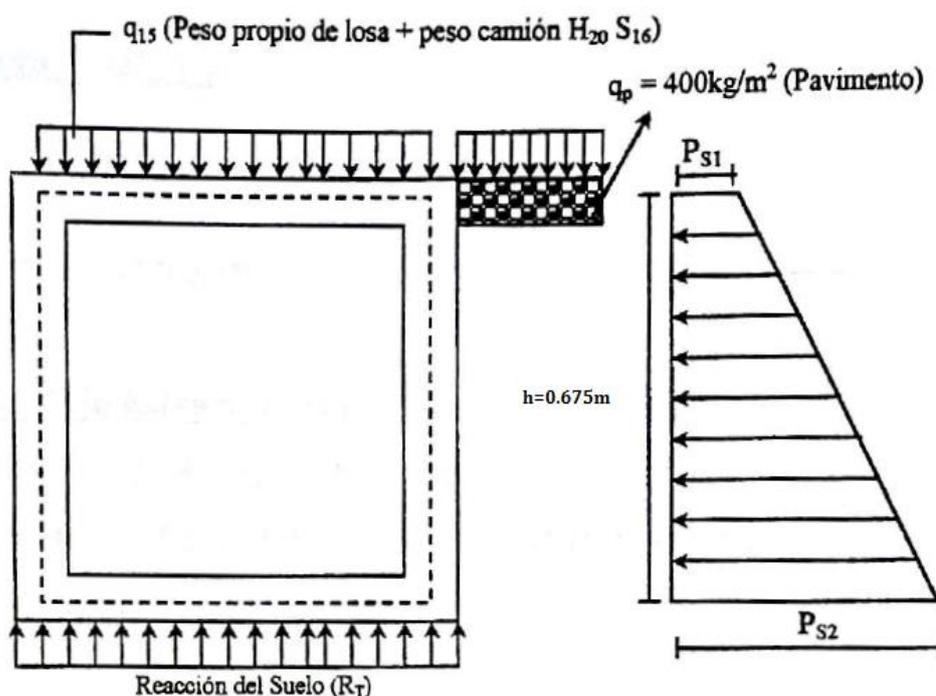


Figura 28. Sistemas de cargas en las alcantarillas (Fuente: Coeficiente Maning)

Carga sobre la losa superior.

Peso propio ( $q_1$ )

$$q_1 = d_2 * b * \gamma_c$$

$$q_1 = 0.20 * 1.00 * 2400$$

$$q_1 = 480 \text{ kg/m}^2$$

Carga Viva ( $q_v$ )

Se considerará como máximo, la carga correspondiente a un camión H20 S16, donde la carga transmitida por cada rueda posterior es de  $P_L = 8000$  kg, Luego:

$$q_v = \frac{P_L}{(b + d_2) * 1.00}$$

$$q_v = \frac{8000}{(1.00 + 0.20) * 1.00}$$

$$q_v = \mathbf{6666.67 \text{ kg/m}^2}$$

Carga Total ( $q_{LS}$ )

$$q_{LS} = q_1 + q_v$$

$$q_{LS} = 480 + 6666.67$$

$$q_{LS} = \mathbf{7146.67 \text{ kg/m}^2}$$

Peso de la Estructura (PE):

$$P_E = \gamma_c(2d_1H + 2d_2b) + P_L$$

$$P_E = 2400(2 * 0.15 * 0.70 + 2 * 0.20 * 1.00) + 8000$$

$$P_E = \mathbf{9464 \text{ kg}}$$

Reacción del Terreno (RT)

$$R_T = \frac{P_E}{(2d_1 + b) * 1.00}$$

$$R_T = \frac{9464}{(2 * 0.15 + 1.0) * 1.00}$$

$$R_T = \mathbf{7280 \text{ kg/m}^2}$$

Cargas sobre las paredes laterales:

Según la figura anterior (Figura N° 22), se muestran las cargas actuantes en las paredes.

Hacemos uso de algunas ecuaciones determinadas anteriormente, como las Ecuaciones 01,

02, 03 y 04 respectivamente:

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = \mathbf{0.5088}$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$h_{s/c} = 0.77 \text{ mts}$$

$$Ps_1 = K\alpha\gamma_s h_{s/c}$$

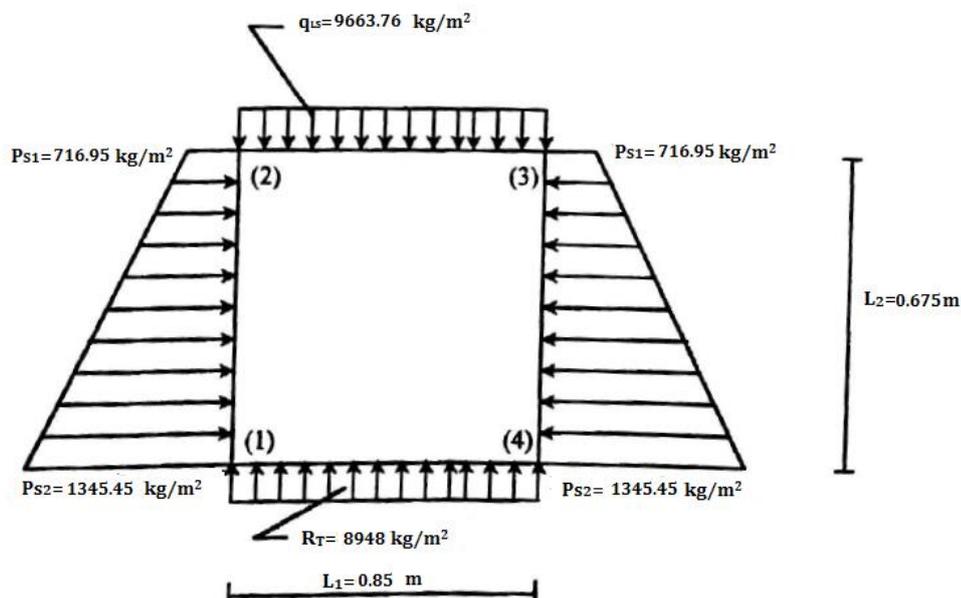
$$Ps_1 = 0.5088 * 1830 * 0.77$$

$$Ps_1 = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps_2 = K\alpha\gamma_s (h + h_{s/c})$$

$$Ps_2 = 0.5088 * 1830 * (0.90 + 0.77)$$

$$Ps_2 = 1554.94 \text{ kg/m}^2$$



**Figura 29.** Diagrama de esfuerzos en el marco rígido (alcantarilla) (Fuente: Coeficiente Manning)

Momentos de Empotramientos ( $M^{ij}$ )

Los valores de "w" y "L" son tomados de la figura anterior.

Losa Superior ( $M^{23}$ )

$$M_{23}^{\circ} = -M_{32}^{\circ} = \frac{q_{LS} * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \frac{7146.67 * 1.15^2}{12}$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = 787.62 \text{ kg} - \text{m}}$$

Losa Inferior (M°14)

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{R_T * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{7280 * 1.15^2}{12}$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -802.32 \text{ kg} - \text{m}}$$

Paredes Laterales (M°12)

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -\frac{(3Ps_1 + 2Ps_2)L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -(3 * 716.95 + 2 * 1554.94)0.90^2/60$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -71.02 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = \frac{(2Ps_1 + 3Ps_2)L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = (2 * 716.95 + 3 * 1554.94)0.90^2/60$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = 82.33 \text{ kg} - \text{m}}$$

Aplicación del Método de Hardy Cross al Marco Rígido:

Inercias (I<sub>ij</sub>):

$$I_{12} = I_{34} = \frac{H * d_1^3}{12}$$

$$I_{12} = I_{34} = \frac{0.70 * 0.15^3}{12}$$

$$\mathbf{I_{12} = I_{34} = 1.969 * 10^{-4} \text{ m}^4}$$

$$I_{14} = I_{23} = \frac{b * d_2^3}{12}$$

$$I_{14} = I_{23} = \frac{1.00 * 0.20^3}{12}$$

$$\mathbf{I_{14} = I_{23} = 6.667 * 10^{-4} \text{ m}^4}$$

Rigideces ( $K_{ij}$ ):

$$K_{12} = K_{34} = \frac{I_{12}}{L_2}$$

$$K_{12} = K_{34} = \frac{1.969 * 10^{-4}}{0.90}$$

$$\mathbf{K}_{12} = \mathbf{K}_{34} = \mathbf{2.188 * 10^{-4}}$$

$$K_{14} = K_{23} = \frac{I_{14}}{L_1}$$

$$K_{14} = K_{23} = \frac{6.667 * 10^{-4}}{1.15}$$

$$\mathbf{K}_{14} = \mathbf{K}_{23} = \mathbf{5.797 * 10^{-4}}$$

Factores de Distribución ( $L_{ij}$ ):

**Tabla 37**

*Nudo 1 de factores de distribución*

<b>Nudo 1</b>	<b><math>K_{ij}</math></b>	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
<b>1 – 2</b>	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
<b>1 – 4</b>	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
<b><math>\Sigma</math></b>	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38**

*Nudo 2 de factores de distribución*

<b>Nudo 2</b>	<b><math>K_{ij}</math></b>	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
<b>2 – 1</b>	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
<b>2 – 3</b>	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
<b><math>\Sigma</math></b>	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

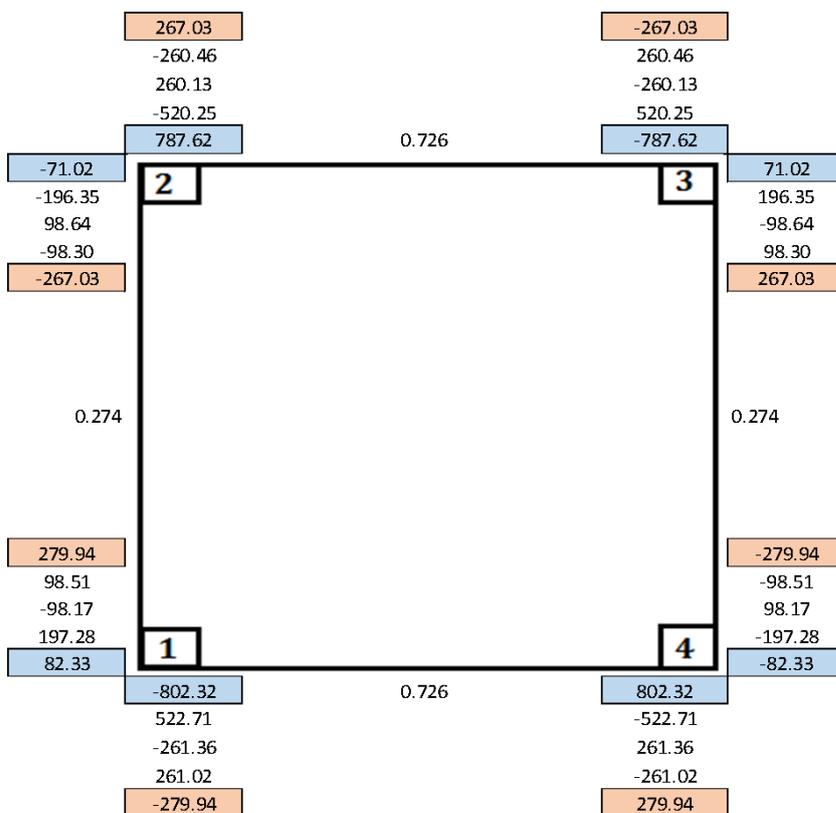
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39***Nudo 3 de factores de distribución*

Nudo 3	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
3 – 2	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
3 – 4	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
$\Sigma$	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

**Tabla 40***Nudo 4 de factores de distribución*

Nudo 4	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
4 – 1	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
4 – 3	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
$\Sigma$	$7.574 * 10^{-4}$	1.000

**Figura 30.** Análisis estructural del marco rígido por el método de hardy cross.

$$MF_{1-2} = 279.94 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MF_{1-4} = -279.94 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\mathbf{MF_{2-1} = -267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{2-3} = 267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{3-2} = -267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{3-4} = 267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{4-3} = -279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{4-1} = 279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

Cálculo del Esfuerzo Cortante ( $V_{ij}$ )

Para obtener estos valores se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{ij} = V_{ix} \pm (M_i - M_j)/L$$

Donde:

$V_{ix}$  = El esfuerzo cortante de la viga considerada isostáticamente del extremo "i".

$M_i$   $M_j$  = Son los momentos en los extremos "i" y "j".

$L$  = Claro de la viga.

$$V_{23} = (q_{LS} * L_1)/2 + (M_2 - M_3)/L_1$$

$$V_{23} = (7146.67 * 1.15)/2 + (267.03 - 267.03)/1.15$$

$$\mathbf{V_{23} = 4109.34 \text{ kg}}$$

$$V_{32} = (7146.67 * 1.15)/2 + (267.03 - 267.03)/1.15$$

$$\mathbf{V_{32} = 4109.34 \text{ kg}}$$

$$V_{12} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/6 + (M_2 - M_1)/L_2$$

$$V_{21} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/3 + (M_1 - M_2)/L_2$$

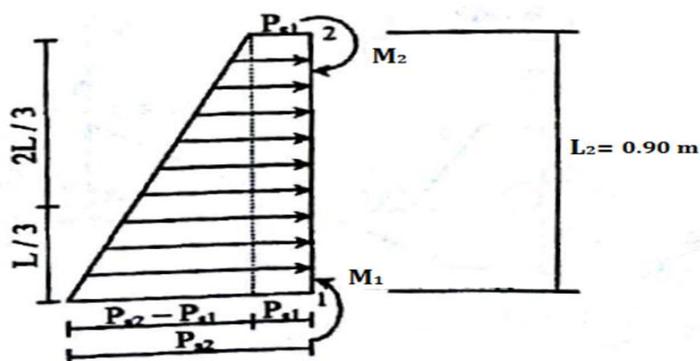


Figura 31. Esfuerzos en el tramo 1 – 2 marco rígido.

$$V_{12} = (716.95 * 0.90)/2 + [(1554.94 - 716.95) * 0.90]/6 + (267.03 - 279.94)/0.9$$

$$V_{12} = 433.99 \text{ kg}$$

$$V_{21} = (716.95 * 0.90)/2 + [(1554.94 - 716.95) * 0.90]/3 + (279.94 - 267.03)/0.9$$

$$V_{21} = 588.37 \text{ kg}$$

$$V_{14} = -(R_T * L_1)/2 + (M_1 + M_4) / L_1$$

$$V_{14} = -(7280 * 1.15)/2 + (279.94 - 279.94)/1.15$$

$$V_{14} = -4186 \text{ kg}$$

$$V_{41} = -(7280 * 1.15)/2 + (279.94 - 279.94)/1.15$$

$$V_{41} = -4186 \text{ kg}$$

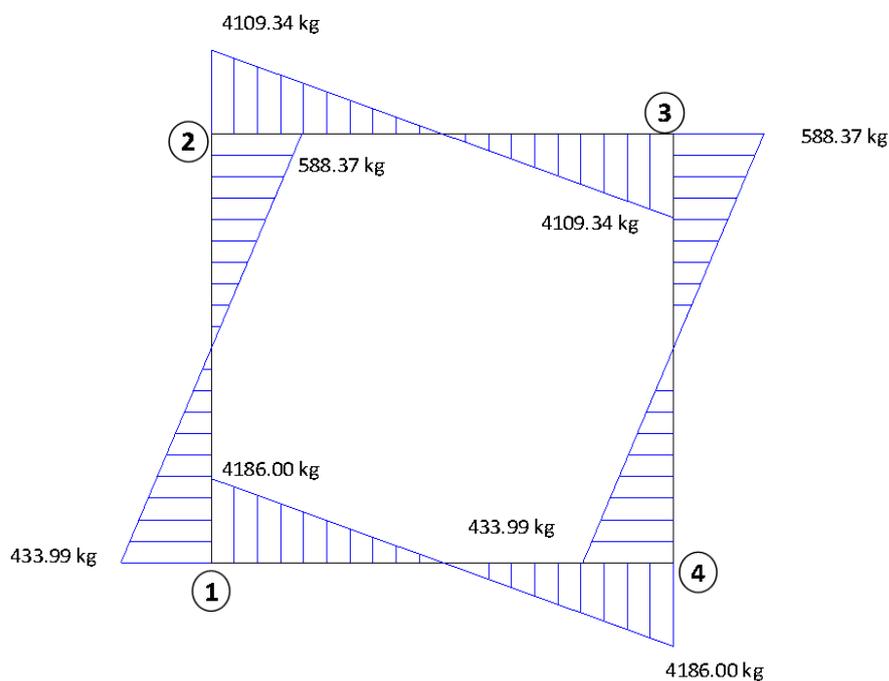


Figura 32. Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido.

Momentos Máximos Positivos ( $M_{\text{máx}}$ ).

Losa Superior e Inferior:

Según el siguiente gráfico, tenemos:

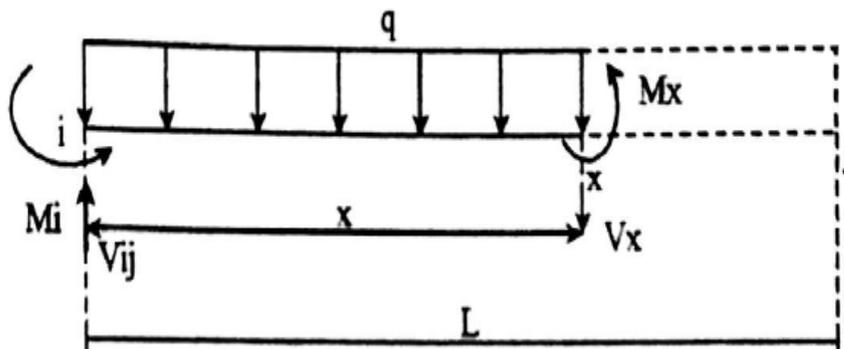


Figura 33. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia "X"

Tenemos:

$$\sum M_x = 0$$

$$M_x + \frac{qx^2}{2} + M_i - V_{ij}x = 0$$

$$M_x = V_{ij}x - \frac{qx^2}{2} - M_i \dots (37)$$

$$\sum V_x = 0$$

$$-V_x + V_{ij} - qx = 0$$

$$V_x = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (38)$$

Para que el Momento sea máximo el cortante debe ser cero; por consiguiente:

$$0 = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (39)$$

$$x = \frac{V_{ij}}{q} \text{ (ubicación del momento máximo respecto al extremo "i")}$$

Sustituyendo la expresión de "x" en la Ecuación (37)

$$M_{\text{máx}} = V_{ij} \left( \frac{V_{ij}}{q} \right) - \frac{qV_{ij}^2}{2q^2} - M_i$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{ij}^2}{2q} - M_i \dots \dots \dots (40)$$

Losa Superior

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{V_{23}^2}{2q_{LS}} - M_2$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{4109.34^2}{2(7146.7)} - 267.03$$

$$M_{m\acute{a}x} = 914.40 \text{ kg} - \text{m}$$

Losa Inferior

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{V_{41}^2}{2R_T} + M_4$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{4186^2}{2(7280)} + 279.94$$

$$M_{m\acute{a}x} = -1483.42 \text{ kg} - \text{m}$$

En las paredes:

Según la figura siguiente:

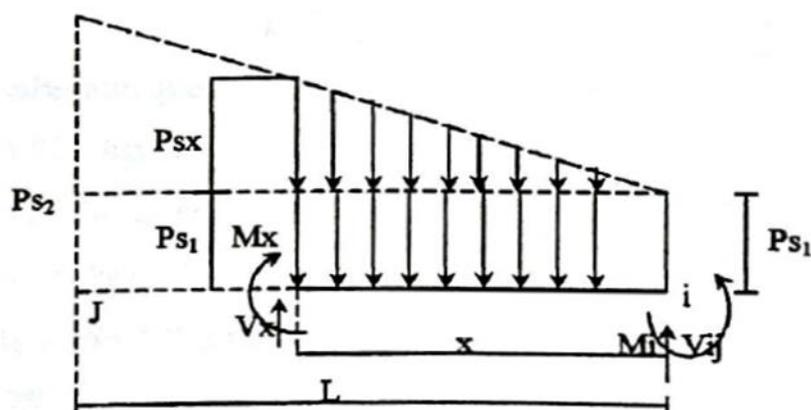


Figura 34. Esfuerzos en las paredes del marco rígido a una distancia "X".

Tenemos:

$$M_x = V_{ij}x - \frac{Ps_1x^2}{2} - \frac{Ps_x x * x}{2 * 3} - M_i \dots \dots (41)$$

De la figura anterior, por semejanza de triángulos; tenemos:

$$Ps_x = \frac{(Ps_2 - Ps_1)x}{L}$$

Sustituyendo en la ecuación (41) obtenemos la ecuación para una distancia "x"

$$M_x = V_{ij}x - \frac{Ps_1x^2}{2} - (Ps_2 - Ps_1)x^3/6L - M_i \dots \dots (42)$$

Según Villaseñor Contreras, Jesús, El momento máximo se obtiene cuando el cortante es cero. Para esto derivamos el momento máximo con respecto a "x", la expresión anterior e igualamos a cero para determinar la ubicación del momento máximo; según lo siguiente:

$$\frac{dM_x}{dx} = \frac{d}{dx} \left[ V_{ij}x - \frac{Ps_1x^2}{2} - (Ps_2 - Ps_1)x^3/6L - M_i \right] = 0$$

$$\frac{(Ps_1 - Ps_2)x^2}{2L} - Ps_1x + V_{ij} = 0 \dots \dots (43)$$

Aplicando la ecuación general para ecuaciones de segundo grado, tenemos:

$$X = \frac{Ps_1 \pm \sqrt{Ps_1^2 - \frac{2(Ps_1 - Ps_2)V_{ij}}{L}}}{\frac{(Ps_1 - Ps_2)}{L}} \dots (44)$$

Luego sabemos que=

$$Ps_1 = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps_2 = 1554.94 \text{ kg/m}^2$$

$$V_{ij} = V_{21} = 588.37 \text{ kg}$$

$$M_i = M_2 = 267.03 \text{ kg-m}$$

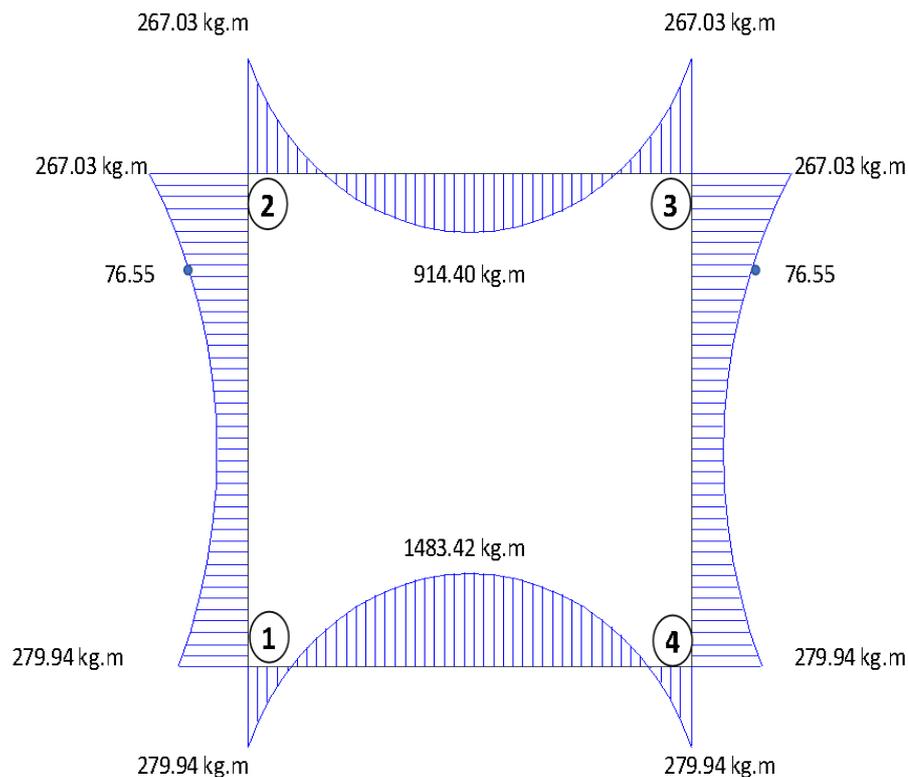
$$L = 0.90 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación (44)

$$X = \frac{716.95 \pm \sqrt{716.95^2 - \frac{2(716.95 - 1554.94)588.37}{0.90}}}{\frac{(716.95 - 1554.94)}{0.90}}$$

$$X = 0.59 \text{ m}$$

$$M_{\max} = -76.55 \text{ kg - m}$$



**Figura 35.** Diagrama de momentos del marco rígido

#### Cálculo del Refuerzo del Marco Rígido

Se calculará según las ecuaciones 23 y 36, mencionados en el ítem 2.5.9.1 -A3. el refuerzo será  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y los recubrimientos de  $r = 4 \text{ cm}$  a excepción de la losa inferior de  $r = 7.5 \text{ cm}$  ( que está en contacto con el suelo).

Refuerzo en la Losa Superior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2''$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V_{23}$$

$$V_u = 1.8(4109.34)$$

$$\mathbf{V_u = 7396.81 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{7396.81}{100 * 15.37}$$

$$T_u = \mathbf{4.81 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$T_c = \mathbf{6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$T_u < T_c$$

$$4.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

**si cumple;**

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(267.03)$$

$$M_u = \mathbf{480.65 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = \mathbf{15.37 \text{ cm}}$$

Para a = 0.196 cm

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{480.65 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.196}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.833 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{s_{\min}} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} > A_s = 0.833 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 2.61 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.61} = 49.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.61} = 27.2 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \emptyset 3/8" @ .275 \text{ m}$$

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(914.40)$$

$$M_u = 1645.92 \text{ kg} - \text{m}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

Para  $a = 0.682 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\emptyset F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{1645.92 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.682}{2}\right)}$$

$$A_s = 2.897 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_s = 2.897 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 2.897 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.897} = 44.5 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.897} = 24.5 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .25 \text{ m}$**

Refuerzo en la Losa Inferior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V_{14}$$

$$V_u = 1.8(4186)$$

$$\mathbf{V_u = 7534.80 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{7534.80}{100 * 15.37}$$

$$\mathbf{T_u = 4.90 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$T_c = \mathbf{6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$T_u < T_c$$

$$4.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

**Si cumple;**

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(279.94)$$

$$M_u = \mathbf{503.89 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - (7.5 + \frac{1.27}{2})$$

$$d = \mathbf{11.87 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.267 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{503.89 * 100}{0.90 * 4200 (11.87 - \frac{0.267}{2})}$$

$$A_s = \mathbf{1.135 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{smin} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 1.135 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 2.02 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8" @ .35 \text{ m}$**

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(1483.42)$$

$$\mathbf{M_u = 2670.16 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 1.122 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\emptyset F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{2670.16 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{1.122}{2}\right)}$$

$$\mathbf{A_s = 4.770 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_s = 4.770 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 4.770 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{4.770} = 27.0\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{4.770} = 14.9\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8'' @ .15 \text{ m}$**

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura en las losa Superior e Inferior ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior, según la Ecuación 26

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60\text{cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.60}{2} = \mathbf{1.80 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} < A_s = 2.02 \text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4\text{cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8'' @ .40 \text{ m}$**

Nota: El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en la losa superior e inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Refuerzo en la Paredes

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V$$

$$V_u = 1.8(588.37)$$

$$\mathbf{V_u = 1059.07 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{1059.07}{100 * 10.37}$$

$$\mathbf{T_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$\mathbf{T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$\mathbf{T_u < T_c}$$

$$1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

***Si cumple;***

Refuerzo en el Centro de las Paredes

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(76.55)$$

$$\mathbf{M_u = 137.79 \text{ kg - m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.083 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{137.79 * 100}{0.90 * 4200 \left(10.37 - \frac{0.083}{2}\right)}$$

$$\mathbf{A_s = 0.353 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0015bd$$

$$A_{smin} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 0.353 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 1.56 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.7 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5 \text{ cm}$$

$$\mathbf{Usar : \phi 3/8" @ .45 \text{ m}}$$

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Según la Ecuación 25

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^{\circ}} = \frac{3.75}{2} = 1.875 \text{ cm}^2$$

Transversal:

$$A_{t^{\circ}} > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8'' @ .375 \text{ m}$**

Longitudinal:

$$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

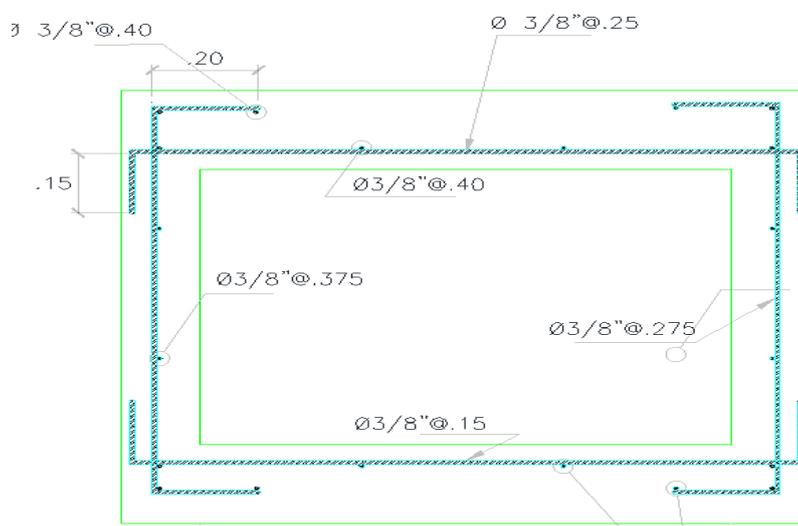
Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 3/8'' @ .375 \text{ m}$**

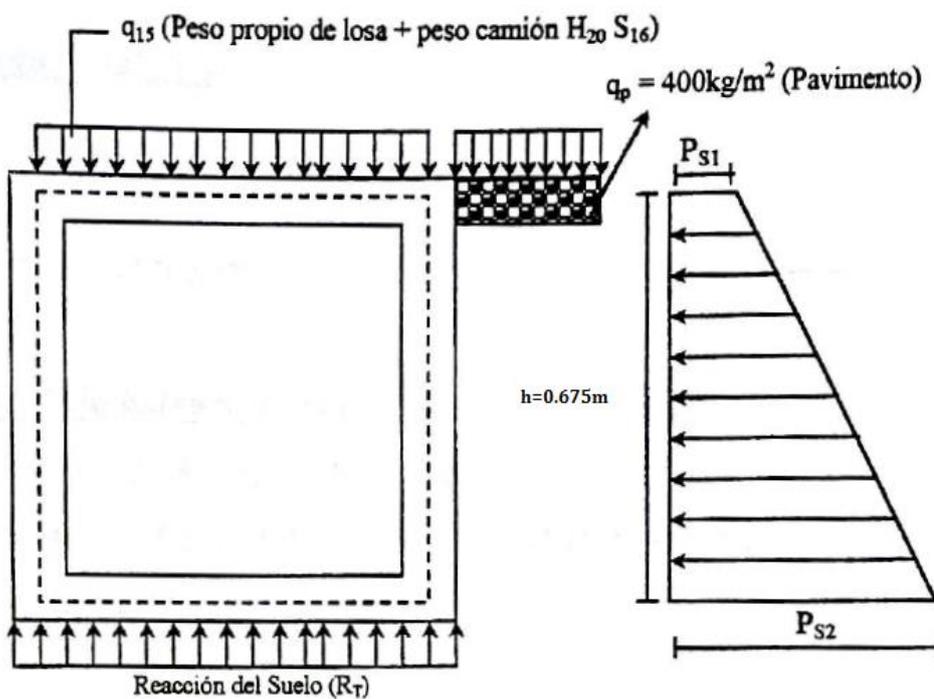


**Figura 36.** Disposición del acero en la alcantarilla

**Tabla 41***Especificaciones técnicas para alcantarilla*

Especificaciones Técnicas	
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
- Recubrimientos	
Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco $\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$	

Diseño estructural de alcantarillas (2.70 x1.80)



**Figura 28.** Sistemas de cargas en las alcantarillas (Fuente: Coeficiente Maning)

Carga sobre la losa superior.

Peso propio ( $q_1$ )

$$q_1 = d_2 * b * \gamma_c$$

$$q_1 = 0.20 * 1.00 * 2400$$

$$q_1 = 480 \text{ kg/m}^2$$

Carga Viva ( $q_v$ )

Se considerará como máximo, la carga correspondiente a un camión H20 S16, donde la carga transmitida por cada rueda posterior es de  $P_L = 8000$  kg, Luego:

$$q_v = \frac{P_L}{(b + d_2) * 1.00}$$

$$q_v = \frac{8000}{(1.00 + 0.20) * 1.00}$$

$$q_v = \mathbf{6666.67 \text{ kg/m}^2}$$

Carga Total ( $q_{LS}$ )

$$q_{LS} = q_1 + q_v$$

$$q_{LS} = 480 + 6666.67$$

$$q_{LS} = \mathbf{7146.67 \text{ kg/m}^2}$$

Peso de la Estructura (PE):

$$P_E = \gamma_c(2d_1H + 2d_2b) + P_L$$

$$P_E = 2400(2 * 0.15 * 2.70 + 2 * 0.20 * 1.00) + 8000$$

$$P_E = \mathbf{9464 \text{ kg}}$$

Reacción del Terreno (RT)

$$R_T = \frac{P_E}{(2d_1 + b) * 1.00}$$

$$R_T = \frac{9464}{(2 * 0.15 + 1.0) * 1.00}$$

$$R_T = \mathbf{7280 \text{ kg/m}^2}$$

Cargas sobre las paredes laterales:

Según la figura anterior (Figura N° 22), se muestran las cargas actuantes en las paredes.

Hacemos uso de algunas ecuaciones determinadas anteriormente, como las Ecuaciones 01, 02, 03 y 04 respectivamente:

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{19^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = \mathbf{0.5088}$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s}$$

$$h_{s/c} = \frac{(1000 + 400)}{1830}$$

$$h_{s/c} = 0.77 \text{ mts}$$

$$Ps_1 = Ka\gamma_s h_{s/c}$$

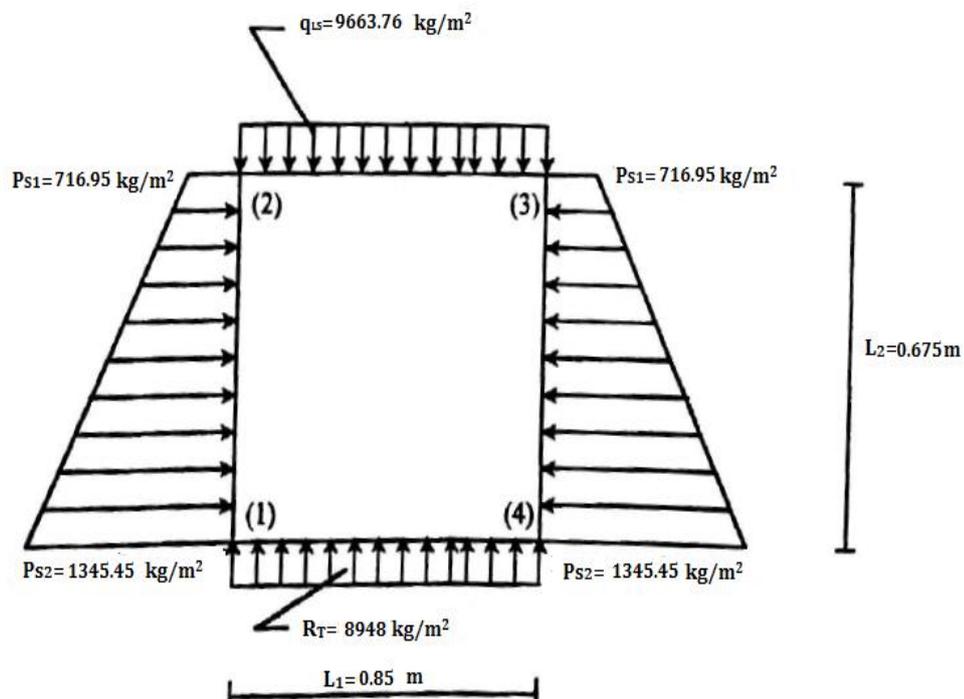
$$Ps_1 = 0.5088 * 1830 * 0.77$$

$$Ps_1 = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps_2 = Ka\gamma_s(h + h_{s/c})$$

$$Ps_2 = 0.5088 * 1830 * (0.90 + 0.77)$$

$$Ps_2 = 1554.94 \text{ kg/m}^2$$



**Figura 29.** Diagrama de esfuerzos en el marco rígido (alcantarilla) (**Fuente:** Coeficiente Maning)

Momentos de Empotramientos ( $M^{ij}$ )

Los valores de "w" y "L" son tomados de la figura anterior.

Losa Superior ( $M^{23}$ )

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \frac{q_{LS} * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = \frac{7146.67 * 1.15^2}{12}$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{23} = -M^{\circ}_{32} = 787.62 \text{ kg} - \text{m}}$$

Losa Inferior (M°14)

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{R_T * L_1^2}{12}$$

$$M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -\frac{7280 * 1.15^2}{12}$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{14} = -M^{\circ}_{41} = -802.32 \text{ kg} - \text{m}}$$

Paredes Laterales (M°12)

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -\frac{(3P_{S1} + 2P_{S2})L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -(3 * 716.95 + 2 * 1554.94)0.90^2/60$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{21} = -M^{\circ}_{34} = -71.02 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = \frac{(2P_{S1} + 3P_{S2})L_2^2}{60}$$

$$M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = (2 * 716.95 + 3 * 1554.94)0.90^2/60$$

$$\mathbf{M^{\circ}_{12} = -M^{\circ}_{43} = 82.33 \text{ kg} - \text{m}}$$

Aplicación del Método de Hardy Cross al Marco Rígido:

Inercias (I<sub>ij</sub>):

$$I_{12} = I_{34} = \frac{H * d_1^3}{12}$$

$$I_{12} = I_{34} = \frac{0.70 * 0.15^3}{12}$$

$$\mathbf{I_{12} = I_{34} = 1.969 * 10^{-4} \text{ m}^4}$$

$$I_{14} = I_{23} = \frac{b * d_2^3}{12}$$

$$I_{14} = I_{23} = \frac{1.00 * 0.20^3}{12}$$

$$I_{14} = I_{23} = 6.667 * 10^{-4} \text{m}^4$$

Rigideces ( $K_{ij}$ ):

$$K_{12} = K_{34} = \frac{I_{12}}{L_2}$$

$$K_{12} = K_{34} = \frac{1.969 * 10^{-4}}{0.90}$$

$$K_{12} = K_{34} = 2.188 * 10^{-4}$$

$$K_{14} = K_{23} = \frac{I_{14}}{L_1}$$

$$K_{14} = K_{23} = \frac{6.667 * 10^{-4}}{1.15}$$

$$K_{14} = K_{23} = 5.797 * 10^{-4}$$

Factores de Distribución ( $L_{ij}$ ):

**Tabla 37**

*Nudo 1 de factores de distribución*

<b>Nudo 1</b>	<b><math>K_{ij}</math></b>	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
<b>1 – 2</b>	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
<b>1 – 4</b>	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
<b><math>\Sigma</math></b>	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38**

*Nudo 2 de factores de distribución*

<b>Nudo 2</b>	<b><math>K_{ij}</math></b>	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
<b>2 – 1</b>	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
<b>2 – 3</b>	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
<b><math>\Sigma</math></b>	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

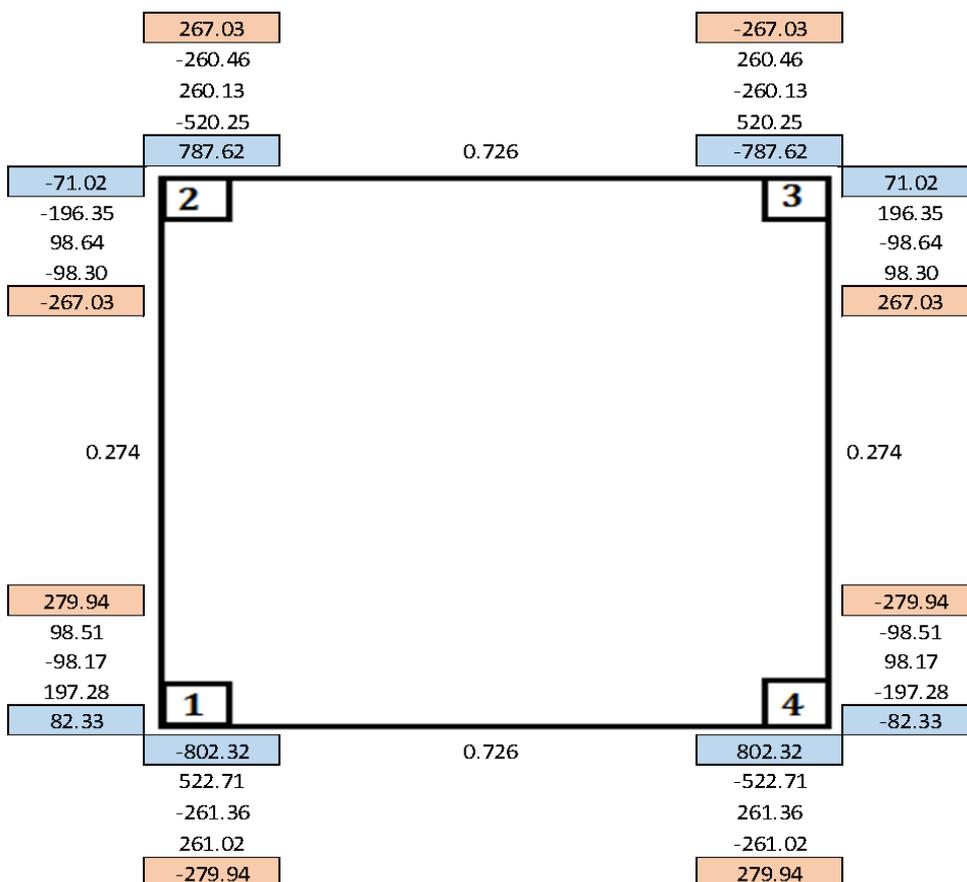
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39***Nudo 3 de factores de distribución*

Nudo 3	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
3 - 2	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
3 - 4	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
$\Sigma$	$7.985 * 10^{-4}$	1.000

**Tabla 40***Nudo 4 de factores de distribución*

Nudo 4	$K_{ij}$	$L_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum K_{ij}}$
4 - 1	$5.797 * 10^{-4}$	0.726
4 - 3	$2.188 * 10^{-4}$	0.274
$\Sigma$	$7.574 * 10^{-4}$	1.000

**Figura 30.** Análisis estructural del marco rígido por el método de hardy cross.

$$\mathbf{MF_{1-2} = 279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{1-4} = -279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{2-1} = -267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{2-3} = 267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{3-2} = -267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{3-4} = 267.03 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{4-3} = -279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\mathbf{MF_{4-1} = 279.94 \text{ kg} - \text{m}}$$

Cálculo del Esfuerzo Cortante ( $V_{ij}$ )

Para obtener estos valores se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{ij} = V_{ix} \pm (M_i - M_j)/L$$

Donde:

$V_{ix}$  = El esfuerzo cortante de la viga considerada isostáticamente del extremo "i".

$M_i M_j$  = Son los momentos en los extremos "i" y "j".

$L$  = Claro de la viga.

$$V_{23} = (q_{LS} * L_1)/2 + (M_2 - M_3)/L_1$$

$$V_{23} = (7146.67 * 1.15)/2 + (267.03 - 267.03)/1.15$$

$$\mathbf{V_{23} = 4109.34 \text{ kg}}$$

$$V_{32} = (7146.67 * 1.15)/2 + (267.03 - 267.03)/1.15$$

$$V_{32} = 4109.34 \text{ kg}$$

$$V_{12} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/6 + (M_2 - M_1)/L_2$$

$$V_{21} = (P_{S1} * L_2)/2 + [(P_{S2} - P_{S1}) * L_2]/3 + (M_1 - M_2)/L_2$$

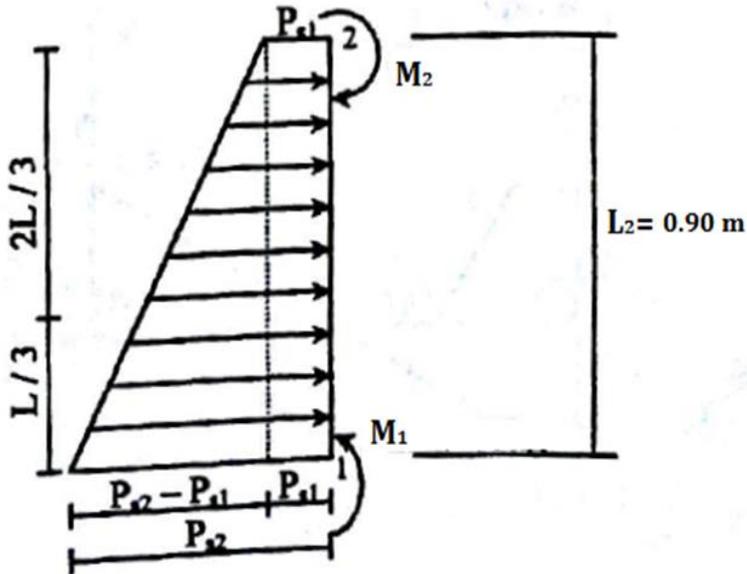


Figura 31. Esfuerzos en el tramo 1 – 2 marco rígido.

$$V_{12} = (716.95 * 0.90)/2 + [(1554.94 - 716.95) * 0.90]/6 + (267.03 - 279.94)/0.9$$

$$V_{12} = 433.99 \text{ kg}$$

$$V_{21} = (716.95 * 0.90)/2 + [(1554.94 - 716.95) * 0.90]/3 + (279.94 - 267.03)/0.9$$

$$V_{21} = 588.37 \text{ kg}$$

$$V_{14} = -(R_T * L_1)/2 + (M_1 + M_4) / L_1$$

$$V_{14} = -(7280 * 1.15)/2 + (279.94 - 279.94)/1.15$$

$$V_{14} = -4186 \text{ kg}$$

$$V_{41} = -(7280 * 1.15)/2 + (279.94 - 279.94)/1.15$$

$$V_{41} = -4186 \text{ kg}$$

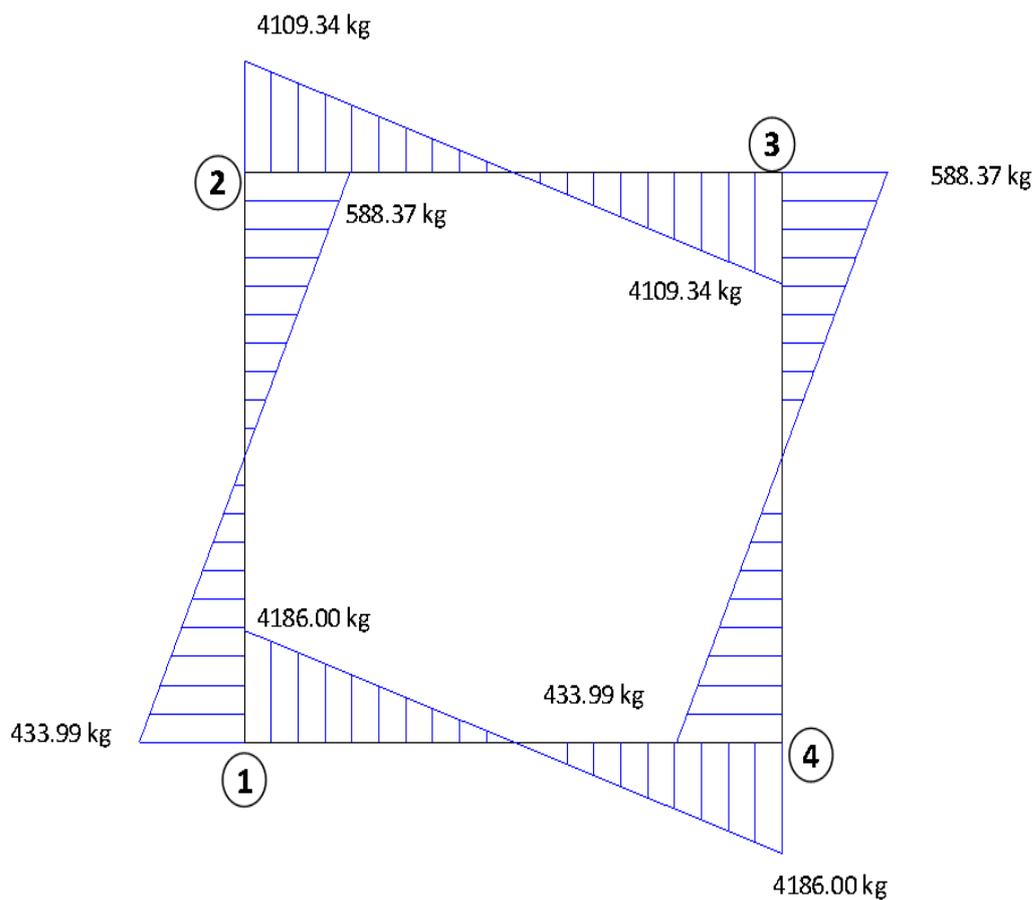


Figura 32. Diagrama de esfuerzos cortantes del marco rígido.

Momentos Máximos Positivos ( $M_{\text{máx}}$ ).

Losa Superior e Inferior:

Según el siguiente gráfico, tenemos:

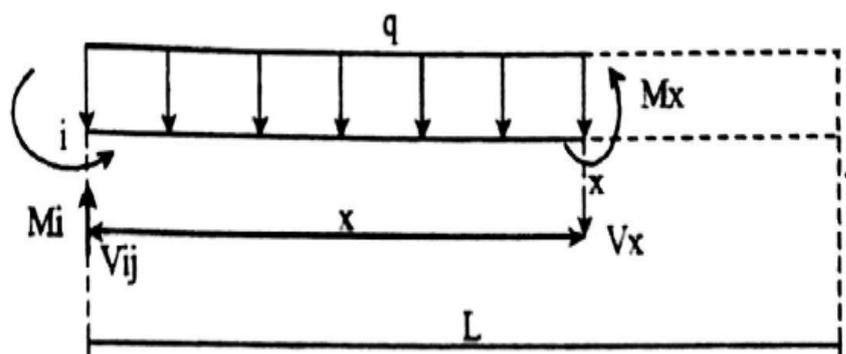


Figura 33. Esfuerzos en la losa del marco rígido a una distancia "X"

Tenemos:

$$\sum M_x = 0$$

$$M_x + \frac{qx^2}{2} + M_i - V_{ij}x = 0$$

$$M_x = V_{ij}x - \frac{qx^2}{2} - M_i \dots (37)$$

$$\Sigma V_x = 0$$

$$-V_x + V_{ij} - qx = 0$$

$$V_x = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (38)$$

Para que el Momento sea máximo el cortante debe ser cero; por consiguiente:

$$0 = V_{ij} - qx \dots \dots \dots (39)$$

$$x = \frac{V_{ij}}{q} \text{ (ubicacion del momento maximo respecto al extremo "i")}$$

Sustituyendo la expresión de "x" en la Ecuación (37)

$$M_{\text{máx}} = V_{ij} \left( \frac{V_{ij}}{q} \right) - \frac{qV_{ij}^2}{2q^2} - M_i$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{ij}^2}{2q} - M_i \dots \dots \dots (40)$$

Losa Superior

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{23}^2}{2q_{LS}} - M_2$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{4109.34^2}{2(7146.7)} - 267.03$$

$$M_{\text{máx}} = \mathbf{914.40 \text{ kg} - \text{m}}$$

Losa Inferior

$$M_{\text{máx}} = \frac{V_{41}^2}{2R_T} + M_4$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{4186^2}{2(7280)} + 279.94$$

$$M_{\text{máx}} = \mathbf{-4263.42 \text{ kg} - \text{m}}$$

En las paredes:

Según la figura siguiente:

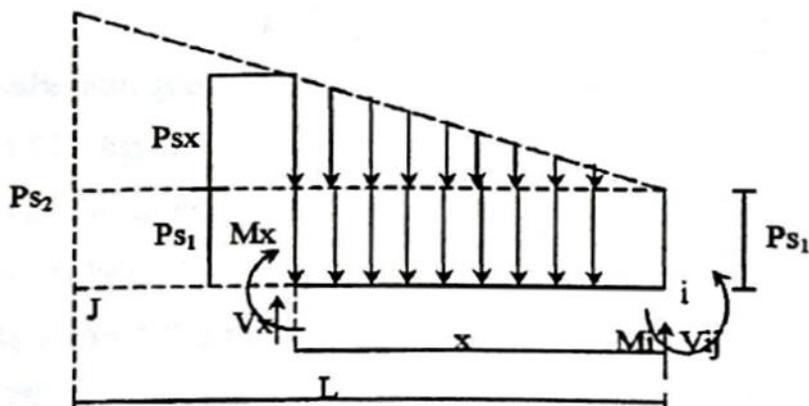


Figura 34. Esfuerzos en las paredes del marco rígido a una distancia "X".

Tenemos:

$$M_x = V_{ij}x - \frac{P_{s1}x^2}{2} - \frac{P_{sx}x * x}{2 * 3} - M_i \dots \dots (41)$$

De la figura anterior, por semejanza de triángulos; tenemos:

$$P_{sx} = \frac{(P_{s2} - P_{s1})x}{L}$$

Sustituyendo en la ecuación (41) obtenemos la ecuación para una distancia "x"

$$M_x = V_{ij}x - \frac{P_{s1}x^2}{2} - (P_{s2} - P_{s1})x^3/6L - M_i \dots \dots (42)$$

Según Villaseñor Contreras, Jesús, El momento máximo se obtiene cuando el cortante es cero. Para esto derivamos el momento máximo con respecto a "x", la expresión anterior e igualamos a cero para determinar la ubicación del momento máximo; según lo siguiente:

$$\frac{dM_x}{dx} = \frac{d}{dx} \left[ V_{ij}x - \frac{P_{s1}x^2}{2} - (P_{s2} - P_{s1})x^3/6L - M_i \right] = 0$$

$$\frac{(P_{s1} - P_{s2})x^2}{2L} - P_{s1}x + V_{ij} = 0 \dots \dots (43)$$

Aplicando la ecuación general para ecuaciones de segundo grado, tenemos:

$$X = \frac{Ps_1 \pm \sqrt{Ps_1^2 - \frac{2(Ps_1 - Ps_2)V_{ij}}{L}}}{\frac{(Ps_1 - Ps_2)}{L}} \dots (44)$$

Luego sabemos que=

$$Ps_1 = 716.95 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps_2 = 1554.94 \text{ kg/m}^2$$

$$V_{ij} = V_{21} = 588.37 \text{ kg}$$

$$M_i = M_2 = 267.03 \text{ kg-m}$$

$$L = 0.90 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación (44)

$$X = \frac{716.95 \pm \sqrt{716.95^2 - \frac{2(716.95 - 1554.94)588.37}{0.90}}}{\frac{(716.95 - 1554.94)}{0.90}}$$

$$X = 0.59 \text{ m}$$

$$M_{\max} = -76.55 \text{ kg-m}$$

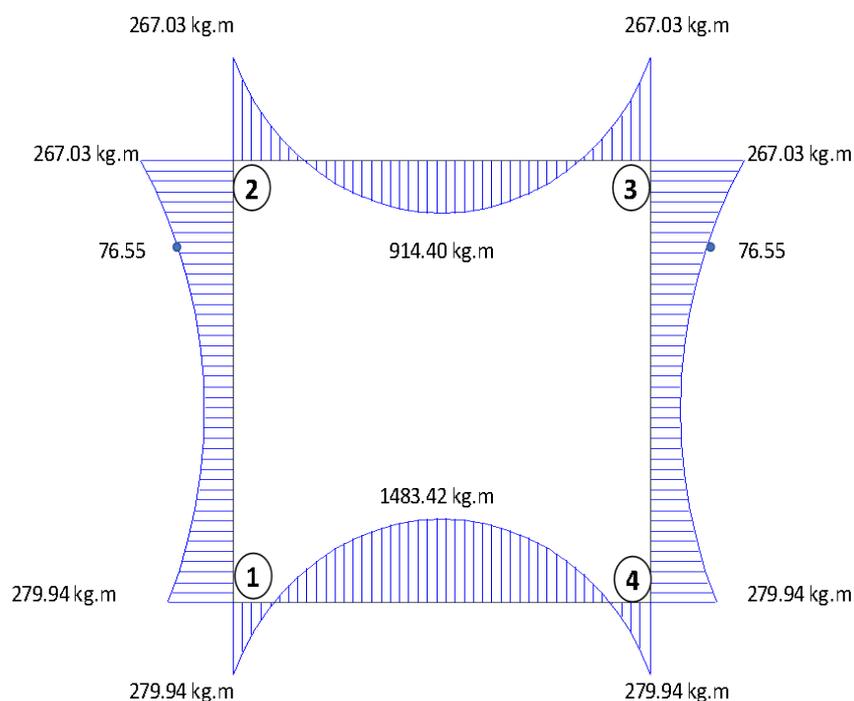


Figura 35. Diagrama de momentos del marco rígido

### Cálculo del Refuerzo del Marco Rígido

Se calculará según las ecuaciones 23 y 36, mencionados en el ítem 2.5.9.1 -A3. el refuerzo será  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y los recubrimientos de  $r = 4 \text{ cm}$  a excepción de la losa inferior de  $r = 7.5 \text{ cm}$  ( que está en contacto con el suelo).

Refuerzo en la Losa Superior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 5/8''$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V_{23}$$

$$V_u = 1.8(4109.34)$$

$$\mathbf{V_u = 7396.81 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{7396.81}{100 * 15.37}$$

$$\mathbf{T_u = 4.81 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'_c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$\mathbf{T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$\mathbf{T_u < T_c}$$

$$4.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

*si cumple;*

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(267.03)$$

$$\mathbf{M_u = 480.65 \text{ kg - m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 5/8"$  (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.196 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{480.65 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.196}{2}\right)}$$

$$\mathbf{A_s = 0.833 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 0.833 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 2.61 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.61} = 49.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.61} = 27.2 \text{ cm}$$

$$\mathbf{Usar : \phi 5/8" @ .275 \text{ m}}$$

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(914.40)$$

$$\mathbf{M_u = 1645.92 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.682 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{1645.92 * 100}{0.90 * 4200 \left(15.37 - \frac{0.682}{2}\right)}$$

$$\mathbf{A_s = 2.897 \text{ cm}^2}$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{smin} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_s = 2.897 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \mathbf{Usar: A_s = 2.897 \text{ cm}^2}$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.897} = 44.5 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.897} = 24.5 \text{ cm}$$

$$\mathbf{Usar : \phi 5/8" @ .25 \text{ m}}$$

Refuerzo en la Losa Inferior.

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 15.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V_{14}$$

$$V_u = 1.8(4186)$$

$$\mathbf{V_u = 7534.80 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{7534.80}{100 * 15.37}$$

$$\mathbf{T_u = 4.90 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$\mathbf{T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2}$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$\mathbf{T_u < T_c}$$

$$4.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

***Si cumple;***

Refuerzo en la Cara Exterior (en los nudos)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(279.94)$$

$$\mathbf{M_u = 503.89 \text{ kg} - \text{m}}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 20 - \left(7.5 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 11.87 \text{ cm}}$$

Para  $a = 0.267$  cm

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{503.89 * 100}{0.90 * 4200 (11.87 - \frac{0.267}{2})}$$

$$A_s = 1.135 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0017bd$$

$$A_{smin} = 0.0017 * 100 * 11.9$$

$$A_{smin} = 2.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 1.135 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 2.02 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{2.02} = 63.4 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{2.02} = 35.2 \text{ cm}$$

$$\text{Usar : } \phi 5/8" @ .35 \text{ m}$$

Refuerzo en la Cara Interior (Centro de losa)

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(1483.42)$$

$$M_u = 2670.16 \text{ kg} - \text{m}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi 1/2"$  (1.27cm)

$$d = 20 - (4 + \frac{1.27}{2})$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

Para  $a = 1.122$  cm

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{2670.16 * 100}{0.90 * 4200 (15.37 - \frac{1.122}{2})}$$

$$A_s = 4.770 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{s_{\min}}$ )

$$A_{s_{\min}} = 0.0017bd$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0017 * 100 * 15.4$$

$$A_{s_{\min}} = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} < A_s = 4.770 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 4.770 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{4.770} = 27.0 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{4.770} = 14.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\phi 5/8" @ .15 \text{ m}$**

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura en las losa Superior e Inferior ( $A_{st^\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior, según la Ecuación 26

$$A_{st^\circ} = 0.0018bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{st^\circ} = 3.60 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.60}{2} = 1.80 \text{ cm}^2$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} < A_s = 2.02 \text{ cm}^2$$

Longitudinal:

$$A_s = 1.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.80} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.80} = 39.4 \text{ cm}$$

**Usar :  $\Phi$  5/8" @. 40m**

Nota: El acero por temperatura en la sección transversal, no se calcula debido a que el acero diseñado en la losa superior e inferior es mucho mayor y se toma valor ya calculado de la losa.

Refuerzo en la Paredes

Verificación del esfuerzo cortante:

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  5/8" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$\mathbf{d = 10.37 \text{ cm}}$$

$$V_u = 1.8V$$

$$V_u = 1.8(588.37)$$

$$\mathbf{V_u = 1059.07 \text{ kg}}$$

Según la ecuación 33:

$$T_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{1059.07}{100 * 10.37}$$

$$\mathbf{T_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2}$$

Según la ecuación 34:

$$T_c = 0.50\phi\sqrt{f'c}$$

$$T_c = 0.50 * 0.85\sqrt{210}$$

$$T_c = 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

Luego según la ecuación 36 debe cumplirse:

$$T_u < T_c$$

$$1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 6.19 \text{ kg/cm}^2$$

**Si cumple;**

Refuerzo en el Centro de las Paredes

$$M_u = 1.8M$$

$$M_u = 1.8(76.55)$$

$$M_u = 137.79 \text{ kg} - \text{m}$$

Asumiendo refuerzo de  $\Phi$  1/2" (1.27cm)

$$d = 15 - \left(4 + \frac{1.27}{2}\right)$$

$$d = 10.37 \text{ cm}$$

Para  $a = 0.083 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{137.79 * 100}{0.90 * 4200 \left(10.37 - \frac{0.083}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.353 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Mínimo ( $A_{smin}$ )

$$A_{smin} = 0.0015bd$$

$$A_{smin} = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} > A_s = 0.353 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \text{Usar: } A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.56} = 82.7 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.56} = 45.5 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 5/8'' @ .45 \text{ m}$**

Refuerzo de repartición por contracción Y temperatura ( $A_{st^\circ}$ )

Según la Ecuación 25

$$A_{st^\circ} = 0.0025bd_T$$

$$A_{st^\circ} = 0.0025 * 100 * 15$$

$$A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\min}} < A_{st^\circ} = 3.75 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos.

$$A_{t^\circ} = \frac{3.75}{2} = \mathbf{1.875 \text{ cm}^2}$$

Transversal:

$$A_{t^\circ} > A_s = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8 \text{ cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9 \text{ cm}$$

**Usar :  $\emptyset 5/8'' @ .375 \text{ m}$**

Longitudinal:

$$A_s = 1.875 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento del refuerzo.

$$S = \frac{100A_b}{A_s}$$

$$S_{1/2} = \frac{100 * 1.29}{1.875} = 68.8\text{cm}$$

$$S_{3/8} = \frac{100 * 0.71}{1.875} = 37.9\text{cm}$$

Usar :  $\emptyset 5/8" @ .375 \text{ m}$

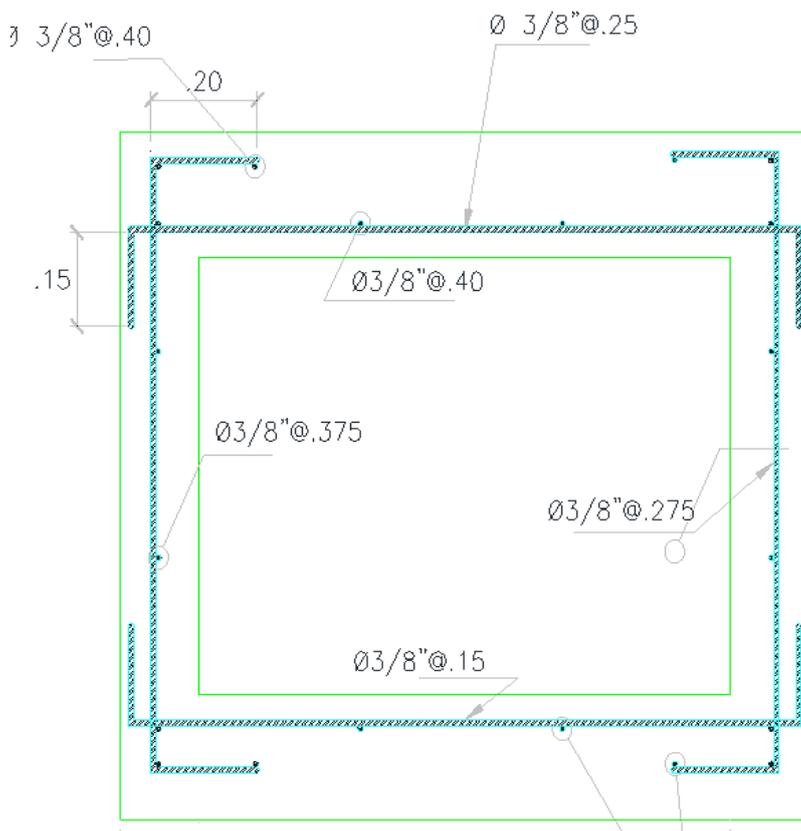


Figura 36. Disposición del acero en la alcantarilla

Tabla 41

*Especificaciones técnicas para alcantarilla*

Especificaciones Técnicas	
$f_y$	$4200 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c$	$210 \text{ kg/cm}^2$
- Recubrimientos	
Paredes	$r = 4.0 \text{ cm}$
Losa: Cara inferior	$r = 7.5 \text{ cm}$
Cara superior	$r = 4.0 \text{ cm}$
- Capacidad Portante del Suelo ( $\sigma$ )	
Suelo Seco	$\sigma = 0.80 \text{ kg/cm}^2$

#### 3.2.6.3.4. Diseño de obras complementarias

##### Obra de entrega

Para la obra de entrega se ha considerado una estructura de emboquillado de piedra, esta adecuado a la altura de cada entrega, como se detalla en el Plano de Estructuras – PE.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **1.1. Resultados**

Los resultados obtenidos en la presente Tesis son los siguientes:

##### **4.1.1. Intensidad máxima de diseño**

Los resultados del estudio hidrológico, con la aplicación de los Métodos Gumbell y Gumbell Tipo I, se obtuvo el valor de 644.74 mm, el mismo que nos ha permitido determinar la Intensidad Máxima según el Cuadro de Distribución Porcentual de Precipitación, distribuidas en 6, 12 y 24 horas, obteniendo de esta manera el valor de 236.94 mm/hr. La cual nos permitió determinar el Caudal de agua que es necesario drenar por cada uno de los tramos del sistema.

##### **4.1.2. Áreas colectoras de lluvias**

Para la determinación de ésta áreas se utilizó el método de las bisectrices por manzanas, dichas áreas están determinadas desde los vértices de las manzanas y la mitad de la vía hasta los puntos de intersección de los ángulos proyectados por la mitad del ángulo de las esquinas hacia dentro, distribuyendo de esta manera equitativamente.

Los resultados obtenidos por procedimiento se presentan en la Tabla 18; con un área de manzanas igual a **187019.225** m<sup>2</sup> y área de calles igual a **67432.413** m<sup>2</sup>; y detalladas en el Plano PAC.

##### **4.1.3. Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía "C" se determinó haciendo uso de dos métodos: El Método Racional con un valor de  $C=0.75$  que corresponde a zonas multifamiliares concentradas y 0.95 que corresponde a calles asfaltadas, y el Método Mac Math cuyos valores de C van de 0.36 a 1.06 (dependiendo de las características del terreno por el cual discurren las aguas).

##### **4.1.4. Caudales de escurrimiento**

Para el cálculo de los caudales de escurrimiento se utilizó dos métodos: El Método Racional y el Método Mac Math y los valores se muestran en las tablas 19 y 20 respectivamente.

4.1.4.1. Caudales de escurrimiento de colectores, cunetas, y alcantarillas

Los caudales de escurrimientos en colectores, cunetas, y alcantarillas se presentan en el Tabla 21 y va de 0.084 a 1.829 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.4.2. Caudales de escurrimiento por tramos de colectores, cunetas, y alcantarillas

El caudal de escurrimiento por tramos en colectores, cunetas, y alcantarillas también se indica en la Tabla 21.

### 4.1.1. Dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarillas

Para el dimensionamiento de colectores, cunetas y alcantarilla se utilizó el Método de Manning, calculando las dimensiones de las cunetas por el caudal a conducir por ellas, estas dimensiones se encuentran plasmadas en la Tabla 4.

#### 4.1.1.1. Longitud de colectores

La longitud total de Colectores es de 2853.50 metros lineales, que se indican la Tabla 23.

#### 4.1.1.2. Longitud de cunetas

La longitud total de cunetas es de 5721.21 metros lineales, y se presenta detallada la Tabla 23.

#### 4.1.1.3. Longitud de alcantarillas

La longitud total de Alcantarillas es de 318.30 metros lineales, que se indican en la Tabla 23.

#### 4.1.1.4. Obras complementarias

### 4.1.2. Análisis de suelo

Los suelos predominantes, según el análisis de suelo realizado en la zona de estudio (10 calicatas a una H = 1.50 mts), obedece a un suelo tipo CL = Arcilla de Baja Plasticidad cuyo  $\gamma_s = 1830$  kg/m<sup>3</sup>,  $\Phi = 19^\circ$  y  $\sigma_t = 0.80$  kg/cm<sup>2</sup>, los cuales fueron tomado como datos para la realización de los cálculos estructurales.

## 4.2. Discusión

Los resultados del estudio hidrológico, nos ha permitido estimar la Intensidad Máxima de lluvia en mm/hr; la misma que ha sido empleada en el cálculo del caudal de escurrimiento que se tiene que drenar por cada uno de los tramos de la red.

El planteamiento Hidráulico desarrollado en la presente Tesis, tiene como objetivo el de encausar el mayor caudal de aguas de lluvia posible, hasta entregar en los emisores respectivos.

Luego de efectuar los cálculos de diseño necesarios para cumplir con los objetivos propuestos, se optó por elegir un tipo de cuneta rectangular y revestida, con la finalidad de conseguir mayor eficiencia y protegerla de la erosión.

Los tirantes y las velocidades calculadas en los diversos tramos, están variando en función a las pendientes por lo que se puede notar tirantes no constantes, en tramos donde la pendiente es mayor, se notan menores tirantes y mayores velocidades, estos resultados se presentan en la Tabla 23.

En la Tabla 23, se presenta los resultados de Caudales y Cotas de Fondo de Cunetas, así como cotas de rasantes, donde se observa que los colectores principales siguen la topografía del terreno, cada siguiente tramo corresponde a una cota más baja de tal modo que el emisor se encuentra en la cota más baja del sistema, asegurando de ésta manera la continuidad de flujo.

El dimensionamiento hidráulico y estructural de los colectores, cunetas y alcantarillas se realizó de acuerdo a los criterios de diseño señalados en ítem antes mencionados.

Según los resultados obtenidos de la determinación de las Áreas de acero en la cuneta de sección  $0.60 * 0.40$ , se considera cunetas de concreto simple a las cunetas de menor sección a lo manifestado, ya que los aceros predominantes son mínimos.

Las cunetas de sección  $0.70 * 0.50$  y  $1.00 * 0.70$  mts respectivamente, se consideran como alcantarillas (sección cerrada), debido a que conducen caudales considerables capaces de

arrastrar a un niño; convirtiéndola en una estructura de alto riesgo para los moradores que habitan por las inmediaciones de los mismos.

Se usará concreto  $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$  en cunetas de concreto simple y armado y un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$  para Obras de Arte en general.

Los aceros predominantes de los resultados obtenidos en el cálculo estructural en las alcantarillas son los aceros ubicados en la cara interior (centro de losa) de la losa inferior (donde se presentan los máximos esfuerzos).

El área de estudio presenta un área total de 28.58 Ha, la cual fue determinada por el método de las bisectrices, tal como se muestra en el plano de las áreas de colectores PAC.

Se proyecta una obra de arte típica en las zonas de entrega, que consiste en un emboquillado de piedra típica.

De acuerdo a los análisis físicos y mecánicos a que fueron sometidos las muestras tomados de las calicatas realizadas en la zona de estudio, no existe material orgánico, ni arena limpia que pueden producir asentamientos por fenómeno sísmicos y/o peso de estructura, tal como se aprecia en el chequeo de presiones de la estructura sobre el terreno realizado en el diseño estructural de cunetas

Las alturas de descargas predominantes entre cunetas, tiene como  $H_{mim}=0.20\text{mt}$ , la misma que obedece a las alturas y/o cotas determinadas de la rasante de cuneta presentado en los planos de perfiles longitudinales, garantizando de esta manera la caída libre de aguas, la cual evita el choque de caudales.

Del levantamiento planimétrico y altimétrico realizado en el área de estudio se colocaron 02 HITOS referenciales, en zonas fijas, debidamente enumeradas, tal como se presenta en el plano de ubicación de Hitos PUH.

El acero predominante en las alcantarillas, colectores y cunetas diseñadas es de  $\Phi 3/8"$ , la misma que obedece a la memoria de cálculo realizada en dichas estructuras

Los tirantes de aguas presentados en todas las cunetas del sistema son menores a la altura "H" de paredes de las cunetas receptoras, garantizando de ésta manera la caída libre de agua.

#### **4.2.1. Selección de alternativa**

Diseño Hidráulico y Estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitibilidad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto es una alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población. Y, después de realizar el planteamiento y diseño Hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial, por el cual se evacua el caudal producto de las precipitaciones pluviales, se ha optado por el diseño seleccionado y presentado en los planos considerando la evacuación del caudal hacia los ríos cercanos.

#### **4.2.2. Contratación de hipótesis**

Se ha contrastado la hipótesis del estudio determinando que el Diseño Hidráulico y Estructural del drenaje pluvial para mejorar la transitibilidad del centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto, servirá como alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población que habita el área de influencia. Además de contrastar también que el planteamiento y diseño Hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial, es la mejor alternativa para optar un diseño técnico.

## CONCLUSIONES

Se concluye que:

El área en la cual se ha proyectado las obras de drenaje se encuentra ubicada en el centro poblado Munichis- distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – región Loreto. El diseño hidráulico estructural del sistema de drenaje pluvial del Centro Poblado Menor de Nuevo San Juan del Distrito de El Porvenir, servirá como parte fundamental de un futuro expediente técnico en favor a su drenaje, asegurando de ésta manera la Salubridad y seguridad pública.

Para el cálculo de caudales existen una variedad de fórmulas empíricas, en nuestro caso utilizamos dos métodos: Método Racional y Método Mac Math.

Para el diseño de los Drenes, tanto principales como secundarios, se ha tomado el coeficiente del valor de rugosidad como  $n = 0.017$  (para cunetas revestidas), pudiendo decir que este valor resulta bastante conservados para dar mayor eficiencia y seguridad al momento de realizar los cálculos.

La topografía del lugar ha sido un factor importante para el dimensionamiento hidráulico y el diseño estructural de las obras proyectadas.

## RECOMENDACIONES

Recomendamos el uso de esta tesis en calidad de guía para la elaboración de otras similares.

Se recomienda utilizar el método racional y Mac Math, pues considera las intensidades máximas en 24 horas, tomando los valores más representativos, es decir, los obtenidos por el método Mac Math, recomendándose ser utilizado en la ejecución de otros estudios en la región San Martín.

Independizar la evacuación de las aguas residuales y aguas pluviales, ya que el diseño hidráulico obedece únicamente al volumen o caudal discurrido por el área de estudio, proveniente de las precipitaciones pluviales.

Para la ejecución del proyecto se recomienda realizar antes el proyecto de sistema de desagüe y que los trabajos de drenaje pluviales se ejecuten paralelamente con la conformación de pistas y veredas.

La entrega de las aguas provenientes del interior de las viviendas originadas por las precipitaciones pluviales debe ser conducida e instaladas a las cunetas proyectadas a través de tuberías PVC - SAP, dentro del espacio destinado al borde libre.

Se recomienda a las autoridades locales desarrollar charlas de capacitación a cerca del Mantenimiento de las Cunetas y Alcantarillas para evitar el arrojido de desperdicios, que originan la obstrucción de las cunetas.

Al revestir la cuneta con concreto, se deberá tener cuidado en el acabado de tal manera que se pueda garantizar el valor de  $n= 0.017$  y así darle mayor protección a la caja hidráulica, evitando posibles erosiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cahuana Andia, A. y Yugar Morales, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología*. (Tesis de pregrado) Universidad de Cochabamba. Bolivia.
- Cámara Peruana De La Construcción. (1997). *"Reglamento Nacional de Construcciones"*.(16 ed.). Perú. Se
- Chereque Moran, Wendor. (1989) *Hidrología. Segunda Impresión*. Lima – Perú.
- De León Acosta, E. (2009) *Tesis en investigación sobre “proyecto para la rehabilitación del drenaje pluvial en Motozintla Chiapas”*, (Tesis de pregrado) Universidad de Chiapas. México.
- Delgado Ramirez, J. y Sanchez Perez, LL. (2003) *“diseño hidráulico y estructural del drenaje pluvial urbano del Sector Progreso – margen izquierda quebrada Choclino en la Banda de Shilcayo”*, Universidad Nacional de San Martin.Tarapoto. Perú.
- Gálvez Alvare, H. (2004) *“Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa”*, (Tesis de pregrado) Universidad de Tijuana. México.
- García Rico, Elmer. (1987) *"Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte"*, (1era ed.). Chiclayo - Perú. s.e
- Ibáñez García, H. y Bartra Peso, Ó. (1995) *"Saneamiento Básico y Pluvial de la Ciudad Universitaria"*, (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Martin. Tarapoto. Perú.
- López Cualla, R. (1999) *"Diseño de Acueductos y Alcantarillados"*, (2da ed). Colombia: Alfa Omega Editor, S. A. de CV.
- Marín, C; Menjivar, M. y Zavaleta, J. (2012). *“Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable para uso Didáctico e Investigación”*. (Tesis de pregrado) Universidad del Salvador. El Salvador.

- Merrti, Frederic S. (1987) *"Manual de Ingeniero Civil" Volumen III*, (1era ed). México: Gráficos Monte Alban, S. A. de C. V.
- Monsal Ve Sáenz, Germán. (1999) *"Hidrología en la Ingeniería"*. (2da ed). Colombia: Alfa Omega Grupo Editor, S. A de C. V.
- Morales Uchofen, Walter. (2000) *"Drenaje Vial"*, Ciclo de Actualización Académica UNSM/2000 - II/FIC. Tarapoto. Perú.
- Morales Uchofen, Walter. (1990) *"Infraestructura de Riego", Parte - I*. Chiclayo. Perú.
- Ponce V Aldeiglesias, Rosa. (1996) *"Expediente Urbano de Tarapoto"*, Informe Final. Tarapoto.
- Ranald V. Giles. (1969) *"Mecánica de los Fluidos e hidráulicas"*, (2da ed). Colombia: McGraw-Hill.
- Reyes Carrasco, Luis. (1992) *"Hidrología Básica"*, (1era ed). Lima. Perú.
- Rojas Rubio, Hugo, (2010) *"Manual del Curso de Irrigación y Drenaje"*. (1era ed). Chimbote. Perú.
- Rosell Calderón, César A. (1998) *"Irrigación"*, (2da ed). Perú. S.e
- Sandoval Salazar. Nestor R. *Apuntes del Curso de Drenaje*. UNSM. Tarapoto. Perú.
- Villaseñor Contreras, Jesús. (1978) *"Proyectos de Obras Hidráulicas"*, (2da ed). México Universidad Autónoma Chapingo.
- Villón Bejar, Máximo. (2002) *Hidrología*, (2da ed). Lima. Peru: Editorial Villon.

**ANEXOS**

**Anexo N°01. Resultados de los análisis de suelos**

**CALICATA N°01**

**CALICATA N°02**

**CALICATA N°03**

**CALICATA N°04**

**CALICATA N°05**

**CALICATA N°06**

**CALICATA N°07**

**CALICATA N°08**

**CALICATA N°09**

**CALICATA N°10**

ANEXO N° 04

**Panel Fotográfico**

**ANEXO N°05**

**DOCUMENTOS PARA OBTENER DATOS HIDROLÓGICOS.**

**ANEXO N°06**

**Planos**