



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000310, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA AVENIDA
YAVARÍ ENTRE LOS JIRONES CABO PANTOJA Y
MANCO CÁPAC EN IQUITOS 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

**CASADO DONAYRE, Delzy Diolee
GÓMEZ DÍAZ, Yno**

ASESOR:

Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.


Erlin Guillermo Cabanillas Oliva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP 44807

San Juan Bautista – Maynas - Loreto – 2022



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

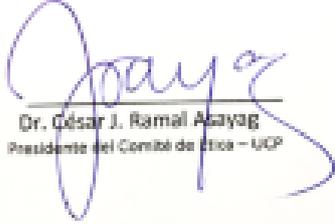
La Tesis titulada:

**"ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA AVENIDA YAVARÍ ENTRE LOS
JIRONES CABO PANTOJA Y MANCO CÁPAC EN IQUITOS 2021"**

De los alumnos: **CASADO DONAYRE DELZY DIOLEE Y GÓMEZ DÍAZ YNO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **9% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 29 de Noviembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERIA_2021_TESIS_DE_LZYCASADO_YNOCOMEZ_V1.pdf (ID:20044048)
Submitted	2021-11-26T17:12:00.0000000
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revison.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	8%
Analysis address	revison.antiplagio@cpdanalysis.uhand.com

Sources included in the report

SA	1423456008_TESINA.pdf Document 1423456008_TESINA.pdf (ID:3173771)	 6
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_ERASMO CONDEZO_JULIO RESHEA_V1.pdf Document UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_ERASMO CONDEZO_JULIO RESHEA_V1.pdf (ID:7581637) Submitted by: revison.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revison.antiplagio@cpdanalysis.uhand.com	 21
SA	12 CASTAÑEDA LOPEZ LILIAN RAQUEL.docx Document 12 CASTAÑEDA LOPEZ LILIAN RAQUEL.docx (ID:30438927)	 7
SA	1A_SALGADO_RAMIREZ_ARTURO_PEDRO_TITULO_PROFESIONAL_2019.docx Document 1A_SALGADO_RAMIREZ_ARTURO_PEDRO_TITULO_PROFESIONAL_2019.docx (ID:3865584)	 6

DEDICATORIA

A Dios por ser el que siempre me
guía y fortalece nuestra vida
personal y profesional.

Los autores

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por ser quienes han hecho posible la ejecución de esta investigación, asimismo a la Universidad Científica del Perú por habernos permitido ampliar y profundizar nuestras convicciones profesionales.

Los autores

ACTA DE SUSTENTACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal Nº **092-2019-UCP-FCEI** de fecha 28 de Febrero de 2019, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg. | Presidente |
| • Lic. Nerea Gallardo Sánchez, Mg. | Miembro |
| • Ing. Gonzalo Chalvín Marina Peña | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 09:00 horas del día 13 de Diciembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el Secretario Académico del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA AVENIDA YAVARÍ ENTRE LOS JIRONES CABO PANTOJA Y MANCO CÁPAC EN IQUITOS 2021.”**

Presentado por los sustentantes:

**DELZY DIOLEE CASADO DONAYRE
Y
YNO GOMEZ DIAZ**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

_____	Presidente	_____
Miembro		Miembro

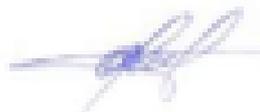
Contáctanos:

Iquitos – Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

APROBACIÓN



PRESIDENTE DEL JURADO



MIEMBRO DEL JURADO



MIEMBRO DEL JURADO



ASESOR.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ACTA DE SUSTENTACIÓN	v
APROBACIÓN	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
Capítulo I Marco Teórico	1
1.1 Antecedentes del estudio	1
1.2 Bases teóricas	6
1.2.1 Tipos de Drenaje	6
1.2.2 Drenaje Superficial	7
1.2.3 Premisas para el estudio	8
1.2.4 Alcantarillas	9
1.2.5 Consideraciones para el diseño	13
1.2.6 Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbano mayor 33	
1.2.7 Drenaje longitudinal de la vía	35
1.2.8 Cunetas	36
1.2.9 Canales de drenaje	38
1.2.10 Drenaje del pavimento	39
1.2.11 Tipos de Drenaje	44
1.3 Definición de términos básicos	44
1.4 Transformación precipitación-Escorrentía	49
Capítulo II Planteamiento del problema	66
2.1 Descripción del Problema	66
2.2 Formulación del problema	67
2.2.1 Problema general	67
2.2.2 Problemas específicos	67
2.3 Objetivos	68
2.3.1 Objetivo general	68

2.3.2	Objetivos específicos.....	68
2.4	Hipótesis.....	68
2.5	Variables.....	68
Capítulo III	Metodología.....	69
3.1	Tipo y Diseño de investigación	69
3.2	Población y muestra.....	70
3.3	Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos.....	71
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	72
Capítulo IV	Resultados.....	73
4.1	Resultados obtenidos del sector Yavari desde la calle Cabo Pantoja a Manco Capac.....	74
4.2	Análisis de resultados de la cuenca en estudio	77
Capítulo V	Discusión, conclusiones y recomendaciones.....	78
5.1	Discusión.....	78
5.2	Conclusiones.....	81
5.3	Recomendaciones.....	83
Bibliografía.....		85
Anexo 1. Matriz de consistencia		87
Anexo 2. Figuras varias.....		89
Anexo 3. Análisis de distribución de frecuencias.....		103

ÍNDICE DE TABLAS

tabla 1 - Valores del coeficiente de rugosidad de manning (n)	12
tabla 2 - Velocidad máxima admisible (m/s) en conductos revestidos	13
tabla 3 - Velocidad máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos.....	15
tabla 4 - Valores del coeficiente de rugosidad n (chow, 1959)	18
tabla 5 - Valores del coeficiente de rugosidad n (chow, 1959 continuación).....	19
tabla 6 - Criterios y los valores numéricos que los corresponden, por medio de la ecuación de cowan ..	24
tabla 7 - Diámetros mínimos de tuberías en colectores de agua de lluvias	28
tabla 8 - Coeficientes de rugosidad de manning para diferentes tipos de material	30
tabla 9 - Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado m/s	31
tabla 10 - Escorrentía superficial del sector en estudio	75
tabla 11 - Escorrentía superficial del sector en estudio	76

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1 - Perfil longitudinal de los nodos 253 al outfall-01	80
figura 2 - Ubicación de la zona en estudio	88
figura 3 - Dimensiones minimas de cuneta triangular tipica	89
figura 4 - Ecuación de manning en la determinacion de caudales en cunetas triangulares	90
figura 5 - Tipos de sumidero.....	91
figura 6 - Plano de ingreso en el sumidero de solera	92
figura 7 - Sumidero tipo grande conectado a camara – s1	93
figura 8 - Sumidero tipo grande conectado a tuberia – s2	94
figura 9 - Sumidero tipo chico conectado a la camara – s3	95
figura 10 - Sumidero tipo chico conectado a la tuberia – s4	96
figura 11 - Rejilla de fierro fundido para sumideros	97
figura 12 - Rejilla de fierro laminado	98
figura 13 - Rejilla de fierro	99
figura 14 - Rejilla cuadrada	99
figura 15 - Tuberia metalica corrugada ranurada.....	100
figura 16 - Nomograma para la solucion de la ecuación de manning.....	101
figura 17 - Visión conceptual del fenómeno de la escorrentía en el swmn	102
figura 18 - Componentes fisicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje.....	102
figura 19 - Análisis de la distribución normal.....	103

RESUMEN

La presente investigación se centra en evaluar el escurrimiento superficial debido a precipitaciones pluviales en la Avenida Yavarí - Manco Cápac y Avenida Yavarí - Manco Cápac del distrito de Punchana, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

Se realizó la medición topográfica de las calles mencionadas, en los lados: derecho e izquierdo, tanto el perfil longitudinal como su vista en planta. Después se tomó medidas de los tirantes con los que se ha calculado caudales en los tramos de progresiva cada 4 metros, con sus pendientes respectivas, las cuales han originado la variación de pendientes.

Finalmente se ha evaluado si el escurrimiento superficial cumple o no con los requisitos normativos, de velocidad y la tensión tractiva, para evitar acumulación de sedimento; resultando que varios tramos tienen pendiente contraria, no cumpliendo con los requisitos pre establecidos. Se está recomendando dar la pendiente adecuada y uniforme.

PALABRAS CLAVE

Diseños de drenaje pluvial, Precipitación pluvial, Escurrimiento superficial, vía, cuneta.

ABSTRACT

This research focuses on evaluating the surface runoff due to rainfall on Avenida Yavarí - Manco Cápac and Avenida Yavarí - Manco Cápac in the Punchana district, Maynas province, Loreto department.

The topographic measurement of the mentioned streets was carried out, on the sides: right and left, both the longitudinal profile and its plan view. Afterwards, measurements were taken of the tie rods with which flows have been calculated in the progressive sections every 4 meters, with their respective slopes, which have caused the slope variation.

Finally, it has been evaluated whether or not the surface runoff complies with the regulatory requirements, speed and tractive tension, to avoid accumulation of sediment; resulting in that several sections have the opposite slope, not complying with the pre-established requirements. It is being recommended to give the proper and uniform slope.

KEYWORDS

Designs of pluvial drainage, pluvial Precipitation, superficial Drain, route, gutter.

Capítulo I Marco Teórico

1.1 Antecedentes del estudio

Según, CARDENAS.R, (2006). Referido a los diseños de sistema de drenaje pluvial óptimo y funcional para el sector “La Rotaria” de la parroquia Raúl Leoni de Maracaibo. Edo. Zulia; reporta que en Venezuela la gran mayoría de los sistemas de drenaje son muy diferentes, en especial en el estado de Zulia; en donde se encuentra ubicada el sector “La Rotaria” en ella se observa que es una zona de deficiencia de drenaje pluvial; concluyendo que los periodos de lluvia se manifiestan con la inundación de vivienda en las casas cuando la precipitación sea duradera e intensidad prolongada; no permitiendo una circulación vehicular segura por la vía afectada. Con la información obtenida se puede calcular y así realizar el diseño de drenaje para el sector “La Rotaria” el sistema de drenaje fue diseñado calculando el periodo de retorno para realizar la curva IDF, con esto se puede obtener la intensidad de lluvia para calcular el caudal caído, en subcuenca. Al realizar los diseños se calcula la capacidad vial, debido a que la mayoría de la vialidad de Maracaibo, no cuenta con Borobio, ni con buen peralte; por consiguiente, se toma una altura de agua permisible para que las agua se escurran a lo largo de la vialidad.

Según, SOCORRO Y RODRÍGUEZ, (2005) citado por CARDENAS.R, (2006). Realizaron una investigación denominada “Causas de inundación por lluvias, en la urbanización Alto del Pilar, cuyo objetivo fue analizar las causas de inundación por lluvias. El tipo de investigación fue de carácter Descriptiva y la información se obtuvo por medio de la observación directa en el sitio, toma de fotografías y entrevistas a los habitantes de la Urbanización. Los resultados obtenidos revelan que la Urbanización presenta problemas de drenaje de agua de lluvia en sus calles y en los sistemas cloacales, debido a la adición o incorporación de agua provenientes de otras Urbanizaciones y el uso de los sistemas cloacales

como conductos recolectores de agua de lluvias provenientes de las casas.

Según VILLANUEVA. (1999), citado por CARDENAS.R, (2006). Realizo un trabajo “Un modelo matemático, calculando el tipo, tamaño y costos de obra de drenaje urbano a nivel preliminar”, se puede decir que esto constituye una herramienta fundamental para obtener el cálculo del tamaño y costo de la obra de drenaje, urbana de Venezuela; especialmente de algunos sectores de Zulia, de manera rápida y efectiva. Al establecer el Modelo matemático, se busca que la obra aportara soluciones adecuadas y confiables a cada problema en particular con información inicial básica. Para la realización de su estudio de investigación, fue necesario recolectar información básica existente y el uso de cálculos ya desarrollados por otros autores, así como también datos de curvas de intensidad- frecuencia- duración actual del estado de Zulia y todo lo establecido por el INOS. Dando como resultado la creación de un diagrama de flujo donde el Ingeniero, pueda desarrollar el Proyecto que permita pre dimensionar y estimar, costos de la obra de drenaje urbanos.

Por otra parte, AROCHA S. (1982), citado por CARDENAS.R, (2006). Reporta en su trabajo “Drenajes urbanos”, que la determinación del gasto de diseños para un sistema de recolección de drenajes de agua de lluvia en zonas pobladas, atiende generalmente al método racional. Este asume que el caudal máximo que se acumule en un determinado punto esta expresado por la acumulación.

$$Q= C \times I \times A.$$

En la cual:

Q.: Es caudal en m³/segundo.

C.: Es el Coeficiente de Escorrentía,

I.: Es La intensidad de lluvia m³/seg/Ha.

A.: Es el área en hectárea.

Según CÁRDENAS Y FERNÁNDEZ. (2004), citado por CARDENAS.R, (2006). Llevaron a cabo una investigación referida a “Solución del drenaje superficial de la variedad como alternativa en la población de Carrasqueña, la que tuvo como objetivo determinar una solución de drenaje superficial en esta población”. La investigación realizada tecnológica, ya que permitió realizar de manera cualitativa el problema. La información se obtuvo por medio de la observación directa in situ, toma de fotografías y entrevistas realizadas a las entidades gubernamentales y habitantes del lugar. Los resultados son deficientes, revelan que la población Carrasqueña, presenta severos problemas externo e internos de las aguas de lluvias lo que dificulta su conducción a los puntos de descarga natural (Quebrada). Se comprobó que el desagüe en la zona es deficiente, debido entre otras razones a lo anegadizo del área, el ancho de la vía, fijado por la vivienda existente a objeto de no sobrecargar las vías, ni las descargas finales, considerando al máximo su dirección natural.

MORALES.Z, (2010) Se refiere que las cuencas hidrológicas, son zonas de la superficie terrestre en la cual, todas las aguas pluviales que caen sobre ella se van a dirigir hacia el mismo punto de convergencia, siendo este el de salida. La cuenca hidrológica está definida por una línea denominada divisoria, la cual es necesariamente trazada para abordar un estudio hidrológico.

Es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Los estudios hidrológicos son fundamentales para:

El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio. El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos; así como para prever un correcto diseño

de obras de infraestructura vial. Su aplicación dentro del Manual está dada en la determinación de los caudales de diseño para diferentes obras de drenaje.

El registró y estudio de las máximas avenidas anuales permite determinar, bajo cierto supuesto, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud. Se debe tener en cuenta que, las avenidas son fenómenos originados por el carácter aleatorio de las descargas de los ríos. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticas. Es decir, que cada avenida va asociada una probabilidad de ocurrencia.

Es importante señalar que los métodos y procedimientos que se describen en el presente capítulo abarcan únicamente la determinación de caudales líquidos provenientes de precipitaciones pluviales y no incluye la determinación de caudales provenientes de deshielos, inundaciones causadas por desborde de ríos y colapso de presas de irrigación. Asimismo, no incluye la estimación de caudales sólidos que puedan transportar los cursos naturales. Sin embargo, si el funcionamiento o vida útil de la obra de drenaje proyectada está supeditada al comportamiento de estos factores, el Proyectista deberá tomarlos en cuenta al efectuar los diseños de las obras de drenaje.

MORALES.Z, (2010) Reporta que los drenajes.- son obras hidráulicas dispuestas a la recolección del exceso de aguas, que mediante un conjunto de drenes, canalizan el exceso hacia la red de saneamiento o a un desaguadero.

Sistema de drenaje Urbano.- Comprende una serie de acciones, materiales o no dirigidas al logro de los objetivos establecidos, entre los cuales resulta de mayor relevancia evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales perjudiquen a los habitantes, a las propiedades en las ciudades o afecten el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

Se entenderá como AGUAS PLUVIALES, las provenientes de precipitaciones que inciden sobre las áreas urbanizadas constituyentes de

la población, además estas incluyen aquellas que precipitan sobre otras zonas adyacentes, cuyo recorrido bien sea por cauces naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de su superficie, fluyen a través de la ciudad.

Objetivos de los drenajes urbanos, debe estar orientado al cumplimiento de dos objetivos, los cuales son el básico y el complementario. El primero de ellos consiste en prevenir en el mayor rango posible perjuicios a las personas y a las propiedades presentes en ciudad; y el segundo se basa en procurar el desenvolvimiento cotidiano de las poblaciones, lo que garantizaría un tráfico de personas y vehículos adecuados durante el periodo de precipitaciones.

Irving Cibrián Fernández (2009) en su tesis reducción de escurrimientos pluviales mediante la utilización de pavimentos de concreto permeable, concluye:

Lo primero que debe de tenerse presente cuando se quiera utilizar superficies de pavimento a base de concreto permeable es que debe de hacerse de manera muy cuidadosa desde su planeación, diseño, elaboración, colocación y hasta su mantenimiento; ya que de esto depende su adecuada funcionalidad y durabilidad.

La evaluación de las propiedades del concreto del concreto en estado fresco y endurecido es otro de los puntos que se deben de cuidar. Ya que un alto porcentaje de las fallas se atribuye a diseños de mezclas inadecuados.

Otro de los estudios preliminares más importantes es la elección del lugar, ya que involucra la determinación de la permeabilidad del suelo y su velocidad de infiltración, por lo que debe de tenerse un criterio muy conservador en cuanto a la recta funcionalidad de la obra de infiltración.

Otro punto es el cuidado durante la colocación del concreto, no debe transitarse sobre la superficie recién colada, se debe recubrir con una película de polietileno inmediatamente después de su colocación para evitar la pérdida de agua de la mezcla y obtener un adecuado curado.

La capacidad de infiltración de un pavimento permeable depende de los cuidados anteriormente mencionados, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el mantenimiento es, a su vez, de mucha importancia debido a la porosidad del concreto y su susceptibilidad a la colmatación.

En el caso de que existan inquietudes sobre la continuación de estudios e investigaciones sobre la utilización de pavimentos permeables como una herramienta de disminución de escurrimientos permeables, se hace la recomendación de realizar los estudios de campo pertinentes.

Los estudios previos a la construcción de pavimentos permeables son de gran importancia, pero son de mayor importancia, para futuras investigaciones, los estudios sobre el comportamiento y desempeño de los pavimentos permeables en servicio. Existe inconsistencia en la bibliografía sobre los efectos que puede desencadenar los residuos captados en los vacíos del sistema de infiltración a base de concreto permeable, sobretodo de materia inorgánica. Por lo que sería interesante hacer estudios sobre la captación y comportamiento de estos residuos.

No debe pensarse en el concreto permeable como la sustitución ideal de las redes de drenaje pluvial, sino como un complemento del sistema de drenaje. Su integración al sistema mencionado dependerá de los factores de permeabilidad e infiltración. Así como se mencionan las ventajas y desventajas del concreto permeable, existen otros elementos de infiltración que proporcionan las mismas características de reducción de escurrimientos superficiales, incluso a un menos costo, su inutilidad reside en la necesidad de grandes áreas para acumulación de escurrimientos pluviales, por lo que su utilización en áreas urbanas es inviable.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Tipos de Drenaje

a. **Drenaje Superficial:** “Comprende las acciones correctivas constituidos por el conjunto de estructuras naturales y artificiales que conducen el escurrimiento superficial desde el lugar de caída de las lluvias

hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias del tráfico de personas y vehículos”.

b. **Drenaje Secundario:** “Es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas”.

c. **Drenaje Primario:** “Es el conjunto de acciones correctivas constituido por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades”.

1.2.2 Drenaje Superficial

Según el D.S. N°034 (2008). Dispone entre otros la implementación del MANUAL DE HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y DRENAJES, el Estudio de Hidráulica y Drenaje se recomienda iniciarse después de aprobado el proyecto de Diseño Geométrico. El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia. El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño. Las otras estructuras que forman parte del drenaje transversal es el badén y el puente, siendo éste último de gran importancia, cuyo estudio hidrológico e hidráulico que permite concebir su diseño, tiene características particulares y serán tratadas de manera general en el numeral 4.1.1.5 del presente Manual. El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

1.2.3 Premisas para el estudio

a) **Características topográficas.**- Para el caso de obras de cruce menores (alcantarillas), el levantamiento topográfico realizado para la carretera, deberá cubrir aquellos sectores donde se emplazarán dichas obras, de tal manera que permita definir el perfil longitudinal del cauce tanto aguas arriba y aguas abajo de la sección de cruce. En el caso de obras de cruce mayores como puentes, la amplitud que deberá abarcar el levantamiento topográfico, se establece lo indicado en el punto 4.1.1.5.2 a.1) del presente manual.

b) **Estudio de cuencas hidrográficas.**- Se refiere a la identificación de las cuencas hidrográficas que interceptan el alineamiento de la carretera, con el objetivo de establecer los caudales de diseño y efectos de las crecidas. Se deberá indicar la superficie, pendiente y longitud del cauce principal, forma, relieve, tipo de cobertura vegetal, calidad y uso de suelos, asimismo; los cambios que han sido realizados por el hombre, tales como embalses u otras obras de cruce que pueden alterar significativamente las características del flujo.

c) **Características del cauce.**- Se refiere a las características del lecho, tales como forma, tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal, tipo de material de arrastre, sólidos flotantes, fenómenos de geodinámica externa y otros factores que inciden en el tamaño y durabilidad de la obra de cruce.

d) **Datos de crecidas.**- Se procederá según las metodologías expuestas en el Capítulo III del Manual. Como información adicional se analizarán y evaluarán las marcas dejadas por crecidas o eventos anteriores. Adicionalmente, se recopilará la información proporcionada por lugareños, con la finalidad de contar con información adicional de campo.

e) **Evaluación de obras de drenaje existentes.** -

Antes de efectuar la evaluación de las obras de drenaje existentes, el Proyectista debe conocer o tomar en cuenta lo siguiente:

- Nivel de intervención sobre la vía en estudio, tomar en cuenta las conclusiones de los estudios de pre-inversión, para la coherencia del ciclo del proyecto de inversión.
- Contar con las progresivas del proyecto en campo.
- La evaluación hidráulica de las estructuras existentes, deberá ser complementada con las evaluaciones de un Especialista en Estructuras y Obras de arte, para las evaluaciones del estado estructural de los elementos de una obra de drenaje existente.
- El resultado de la evaluación de las obras de drenaje será presentado en fichas técnicas de campo.

La evaluación del comportamiento desde el punto de vista hidráulico estructural de estructuras ubicadas aguas arriba o aguas abajo de la estructura proyectada es de mucha utilidad, porque permite contar con información relevante para lograr diseños adecuados, tomando cuenta su funcionamiento ante la presencia de procesos geomorfológicos como erosión, sedimentación u otros fenómenos, a los que han estado sometidas.

1.2.4 Alcantarillas

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera. La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la

variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo.

En la proyección e instalación de alcantarillas el aspecto técnico debe prevalecer sobre el aspecto económico, es decir que no pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas sólo con el objetivo de reducir los costos. Sin embargo, es recomendable que la ubicación, alineamiento y pendiente que se elija para cada caso, estará sujeta al buen juicio del especialista, quien deberá estudiar los aspectos hidrológicos, hidráulicos, estructurales y fenómenos de geodinámica externa de origen hídrico, para obtener finalmente la solución más adecuada compatible con los costos, operatividad, servicialidad y seguridad de la carretera.

1.2.4.1 Ubicación en planta

La ubicación en planta ideal es la que sigue la dirección de la corriente, sin embargo, según requerimiento del Proyecto la ubicación natural puede desplazarse, lo cual implica el acondicionamiento del cauce, a la entrada y salida con la construcción de obras de encauzamiento u otras obras complementarias.

1.2.4.2 Pendiente longitudinal

La pendiente longitudinal de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa, para no incidir en dichos procesos que pueden provocar el colapso de la estructura.

1.2.4.3 Elección del tipo de alcantarilla

a) Tipo y sección

Las secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones especiales que así lo ameriten puede usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas. En carreteras de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de 0.90 m (36") de diámetro o su equivalente de otra sección, salvo en cruces de canales de riego donde se adoptarán secciones de acuerdo a cada diseño particular.

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección rectangular o cuadrada pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén. Generalmente, se recomienda emplear este tipo de alcantarillas cuando se tiene la presencia de suelos de fundación de mala calidad.

Es importante instalar alcantarillas permanentes con un tamaño lo suficientemente grande como para desalojar las avenidas de diseño más los escombros que se puedan anticipar.

b) Materiales

La elección del tipo de material de la alcantarilla depende de varios aspectos, entre ellos podemos mencionar el tiempo de vida útil, costo, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión, fuego e impermeabilidad.

Tabla 1 Valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)

		TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013	
		b. Acero soldado con remaches	0.010 0.013	0.012 0.016	0.014 0.017	
		c. Metal corrugado sub - dren dren para aguas lluvias	0.017 0.021	0.019 0.024	0.021 0.030	
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013	
		tubo con curvas, conexiones afinado	0.011 0.011	0.013 0.012	0.014 0.014	
		tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.013	0.015	0.017	
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.013	0.014	
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016	
		Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020	
		b. Madera duelas	0.010	0.012	0.014	
		laminada y tratada	0.015	0.017	0.020	
		c. Albañilería de piedra.	0.018	0.025	0.030	
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar	0.011	0.012	0.014	
		pintado	0.012	0.013	0.017	
		b. Corrugado	0.021	0.025	0.030	
		B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
			Tratada	0.011	0.012	0.015
			Planchas	0.012	0.015	0.018
			b. Concreto afinado con plana	0.011	0.013	0.015
			afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
			sin afinar	0.014	0.017	0.020
			excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
	excavado en roca descompuesta	0.022	0.027			
	c. Albañilería piedra con mortero	0.017	0.025	0.030		
	piedra sola	0.023	0.032	0.035		
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme nuevo	0.016	0.018	0.020	
		grava	0.022	0.025	0.030	
		con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033	
		b. Tierra, sinuoso sin vegetación	0.023	0.025	0.030	
		con malezas y pasto	0.025	0.030	0.033	
		maleza tupida, plantas	0.030	0.035	0.040	
		fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.040	
		c. Roca suave y uniforme	0.025	0.035	0.040	
		irregular	0.035	0.040	0.050	
		d. Canales sin mantención maleza tupida	0.050	0.080	0.120	
	Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080		
D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033	
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040	
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050	
		Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060	
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150	
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.				
		Árboles y arbustos sumergidos				
		Parcialmente en crecidas con piedras y	0.030	0.040	0.050	
		Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.040	0.050	0.070	

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Se debe tener en cuenta la velocidad, parámetro que es necesario verificar de tal manera que se encuentre dentro de un rango, cuyos límites se describen a continuación.

Tabla 2 Velocidad máxima admisible (m/s) en conductos revestidos

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (M/S)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: HCANALES, Máximo Villon B.

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s. Asimismo, se debe tener muy en cuenta la velocidad de flujo a la salida de la alcantarilla, generalmente esta velocidad es mayor que la velocidad de escurrimiento en el cauce natural y debe limitarse a fin de evitar procesos de socavación del cauce aguas abajo de la estructura y no afecte su estabilidad. A continuación, se presenta una tabla con valores máximos admisibles de velocidades de flujo según el tipo de material donde se desplaza.

1.2.5 Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

La palizada, material sólido y hasta desperdicios arrojados a los cauces naturales y que son arrastrados por la corriente, son elementos muy perjudiciales si se acumulan en la alcantarilla e inciden en su comportamiento hidráulico. No solamente afecta a la alcantarilla, también afecta las zonas aledañas de la carretera.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente deben ser analizadas desde el punto de vista económico, ya que pueden incrementar el costo de construcción, costo de obras adicionales, así como los costos por trabajos de limpieza y mantenimiento.

En zonas de selva alta en donde las características físicas y geomorfológicas (típicas) sean:

- Cauces encajonados, en V, inactivos o con flujo permanente de agua.
- Pendientes entre 5% y 60%, es decir de medianas a fuertes.
- Tipo de suelo: taludes y lecho de material granular, aluviales, coluviales, con matriz fina de arena y limos, gravas y gravillas; es decir vulnerables a erosión pluvial.
- Tipo de vegetación, arbustiva, en taludes.

b) Borde libre

El borde libre en alcantarillas es un parámetro muy importante a tomar en cuenta durante su diseño hidráulico, por ello, las alcantarillas no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica. Se recomienda que el diseño hidráulico considere como mínimo el 25 % de la altura, diámetro o flecha de la estructura.

c) Socavación local a la salida de la alcantarilla

Si la velocidad del flujo a la entrada y particularmente a la salida de la alcantarilla es alta, puede producir procesos de socavación local que afecte su estabilidad, por ello, se recomienda la protección del cauce natural mediante la construcción de emboquillados de piedra, enchapado de rocas acomodadas u otros tipos de revestimientos, los cuales deberán extenderse hasta zonas donde la socavación local no tenga incidencia sobre la protección una medida para reducir la velocidad del flujo, es la construcción de aliviaderos de entrada y salida de la alcantarilla en forma escalonada con el objetivo de disipar la energía hidráulica

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

1. Por el Método Racional, si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km².
2. Por el Método de Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación para área de cuencas mayores de 13 Km².

* El período de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años.

1.2.5.1 Captación de aguas pluviales en edificaciones

Para el diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales en edificaciones ubicadas en localidades de alta precipitación con características iguales o mayores a las establecidas en el numeral 4.6 de la norma OS.060, se deberá tener en consideración las siguientes indicaciones.

Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; más, con la finalidad de garantizar la estabilidad de las estructuras de la edificación, estas aguas deberán ser evacuadas a los jardines o suelos sin revestir a fin de poder garantizar su infiltración al subsuelo. Si esta condición no es posible deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada. (Ver tabla N° 03)

Tabla 3: Velocidad Máximas Admisibles (m/s) en Canales No Revestidos.

TIPO DE TERRENO	FLUJO INTERMITENTE (M/S)	FLUJO PERMANENTE (M/S)
Arena fina (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla arenosa (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla limosa (no coloidal)	0.90	0.90
Arcilla fina	1.00	1.00
Ceniza volcánica	1.20	1.00
Grava fina	1.50	1.20
Arcilla dura (coloidal)	1.80	1.40
Material graduado (no coloidal)		
Desde arcilla a grava	2.00	1.50
Desde limo a grava	2.10	1.70
Grava	2.30	1.80
Grava gruesa	2.40	2.00
Desde grava a piedras (< 15 cm)	2.70	2.10
Desde grava a piedras (> 20 cm)	3.00	2.40

Fuente: Manual de Carreteras de California

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s. Asimismo, se debe tener muy en cuenta la velocidad de flujo a la salida de la alcantarilla, generalmente esta velocidad es mayor que la velocidad de escurrimiento en el cauce natural y debe limitarse a fin de

evitar procesos de socavación del cauce aguas abajo de la estructura y no afecte su estabilidad.

A. Almacenamiento de aguas pluviales en áreas superiores o azoteas:

- El almacenamiento de agua pluvial en áreas superiores o azoteas transmite a la estructura de la edificación una carga adicional que deberá ser considerada para determinar la capacidad de carga del techo y a la vez, el mismo deberá ser impermeable para garantizar la estabilidad de la estructura.
- El almacenamiento en azoteas será aplicable áreas iguales o mayores a 500 m².
- La altura de agua acumulada en azoteas no deberá ser mayor de 0.50 m.
- En el proyecto arquitectónico de las edificaciones se debe considerar que las azoteas dispondrán de pendientes no menores del 2% hacia la zona seleccionada para la evacuación.

B. Criterios para evacuación de las aguas almacenadas en azoteas:

Para la evacuación de las aguas pluviales almacenadas en azoteas se utilizarán montantes de 0.05 m de diámetro como mínimo y una ubicación que permita el drenaje inmediato y eficaz con descarga a jardines o patios sin revestimiento.

C. Criterios para evacuación de las aguas pluviales de las viviendas

En última instancia y luego de considerar lo indicado en los párrafos A, y B precedentes y no ser posible la infiltración de las aguas pluviales, éstas deberán ser evacuadas hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada para lo cual, se debe prever la colocación de ductos o canaletas de descargas sin tener efectos erosivos en las cunetas que corren a lo largo de las calles.

1.2.5.2 Captación en zona vehicular - pista

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

A. Orientación del Flujo

En el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (S_l) y transversales (S_t) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada. Las pendientes a considerar son:

Pendiente Longitudinal (S_l) > 0,5%.

Pendiente Transversal (S_t) de 2% a 4%

B. Captación y Transporte de aguas Pluviales de calzada y aceras

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

a) Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales (Ver fig. 1)

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

b) Determinación de la capacidad de la cuneta

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

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

La sección transversal de las cunetas generalmente tiene una forma de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo.

La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento y puede ser compuesta de dos líneas rectas. La figura 3 muestra las características de tres tipos de cuneta de sección triangular y las ecuaciones que gobiernan el caudal que por ellas discurre, utilizando la ecuación de Manning.

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

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

b.1. Coeficiente de rugosidad

La tabla N° 4 muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondientes a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

Tabla 4 Valores del coeficiente de rugosidad n (Chow, 1959)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductor cerrados fluyendo llenos parcialmente			
A-1. Metal			
<i>a.</i> Bronce, liso	0.009	0.010	0.013
<i>b.</i> Acero			
1. "Lockbar" y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
<i>c.</i> Acero fundido			
1. Forrado	0.010	0.013	0.014
2. Sin forrar	0.011	0.014	0.016
<i>d.</i> Acero comercial			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
<i>e.</i> Metal corrugado			
1. Drenaje inferior	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de tormenta	0.021	0.024	0.030
A-2. No metal			
<i>a.</i> Lucita	0.008	0.009	0.010
<i>b.</i> Vidrio	0.009	0.010	0.013
<i>c.</i> Cemento			
1. Pulido de superficie	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
<i>d.</i> Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de desperdicios	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con codos, conexiones y algunos desperdicios	0.011	0.013	0.014
3. Terminado	0.011	0.012	0.014
4. Coloca con válvulas, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin terminar, con encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin terminar, con encofrado pulido de madera	0.012	0.014	0.016
7. Sin terminar, con encofrado común de madera	0.015	0.017	0.020
<i>e.</i> Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
<i>f.</i> Cerámica			
1. Drenaje común de tejas	0.011	0.013	0.017
2. Cloaca vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Cloaca vitrificada con válvulas, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017

Tabla 5 Valores del coeficiente de rugosidad n (Chow, 1959 Continuación).

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
4. Dren inferior vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
<i>g.</i> Mampostería de ladrillo			
1. Vidriada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
<i>h.</i> Colectores sanitarios revestidos con desechos de aguas negras, con codos y conexiones	0.012	0.013	0.016
<i>i.</i> Solera pavimentada, cloaca de fondo liso	0.016	0.019	0.020
<i>j.</i> Mampostería cepillada, cementada	0.018	0.025	0.030
B. Canales revestidos o fabricados			
B-1. Metal			
<i>a.</i> Superficie de acero liso			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
<i>b.</i> Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
<i>a.</i> Cemento			
1. Limpio en la superficie	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
<i>b.</i> Madera			
1. Cepillada sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Planchas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Revestida con papel impermeable	0.010	0.014	0.017
<i>c.</i> Concreto			
1. Terminado con cuchara	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con lechada	0.013	0.015	0.016
3. Terminado con grava en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin terminar	0.014	0.017	0.020
5. Gunita en sección correcta	0.016	0.019	0.023
6. Gunita en sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca excavada pareja	0.017	0.020	
8. Sobre roca excavada irregular	0.022	0.027	
<i>d.</i> Fondo de concreto terminado con lechada con los costados de			
1. Piedra acomodada en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra volcada en mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra partida cementada y revocada	0.016	0.020	0.024

b.1.1 Evaluación de los factores que afectan el coeficiente de rugosidad

Se ha encontrado que los factores que más intervienen en la determinación de este coeficiente son:

❖ Rugosidad superficial (n1):

- Debido al tamaño y la forma del material que conforma el perímetro mojado.
- Si material es fino, el valor de n es bajo.
- Si el fondo se depositan piedras grandes, pueden producir una n alta en estados bajos y valores relativamente bajos de n en estados altos.

Estos se pueden clasificar como:

- Ligero, para la mejor superficie que se puede alcanzar con un material dado,

- Menor, para canales bien dragados, ligeramente erosionados o con taludes ligeramente socavados,
- Moderados, para canales de pobre a regularmente dragados o con taludes moderadamente erosionables o reblandecidos y
- Severo, para cauces naturales fuertemente reblandecidos o canales muy erosionables, también para canales excavados en roca con superficie muy irregular.

❖ **Irregularidad del canal (n2):**

Esto se refiere a las variaciones en las secciones transversales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal

- En Canales naturales las irregularidades son por lo general el resultado de depósitos o sedimentos.
- Cuando la variación es gradual el coeficiente n de Manning no se ve afectado significativamente, de n mucho mayor
- Pero cuando se presentan cambios abruptos se puede generar un valor

Se pueden considerar las graduaciones siguientes:

- Gradualmente en tamaño y forma,
- Ocasional, cuando grandes y pequeñas secciones esta alternadas ocasionalmente, o cuando cambios de forma causan ocasionalmente movimientos del flujo principal de un lado a otro,
- Frecuente, cuando hay grandes y pequeñas secciones alternadas frecuentemente o cuando los cambios de forma causan movimientos frecuentes en el flujo principal de un lado a otro.

❖ **Obstrucción (n3):**

La presencia de obstáculos tales como:

- Troncos de árbol,
- Deshechos de flujo,

- Atascamientos, alcantarillas, pilas de puentes y estructuras similares
- Tienden a incrementar el valor de n , el cual depende de la naturaleza de la obstrucción, de su tamaño, forma, número y distribución a lo largo y ancho del canal.
- La magnitud en que los obstáculos ocupan o reducen el área promedio de flujo,
- La forma de dichos obstáculos (lo
- La posición o espaciamiento de los mismos, tanto transversalmente como longitudinal en el tramo en estudio.

❖ **Vegetación (n_4):**

El efecto retardante causado por la vegetación puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación, y esto es muy importante sobre todo en el diseño de pequeños canales de drenaje. Según algunas investigaciones se obtuvieron las siguientes conclusiones como:

- A menor profundidad se obtienen mayores valores de n debido a la mayor proporción afectada por la vegetación y
- En un canal ancho se tiene un valor mayor de n que un canal angosto.

El efecto de la vegetación se puede considerar en diferentes grados:

Bajo:

- Grama o maleza densa, de la cual el tipo bermuda y azul son típicas y donde la profundidad del flujo es dos o tres veces la altura de la vegetación.
- Retoños de árboles o arbustos, donde la profundidad de flujo es tres o cuatro veces la altura de la vegetación.

Medio:

- Grama, donde la profundidad del flujo es una o dos veces la altura de la vegetación.

- Tallos y retoños de árboles con cobertura moderadas, donde la profundidad de flujo es dos o tres veces la altura de la vegetación.
- Vegetación de monte moderadamente denso a lo largo de las paredes de un canal sin vegetación significativa a lo largo del fondo, donde el radio hidráulico es mayor de 60 cm.

Alto:

- Grama, donde la profundidad promedio de flujo es aproximadamente igual a la altura de la vegetación.
- Árboles pequeños o arbustos junto con vegetación de monte con poco follaje y radio hidráulico mayor de 60 cm.
- Arbustos y árboles como sauces de un año con montes en completo follaje a lo largo de las paredes, sin vegetación significativamente en el fondo y con radio hidráulico mayor de 60 cm.

Muy Alto:

- Grama, donde la profundidad promedio de flujo sea menor que la mitad de la altura de la vegetación.
- Arbustos y árboles como sauces de un año, con montes en completo follaje en las paredes y a lo largo del fondo, con cualquier valor del radio hidráulico hasta 5 cm.

❖ **Alineamiento del canal (n5):**

- Cuando se presentan curvas en el eje longitudinal del canal se presentan variaciones del coeficiente dependiendo del grado de curvatura.
- Cuando las curvas son suaves con radios grandes se producirán valores de n relativamente bajos, y
- Las curvas bruscas producirán un aumento en el valor de n.
- Con base en algunos estudios se sugirió que se incrementara el valor de n en 0.001 por cada 20 grados de curvatura en 100 pies de canal.

❖ **La sinuosidad es considera:**

- Menor para valores de 1.0 a 1.2,
- Apreciable para valores de 1.2 a 1.5 y
- Severa para valores iguales o mayores que 1.5.

❖ **Sedimentación y socavación:**

- La sedimentación puede llegar a convertir un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme, llevando a una disminución en el coeficiente de Manning.
- Entre tanto la socavación puede hacer lo contrario llevando a un aumento del n.
- Pero en general la sedimentación y la socavación activas dan variaciones al canal, las cuales generan un incremento en el valor de n.

❖ **Nivel del agua y descarga:**

- El valor de n tiende a disminuir en muchos canales al aumentar el nivel del agua y la descarga.
- El valor de n puede ser grande, no solo a pocas profundidades sino también en niveles altos si las bancas son rugosas, pastosas o cubiertas de hierba.
- En inundaciones, el valor de n por lo general varía con la profundidad de la inundación,
- En canales artificiales se puede suponer un valor de n constante, debido a que el lecho y las bancas son igualmente suaves y regulares y la pendiente del fondo es uniforme.

A continuación, se presenta una tabla que resume los criterios y los valores numéricos que los corresponden, por medio de la ecuación de Cowan.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Tabla 6 Criterios y los valores numéricos que los corresponden, por medio de la ecuación de Cowan

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Tomada del libro Hidráulica de canales abiertos (Ven te Chow)

c) Evacuación de las aguas transportadas por las cunetas

Para evacuación de las aguas de las cunetas deberá preverse Entradas o Sumideros de acuerdo a la pendiente de las cunetas y condiciones de flujo.

d) Sumideros (Ver Figura N° 5)

d.1 La elección del tipo de sumidero dependerá de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación y puede ser dividido en tres tipos, cada uno con muchas variaciones.

- **Sumideros Laterales en Sardinell o Solera.** Este ingreso consiste en una abertura vertical del sardinell a través del cual pasa el flujo de las cunetas.

Su utilización se limita a aquellos tramos donde se tenga pendientes longitudinales menores de 3%. (Ver fig. No 4).

- **Sumideros de Fondo.** Este ingreso consiste en una abertura en la cuneta cubierta por uno o más sumideros.
Se utilizarán cuando las pendientes longitudinales de las cunetas sean mayores del 3%.
Las rejillas para este tipo de sumideros serán de barras paralelas a la cuneta.
Se podrán agregar barras cruzadas por razones estructurales, pero deberán mantenerse en una posición cercana al fondo de las barras longitudinales. Los sumideros de fondo pueden tener una depresión para aumentar su capacidad de captación.
- **Sumideros Mixtos o Combinados.** Estas unidades consisten en un Sumidero Lateral de Sardinel y un Sumidero de Fondo actuando como una unidad. El diámetro mínimo de los tubos de descarga al buzón de reunión será de 10".

Complementariamente puede usarse también.

- **Sumideros de Rejillas en Calzada.** Consiste en una canalización transversal a la calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas.

d.2. Se utilizarán los siguientes tipos de sumideros:

- **Tipo S1:** Tipo grande conectado a la cámara. Corresponde a sumideros del tipo mixto (Ver fig. No. 5)
- **Tipo S2:** Tipo grande conectado a la tubería. Corresponde a sumideros de] tipo mixto. (Ver fig. No. 6).
- **Tipo S3:** Tipo chico conectado a la cámara (Ver fig. No. 7)
- **Tipo S4:** Tipo chico conectado a la tubería (Ver fig. No. 8)

Los sumideros tipo S3 y S4 se utilizarán únicamente en los casos siguientes:

- Cuando el sumidero se ubica al centro de las avenidas de doble calzada.
- Cuando se conectan en serie con tipo grande S1 o S2.

- Para evacuar las aguas pluviales provenientes de las calles ciegas y según especificación del proyectista.

d.3. En caso de situaciones que requieren un tratamiento distinto se diseñarán sumideros especiales.

d.4. Ubicación de los Sumideros

La ubicación de los sumideros dependerá del caudal, pendiente, la ubicación y geometría de enlaces e intersecciones, ancho de flujo permisible del sumidero, volumen de residuos sólidos, acceso vehicular y de peatones.

En general los sumideros deben ponerse en los puntos bajos. Su ubicación normal es en las esquinas de cruce de calles, pero al fin de entorpecer el tráfico de las mismas, deben empezar retrasadas con respecto a las alineaciones de las fachadas (Ver figura N° 5).

Cuando las manzanas tienen grandes dimensiones se colocarán sumideros intermedios. Cuando el flujo de la cuneta es pequeño y el tránsito de vehículos y de peatones es de poca consideración, la corriente puede conducirse a través de la intersección mediante una cuneta, hasta un sumidero ubicado aguas abajo del cruce.

Por razones de economía se recomienda ubicar los sumideros en la cercanía de alcantarillas y conductos de desagüe del sistema de drenaje pluvial.

d.5. Espaciamiento de los Sumideros

Se determinará teniendo en cuenta los factores indicados para el caso de la Ubicación de los Sumideros, ítem d.4.

Para la determinación de espaciamiento de sumideros ubicados en cuneta medianera, el proyectista deberá considerar la permeabilidad del suelo y su erosionabilidad.

Cuando las condiciones determinan la necesidad de una instalación múltiple o serie de sumideros, el espaciamiento mínimo será de 6m.

d.6 Diseño Hidráulico de los Sumideros.

Se deberá tener en cuenta las siguientes variables:

- Perfil de la pendiente.
- Pendiente transversal de cunetas con solera.
- Depresiones locales.
- Retención de Residuos Sólidos.
- Altura de Diseño de la Superficie de Aguas dentro del sumidero.
- Pendiente de los sumideros.
- Coeficiente de rugosidad de la superficie de las cunetas.

e) Rejillas

Las rejillas pueden ser clasificadas bajo dos consideraciones:

1. Por el material del que están hechas; pueden ser:
 - a. de Fierro Fundido (Ver fig. N° 9)
 - b. de Fierro Laminado (Platines de fierro) (ver fig. N° 10, 11, 12)
2. Por su posición en relación con el sentido de desplazamiento principal de flujo; podrán ser:
 - a. De rejilla horizontal.
 - b. De rejilla vertical.
 - c. De rejilla horizontal y vertical.

Las rejillas se adaptan a la geometría y pueden ser enmarcadas en figuras: Rectangulares, Cuadradas y Circulares.

Generalmente se adoptan rejillas de dimensiones rectangulares y por proceso de fabricación industrial se fabrican en dimensiones de 60 mm x 100 mm y 45 mm x 100 mm (24"x 40" y 18" x 40").

La separación de las barras en las rejillas varía entre 20 mm - 35 mm - 50 mm (3/4" – 1 3/8" - 2") dependiendo si los sumideros se van a utilizar en zonas urbanas o en carreteras.

f) Colectores de Aguas Pluviales

El alcantarillado de aguas pluviales está conformado por un conjunto de colectores subterráneos y canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por las lluvias a un curso de agua.

El agua es captada a través de los sumideros en las calles y las conexiones domiciliarias y llevada a una red de conductos subterráneos que van aumentando su diámetro a medida que aumenta el área de drenaje y descargan directamente al punto más cerca no de un curso de agua; por esta razón los colectores pluviales no requieren de tuberías de gran longitud. Para el diseño de las tuberías a ser utilizadas en los colectores pluviales se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones.

f.1. Ubicación y Alineamiento

Para el drenaje de la plataforma se deberá evitar la instalación de colectores bajo las calzadas y bermas. Sin embargo, cuando la ubicación bajo la calzada es inevitable, deberá considerarse la instalación de registros provistos de accesos ubicados fuera de los límites determinados por las bermas.

Los quiebres debidos a deflexiones de alineamiento deberán tomarse con curvas circulares.

Las deflexiones de alineamiento en los puntos de quiebre no excederán de 10r, en caso contrario deberá emplearse una cámara de registro en ese punto.

f.2. Diámetro de los Tubos

Los diámetros mínimos serán los indicados en la Tabla N° 07.

Tabla 7 Diámetros Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de llluvias

<i>Tipo de Colector</i>	<i>Diámetro Mínimo (m)</i>
Colector Troncal	0,50
Lateral Troncal	0,40*
Conductor Lateral	0,40*

En instalaciones ubicadas parcial o totalmente bajo la calzada se aumentarán en diámetros a 0.50 m por lo menos. Los diámetros máximos de las tuberías están limitados según el material con que se fabrican.

f.3. Resistencia

Las tuberías utilizadas en colectores de aguas pluviales deberán cumplir con las especificaciones de resistencia específicas en las Normas Técnicas Peruanas NTP vigentes o a las normas ASTM, AWWA o DIN, según el país de procedencia de las tuberías empleadas.

f.4. Selección del Tipo de Tubería

Se tendrán en cuenta las consideraciones especificadas en las Normas Técnicas Peruanas NTP vigentes.

Los materiales de las tuberías comúnmente utilizadas en alcantarillados pluviales son:

- Asbesto Cemento
- Concreto Armado Centrifugado
- Hierro Fundido Dúctil
- Concreto Pretensado Centrifugado
- Poly (cloruro de vinilo)
- Concreto Armado vibrado con recubrimiento interior de polietileno PVC.
- PVC)
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio GRP
- Arcilla Vitrificada

f.5. Altura de Relleno

La profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1 m. Serán aplicables las recomendaciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas NTP o las establecidas en las normas ASTM o DIN.

f.6. Diseño Hidráulico

En el diseño hidráulico de los colectores de agua de lluvia, se podrán utilizar los criterios de diseño de conductos cerrados.

Para el cálculo de los caudales se usará la fórmula de Manning con los coeficientes de rugosidad para cada tipo de material, según la tabla siguiente:

Tabla 8 Coeficientes de rugosidad de Manning para diferentes tipos de material

Tubería	Coefficiente de Rugosidad «n» de Manning
Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido Dúctil	0.010
Cloruro de Polivinilo	0.010
Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010

El colector debe estar en capacidad de evacuar un caudal a tubo lleno igual o mayor que el caudal de diseño.

La figura N° 8 muestra la representación gráfica de la Ecuación de Manning para tuberías con un coeficiente de rugosidad n de Manning igual a 0.010.

f.7. Velocidad mínima

La velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno es requerida para evitar la sedimentación de las partículas que como las arenas y gravas acarrea el agua de lluvia.

f.8. Velocidad máxima

La velocidad máxima en los colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión es función del material del que están hechas las tuberías y no deberá exceder los valores indicados en la tabla N° 9 a fin de evitar la erosión de las paredes.

Tabla 9 Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado m/s

Material de la tubería	Agua con fragmentos de Arena y Grava
Asbesto Cemento	3.00
Hierro Fundido Dúctil	6.00
Cloruro de Polivinilo	6.00
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.00
Arcilla Vitrificada	3.50
Concreto Armado de: 140 Kg/cm ²	2.00
210 Kg/cm ²	3.30
250 Kg/cm ²	4.00
280 Kg/cm ²	4.30
315 Kg/cm ²	5.00
Concreto Armado de curado de vapor > 280 Kg/cm ²	6.60

f.9. Pendiente mínima

Las pendientes mínimas de diseño de acuerdo a los diámetros, serán aquellas que satisfagan la velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno. Por este propósito, la pendiente de la tubería algunas veces incrementa en exceso la pendiente de la superficie del terreno.

g) Registros

g.1. Los registros instalados tendrán la capacidad suficiente para permitir el acceso de un hombre y la instalación de una chimenea. El diámetro mínimo de registros para colectores será de 1.20 m.

Si el conducto es de dimensiones suficientes para el desplazamiento de un operario no será necesario instalar un registro, en este caso se deberá tener en cuenta los criterios de espaciamiento.

g.2. Los registros deberán ubicarse fuera de la calzada, excepto cuando se instalen en caminos de servicio o en

calles, en este caso se evitará ubicarlos en las intersecciones.

Los registros deberán estar ubicados en:

- Convergencia de dos o más drenes.
- Puntos intermedios de tuberías muy largas.
- En zonas donde se presente cambios de diámetro de los conductos.
- En curvas o deflexiones de alineamiento (no es necesario colocar registros en cada curva o deflexión).
- En puntos donde se produce una brusca disminución de la pendiente.

g.3. **Espaciamiento**

- Para tuberías de diámetro igual o mayor a 1.20m., o conductos de sección transversal equivalente, el espaciamiento de los registros será de 200 a 350 m.
- Para diámetros menores de 1.20 m. el espaciamiento de los registros será de 100 a 200 m.
- En el caso de conductos pequeños, cuando no sea posible lograr velocidades de autolimpieza, deberá colocarse registros cada 100 m.

Con velocidades de autolimpieza y alineamiento desprovisto de curvas agudas, la distancia entre registros corresponderá al rango mayor de los límites mencionados en los párrafos anteriores.

g.4. **Buzones**

- Para colectores de diámetro menor de 1.20 m el buzón de acceso estará centrado sobre el eje longitudinal del colector.
- Cuando el diámetro del conducto sea superior al diámetro del buzón, éste se desplazará hasta ser tangente a uno de

los lados del tubo para mejor ubicación de los escalines del registro.

- En colectores de diámetro superior a 1.20 m. con llegadas de laterales por ambos lados del registro, el desplazamiento se efectuará hacia el lado del lateral menor.

g.5. Disposición de los laterales o subcolectores

- Los laterales que llegan a un punto deberán converger formando un ángulo favorable con la dirección del flujo principal.
- Si la conservación de la carga es crítica, se deberán proveer canales de encauzamiento en el radier de la cámara.

h) Estructura de Unión

Se utilizará sólo cuando el colector troncal sea de diámetro mayor a 1 m.

1.2.6 Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbano mayor

Los sistemas de drenaje mayor y menor instalados en centros urbanos deberán tener la capacidad suficiente para prevenir inundaciones por lluvias de poca frecuencia.

1.2.6.1 Consideraciones básicas de diseño

- a) Las caudales para sistema mayor deberán ser calculados por los métodos del Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación. El Método Racional sólo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km².
- b) El Período de Retorno no debe ser menor de 25 años.
- c) El caudal que o pueda ser absorbido por el sistema menor, deberá fluir por calles y superficie del terreno.

- d) La determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano o residencial producida por la precipitación generada por una tormenta referida a un cierto periodo de retorno nos permitirá utilizando la ecuación de Manning determinar la capacidad de la tubería capaz de conducir dicho caudal fluyendo a tubo lleno. (Ver Gráfico N° 2).

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \Rightarrow Q = V \times A \Rightarrow Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V : Velocidad media

R : Radio medio hidráulico (m)

S : Pendiente de la canalización

N . Coeficiente de rugosidad de manning

A : Sección transversal de la

Q : Caudal (Escorrentía Superficial)

- e) Para reducir el caudal pico en las calles, en caso de valores no adecuados, se debe aplicar el criterio de control de la descarga mediante el uso de lagunas de retención (Ponding).

f) Las Lagunas de Retención son pequeños reservorios con estructuras de descarga regulada, que acumulan el volumen de agua producida por el incremento de caudales pico y que el sistema de drenaje existente no puede evacuar sin causar daños.

g) **Proceso de cálculo en las Lagunas de Retención.** Para la evacuación del volumen almacenado a fin de evitar daños en el sistema drenaje proyectado o existente, se aplicarán procesos de cálculo denominados Tránsito a través de Reservorios.

h) **Evacuación del Sistema Mayor.**

Las vías calles, de acuerdo a su área de influencia, descargarán, por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la

ubicación de una calle de gran capacidad de drenaje, denominada calle principal o evacuador principal.

1.2.6.2 Tipos de sistemas de evacuación

- a) Por gravedad.
- b) Por bombeo.

a) Condiciones para evacuar por gravedad.

Para el sistema evacue por gravedad, y en función del depósito de evacuación, las condiciones hidráulicas de descarga son iguales a los descritos en el párrafo 6.7.1., de la norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano, del Reglamento Nacional de Edificaciones

b) Condiciones de evacuación por bombeo

Deberán cumplir las condiciones descritas en el párrafo 6.7.2., de la norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano, del Reglamento Nacional de Edificaciones

1.2.7 Drenaje longitudinal de la vía

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad. Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes.

a) Período de retorno

El caudal de diseño a considerarse será según lo indicado en el ítem 3.6 de la norma presente manual.

b) Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento del drenaje longitudinal se verán afectadas por obstrucción debido al material sólido arrastrado por la corriente, por ello, debe efectuarse un adecuado diseño, que su vez permita realizar un adecuado mantenimiento.

c) Velocidad máxima del agua

La pendiente longitudinal (i) debe estar comprendida entre la condición de auto limpieza y la que produciría velocidades erosivas, es decir:

$$0.5 \% < i < 2 \%$$

La corriente no debe producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados; en la Tabla N° 04, en función de la naturaleza de dicha superficie.

Si la corriente pudiera conducir material en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

1.2.8 Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial. Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión.

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La

profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

El encuentro de la superficie de rodadura con el talud interno de la cuneta, debe ser tal que la superficie de rodadura (concreto asfáltico, etc.) no cubra todo el espesor de pared de la cuneta, tal como se aprecia en las Figura N° 03. La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la Tabla N° 05 del Manual de Diseño geométrico DG-2001.

Para lograr el funcionamiento adecuado de la sección hidráulica, se requiere que en los proyectos viales se considere:

- La construcción de una berma exterior de recepción con ancho mínimo de 60 cm (entre la cuneta y pie del talud de corte), con la finalidad de recepcionar la posible caída de materiales del talud superior, los cuales, al impactar, deterioran las losas, y colmatan la sección hidráulica.
- Así mismo es necesario establecer la necesidad de mantenimiento de cunetas por lo menos dos veces al año (antes y después del período de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

Cuando existan limitaciones de ancho de la plataforma se podrá proyectar cunetas con doble función:

- Drenaje, y
- Área de emergencia (berma)

Para los cuales se buscará la solución más adecuada tales como: cunetas cubiertas, berma-cuneta, cuneta tipo batea, etc.

a) Desagüe de las cunetas

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. En región seca o poca lluviosa la longitud de las cunetas será de 250m como máximo, las longitudes de recorridos

mayores deberán justificarse técnicamente; en región muy lluviosa se recomienda reducir esta longitud máxima a 200m. Salvo justificaciones técnicas, cuando se tenga presencia de áreas agrícolas, viviendas ubicadas sobre el talud inferior de la carretera que pueden ser afectadas por descargas de alcantarillas de alivio. En este aspecto, el proyectista deberá realizar una evaluación exhaustiva para ubicar adecuadamente los puntos de descarga de alcantarillas de alivio sin afectar la propiedad adyacente.

b) Revestimiento de las cunetas

Las cunetas deben ser revestidas, para evitar la erosión de la superficie del cauce o conducto, productos de corrientes de agua que alcancen velocidades medias superiores a los límites fijados; o cuando el terreno es muy permeable que permite la filtración hacia el pavimento, y consecuentemente su deterioro. El revestimiento de las cunetas puede ser de concreto, o de ser el caso de mampostería de piedra, previa verificación de velocidades de acuerdo a las pendientes finales del trazo geométrico. Se recomienda un revestimiento de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y espesor de 0.075m.

1.2.9 Canales de drenaje

Un sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente debe interceptar con efectividad todo el escurrimiento directo superficial y de la cuenca, para conducirla a través de canales y cunetas que tengan el diseño adecuado para su descarga final en los cursos de agua naturales.

En zonas bajas o con depresiones en su topografía, hay acumulaciones de aguas que pueden deberse a diferentes causas: por precipitaciones copiosas, por escurrimiento superficial o por elevación de la napa freática causada por riego o crecida de un río cercano, por tanto, para captar y

evacuar estas aguas acumuladas, se proyectarán diferentes canales en red de drenaje, dentro del área que presenta estos problemas.

Esta red de drenaje está compuesta por:

- Canales principales, que son los “drenes” o cauces naturales, los cuales se amplían en función del caudal a evacuar.
- Canales secundarios, se proyectan para ampliar la red, y están conectados con los canales principales.
- Canales terciarios, son los canales colectores, estos recogen el agua del área a evacuar y los trasladan hacia los canales secundarios.
- Los canales pueden ser de concreto fraguado en el terreno ó de canales prefabricados de concreto.

1.2.10 Drenaje del pavimento

Salvo en el caso de carreteras en terrenos permeables, el drenaje de la capa permeable constituida por la sub-base y/o base, puede proyectarse tanto mediante drenes enterrados como prolongando la capa permeable hasta los taludes de los terraplenes con descarga hacia cunetas o zanjas. Además, deben darse pendientes transversales mínimas a la subrasante. En los sectores de la carretera en los que el pavimento se asienta sobre una subrasante impermeable, debe evitarse que el agua de lluvia que se presenta por capilaridad o se filtra a través del pavimento, se acumule bajo éste y forme una bolsa de agua que origine su ruptura por el paso del tránsito. Este problema es mayor cuando la cuneta se coloca a la altura del pavimento y naturalmente tiene que ser revestida.

Las soluciones más recomendadas para evitar la acumulación del agua son:

- a. Colocación en el sector, bajo el pavimento, una capa drenante que siga la pendiente lateral de la carretera, que se prolonga hasta un lugar con drenaje natural.
- b. Colocación de un subdrén, bajo la berma adyacente a la cuneta, con una tubería perforada de plástico pesada a una profundidad

adecuada y que esté de acuerdo al diseño, que recoja el agua que filtra y la lleve al lugar de drenaje natural.

“Se define capacidad de una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo” (Luis Bañón Blázquez, José Beviá García, 2000).

Depende de las propias características de la vía (geometría y estado del pavimento), del tráfico y de los controles. Además, se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento, así como las condiciones ambientales y meteorológicas. Estos dos últimos factores no se hallan lo suficientemente estudiados al no influir decisivamente, salvo en casos aislados.

“El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos ya que se considera el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable” (Transportation Research Board, 2000). Cabe recalcar que la capacidad no se refiere al máximo volumen al que puede darse servicio durante una hora, entonces la capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima horaria.

Según GÁLVEZ, H. 2004. Hace mención sobre los DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN

Los drenajes. - Son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la pavimentación de las calles, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente al pavimento y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión.

Drenaje de tipo triangular. - Cuya descripción de su ancho, es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad, es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

El encuentro de la superficie de rodadura con el talud interno de la cuneta, debe ser tal que la superficie de rodadura (concreto asfáltico, etc.) no cubra todo el espesor de pared del drenaje. Correspondiéndole a la Avenida Yavarí - Manco Cápac.

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño del pavimento, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la Tabla N° 304.12 del Manual de Diseño geométrico DG-2001.

Drenaje tipo rectangular

La Avenida YAVARÍ - CABO PANTOJA, diseño de pavimento rígido, con canales separativos en forma de "U", con rejillas de fierro corrugado.

Los canales en forma rectangular; su función principal, es la de permitir la retirada de las aguas que se acumulan por gravedad, causando inconvenientes ya en áreas urbanizadas o carreteras. Se consideran algunos elementos topográficos, secciones, velocidades permisibles, entre otros:

- i. Radios mínimos en canales (Tirante, capacidad, material, etc)
- ii. Reconocimiento del terreno
- iii. Trazo preliminar
- iv. Trazo definitivo

MORALES.Z, (2010) Reporta que los drenajes, son obras hidráulicas dispuestas a la recolección del exceso de aguas, que, mediante un conjunto de drenes, canalizan el exceso hacia la red de saneamiento o a un desaguadero.

Sistema de drenaje Urbano. - Comprende una serie de acciones, materiales o no dirigidas al logro de los objetivos establecidos, entre los cuales resulta de mayor relevancia evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales perjudiquen a los habitantes, a las propiedades en las ciudades o afecten el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

Se entenderá como AGUAS PLUVIALES, las provenientes de precipitaciones que inciden sobre las áreas urbanizadas constituyentes de la población, además estas incluyen aquellas que precipitan sobre otras zonas adyacentes, cuyo recorrido bien sea por cauces naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de su superficie, fluyen a través de la ciudad.

Objetivos de los drenajes urbanos, debe estar orientado al cumplimiento de dos objetivos, los cuales son el básico y el complementario. El primero de ellos consiste en prevenir en el mayor rango posible perjuicios a las personas y a las propiedades presentes en ciudad; y el segundo se basa en procurar el desenvolvimiento cotidiano de las poblaciones, lo que garantizaría un tráfico de personas y vehículos adecuados durante el periodo de precipitaciones.

Irving Cibrián Fernández (2009) en su tesis reducción de escurrimientos pluviales mediante la utilización de pavimentos de concreto permeable, concluye:

Lo primero que debe de tenerse presente cuando se quiera utilizar superficies de pavimento a base de concreto permeable es que debe de hacerse de manera muy cuidadosa desde su planeación, diseño, elaboración, colocación y hasta su mantenimiento; ya que de esto depende su adecuada funcionalidad y durabilidad.

La evaluación de las propiedades del concreto del concreto en estado fresco y endurecido es otro de los puntos que se deben de cuidar. Ya que un alto porcentaje de las fallas se atribuye a diseños de mezclas inadecuados.

Otro de los estudios preliminares más importantes es la elección del lugar, ya que involucra la determinación de la permeabilidad del suelo y su

velocidad de infiltración, por lo que debe de tenerse un criterio muy conservador en cuanto a la recta funcionalidad de la obra de infiltración.

Otro punto es el cuidado durante la colocación del concreto, no debe transitarse sobre la superficie recién colada, se debe recubrir con una película de polietileno inmediatamente después de su colocación para evitar la pérdida de agua de la mezcla y obtener un adecuado curado.

La capacidad de infiltración de un pavimento permeable depende de los cuidados anteriormente mencionados, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el mantenimiento es, a su vez, de mucha importancia debido a la porosidad del concreto y su susceptibilidad a la colmatación.

En el caso de que existan inquietudes sobre la continuación de estudios e investigaciones sobre la utilización de pavimentos permeables como una herramienta de disminución de escurrimientos permeables, se hace la recomendación de realizar los estudios de campo pertinentes.

Los estudios previos a la construcción de pavimentos permeables son de gran importancia, pero son de mayor importancia, para futuras investigaciones, los estudios sobre el comportamiento y desempeño de los pavimentos permeables en servicio. Existe inconsistencia en la bibliografía sobre los efectos que puede desencadenar los residuos captados en los vacíos del sistema de infiltración a base de concreto permeable, sobre todo de materia inorgánica. Por lo que sería interesante hacer estudios sobre la captación y comportamiento de estos residuos.

No debe pensarse en el concreto permeable como la sustitución ideal de las redes de drenaje pluvial, sino como un complemento del sistema de drenaje. Su integración al sistema mencionado dependerá de los factores de permeabilidad e infiltración. Así como se mencionan las ventajas y desventajas del concreto permeable, existen otros elementos de infiltración que proporcionan las mismas características de reducción de escurrimientos superficiales, incluso a un menor costo, su inutilidad reside en la necesidad de grandes áreas para acumulación de escurrimientos pluviales, por lo que su utilización en áreas urbanas es inviable.

1.2.11 Tipos de Drenaje

- a) **Drenaje Superficial:** “Comprende las acciones correctivas constituidos por el conjunto de estructuras naturales y artificiales que conducen el escurrimiento superficial desde el lugar de caída de las lluvias hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias del tráfico de personas y vehículos”.
- b) **Drenaje Secundario:** “Es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas”.
- c) **Drenaje Primario:** “Es el conjunto de acciones correctivas constituido por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades”.

1.3 Definición de términos básicos

Según el numeral 3) de la norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano, del Reglamento Nacional de Edificaciones, los Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial Urbana, son los siguientes:

ALCANTARILLA. Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.

ALCANTARILLADO PLUVIAL. Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.

ALINEAMIENTO. Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.

BASE. Capa de suelo compactado, debajo de la superficie de rodadura de un pavimento.

BERMA. Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.

BOMBEO DE LA PISTA. Pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular, se expresa en porcentaje.

BUZON. Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20 m de diámetro. Son construidos en mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o construidos en el sitio, puede tener recubrimiento de material plástico o no, en la base del cilindro se hace una sección semicircular la cual es encargada de hacer la transición entre un colector y otro.

Se usan al inicio de la red, en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro, cambios de pendiente, su separación es función del diámetro de los conductos y tiene la finalidad de facilitar las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general de las tuberías, así como proveer una adecuada ventilación. En la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación.

CALZADA. Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.

CANAL. Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.

CAPTACIÓN. Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.

CARGA HIDRÁULICA. Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN. Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

CORTE. Sección de corte.

CUENCA. Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

CUNETA. Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.

CUNETA MEDIANERA. (Mediana Hundida) Cuneta ubicada en la parte central de una carretera de dos vías (ida y vuelta) y cuyo nivel está por debajo del nivel de la superficie de rodadura de la carretera.

DERECHO DE VÍA. Ancho reservado por la autoridad para ejecutar futuras ampliaciones de la vía.

DREN. Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje.

DRENAJE. Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable.

DRENAJE URBANO. Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

DRENAJE URBANO MAYOR. Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.

DRENAJE URBANO MENOR. Sistema de alcantarillado pluvial que evacua caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.

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.

EJE. Línea principal que señala el alineamiento de un conducto o canal.

ENTRADA. Estructura que capta o recoge el agua de escorrentía superficial de las cuencas.

ESTRUCTURA DE UNIÓN. Cámara subterránea utilizada en los puntos de convergencia de dos o más conductos, pero que no está provista de acceso desde la superficie. Se diseña para prevenir la turbulencia en el escurrimiento dotándola de una transición suave.

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

FILTRO. Material natural o artificial colocado para impedir la migración de los finos que pueden llegar a obturar los conductos, pero que a la vez permiten el paso del agua en exceso para ser evacuada por los conductos.

FLUJO UNIFORME. Flujo en equilibrio dinámico, es aquel en que la altura del agua es la misma a lo largo del conducto y por tanto la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente del fondo del conducto.

HIETOGRAMA. Distribución temporal de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

HIDROGRAMA UNITARIO. Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1 cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada.

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 (l/s/Ha).

LLUVIA EFECTIVA. Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.

MEDIANA. Porción central de una carretera de dos vías que permite su separación en dos pistas, una de ida y otra de vuelta.

MONTANTE. Tubería vertical por medio de la cual se evacua las aguas pluviales de los niveles superiores a inferiores.

PAVIMENTO. Conjunto de capas superpuestas de diversos materiales para soportar el tránsito vehicular.

PELO DE AGUA. Nivel que alcanza el agua en un conducto libre.

PENDIENTE LONGITUDINAL. Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

PENDIENTE TRANSVERSAL. Es la inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

PERIODO DE RETORNO. Periodo de retomo de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

PRECIPITACIÓN. Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.

PRECIPITACION EFECTIVA. Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.

PONDING (LAGUNAS DE RETENCION). Sistema de retención de agua de lluvias para retardar su ingreso al sistema de drenaje existente, a fin de no sobrecargarlo.

RADIER. Disposición geométrica de formas, declives y niveles de fondo que impiden la obstrucción de las entradas y favorecen el ingreso del flujo de agua al sistema de drenaje.

RASANTE. Nivel del fondo terminado de un conducto del sistema de drenaje.

REJILLA. Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema.

REGISTRO. Estructura subterránea que permite el acceso desde la superficie a un conducto subterráneo continuo con el objeto de revisarlo, conservarlo o repararlo.

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.

SARDINEL (SOLERA). Borde de la vereda.

SISTEMAS DE EVACUACION POR GRAVEDAD. Aquellos que descargan libremente al depósito de drenaje, ya sea natural o artificial.

SUMIDERO. Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección.

TIEMPO DE CONCENTRACION. 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.

El tiempo de concentración se divide en dos partes: el tiempo de entrada y el tiempo de fluencia.

El tiempo de entrada es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente.

El tiempo de fluencia es el tiempo necesario para que el agua recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

TUBERIAS RANURADAS. Tuberías de metal con aberturas en la parte superior para permitir la entrada de las aguas pluviales.

VELOCIDAD DE AUTOLIMPIEZA. Velocidad de flujo mínima requerida que garantiza el arrastre hidráulico de los materiales sólidos en los conductos evitando su sedimentación.

VEREDA. Senda cuyo nivel está encima de la calzada y se usa para el tránsito de peatones. Se le denomina también como acera.

VIAS CALLE. Cuando toda la calzada limitada por los sardineles se convierte en un canal que se utiliza para evacuar las aguas pluviales. Excepcionalmente puede incluir las veredas.

1.4 Transformación precipitación-Escorrentía

La transformación de precipitación en escorrentía superficial está ilustrada en la Figura 15, que muestra la relación entre el proceso de precipitación, infiltración subsuperficial, flujo terrestre, y flujo de las calzadas a las cunetas. Dentro de las tantas variables que describe este proceso están el ancho, área, porcentaje de impermeabilidad, pendiente del terreno, parámetros de rugosidad de la superficie, y tasas de infiltración que dependen del método escogido. (Eslamian, 2014).

En esta representación, la subcuenca experimenta el ingreso de la precipitación (precipitación y deshielo) y las pérdidas por evaporación e infiltración. El exceso neto se acumula sobre la superficie de la subcuenca hasta una profundidad d . El agua estancada por encima de la profundidad de almacenamiento de la depresión d_s puede convertirse en escorrentía de salida q . El almacenamiento de la depresión explica las abstracciones iniciales de lluvia, como la acumulación de agua en la superficie, la intercepción por techos planos y vegetación, y la humectación de la superficie.

De la conservación de la masa, el cambio neto en la profundidad d por unidad de tiempo t es simplemente la diferencia entre las tasas de entrada y salida en la subcuenca:

$$\partial d/\partial t = i - e - f - q \quad (2)$$

Donde:

i = tasa de lluvia + deshielo (ft/s)

e = tasa de evaporación de la superficie (ft/s)

f = tasa de infiltración (ft/s)

q = tasa de escorrentía (ft/s)

Tenga en cuenta que los flujos i , e , f y q se expresan como tasas de flujo por unidad de área (cfs/ft² = ft/s).

Suponiendo que el flujo a través de la superficie de la subcuenca se comporte como si fuera un flujo uniforme dentro de un canal rectangular de ancho W (pies), altura $d - d_s$ y pendiente S , la ecuación de Manning se puede usar para expresar el flujo volumétrico de escorrentía Q (cfs) como:

$$Q = \frac{1.49}{n} S^{1/2} R_x^{2/3} A_x$$

$$Q = \frac{1.49 S^{1/2} R_x^{2/3} A_x}{n} \quad (3)$$

Aquí n es un coeficiente de rugosidad de la superficie, S la pendiente aparente o promedio de la subcuenca (ft / ft), A_x es el área a través del ancho de la subcuenca por el cual fluye la escorrentía (ft²), y R_x es el radio hidráulico asociado con esta área (pie). A_x es un área rectangular con ancho W y altura $d - d_s$. Debido a que W siempre será mucho más grande que d , se deduce que $A_x = W (d - d_s)$ y $R_x = d - d_s$. Sustituyendo estas expresiones en la ecuación 3 se obtiene:

$$Q = \frac{1.49 W S^{1/2}}{n} (d - d_s)^{5/3} \quad (4)$$

Para obtener una tasa de flujo de escorrentía por unidad de área de superficie, q , la ecuación 4 se divide por el área de superficie de la subcuenca, A (que no debe confundirse con el área de la sección transversal A_x a través de la cual pasa la escorrentía):

$$q = \frac{1.49WS^{1/2}}{An} (d - d_s)^{5/3} \quad (5)$$

Sustituir esta ecuación en la relación de balance de masa original 2 da como resultado:

$$\frac{\delta d}{\delta t} = i - e - f - \alpha (d - d_s)^{5/3} \quad (6)$$

Donde:

$$\alpha = \frac{1.49WS^{1/2}}{n} \quad (7)$$

La ecuación 6 es una ecuación diferencial no lineal ordinaria. Para los valores conocidos de i , e , f , d_s y α , se puede resolver numéricamente en cada paso de tiempo para la profundidad acumulada d . Una vez que se conoce d , los valores de la tasa de escorrentía q se pueden encontrar en la ecuación 3-4. Tenga en cuenta que la ecuación (6) solo se aplica cuando d es mayor que d_s . Cuando $d \leq d_s$, el escurrimiento q es cero y el balance de masa en d se convierte simplemente en:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i - e - f \quad (8)$$

1.4.1 Infiltración

Bajo el concepto del fenómeno por el que el agua de lluvia penetra la superficie del terreno de los suelos no saturados de las áreas permeables de la subcuenca, el SWMM permite seccionar entre tres modelos diferentes de infiltración:

Modelo de Horton: Basado en observación empírica y propone que la infiltración decrece exponencialmente desde un valor inicial máximo hasta un cierto valor mínimo a lo largo del evento de lluvia.

Modelo de Green-Ampt: Asume la existencia de un frente húmedo brusco en el suelo que separa el suelo con un determinado contenido inicial de humedad del suelo completamente saturado, de la parte superior.

Modelo del Número de Curva: Es una aproximación adoptada a partir del denominado número de curva de NRCS (SCS) para estimar la escorrentía. Se asume que la capacidad total de infiltración del suelo se encuentra tabulada en tablas de Número de Curva. Durante un evento de lluvia esta capacidad se representa como una función de lluvia acumulada y de la capacidad de infiltración restante.

1.4.2 Modelo Hidráulico de Transporte

El transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en SWMM está determinado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (es decir, las ecuaciones de Saint–Venant).

El usuario de SWMM puede seleccionar el nivel de sofisticación con que desea resolver estas ecuaciones.

Existen tres modelos hidráulicos de transporte.

1.4.2.1 Steady Flow (Flujo Permanente):

El modelo de flujo uniforme representa la forma más simple de representar el comportamiento del agua en el interior de los conductos. Para ello se asume que en cada uno de los incrementos de tiempo de cálculo considerados el flujo es uniforme. De esta forma el modelo simplemente traslada los hidrogramas de entrada en el nudo aguas arriba del conducto hacia el nudo final del mismo, con un cierto retardo y cambio en el aspecto

del mismo. Para relacionar el caudal con el área y el calado en el conducto se emplea la Ecuación de Manning.

Este tipo de modelo hidráulico no puede tener en cuenta el almacenamiento de agua que se produce en los conductos, los fenómenos de resalto hidráulico, las pérdidas a la entrada y salida de los pozos de registro, el flujo inverso o los fenómenos de flujo presurizado. Solo puede utilizarse en sistemas ramificados, donde cada uno de los nudos tiene únicamente una única línea hacia la que vierte sus aguas (a menos que el nudo sea un divisor en cuyo caso requiere de dos tuberías de salida).

Este modelo de análisis es insensible al incremento de tiempo seleccionado y únicamente es apropiado para realizar análisis preliminares utilizando simulaciones continuas de escalas de tiempo grandes.

1.4.2.2 Kinematic Wave (Onda Cinemática)

Este modelo hidráulico de transporte resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento en cada una de las conducciones. Esta última requiere que la pendiente de la superficie libre del agua sea igual a la pendiente de fondo del conducto. El caudal máximo que puede fluir por el interior de un conducto es el caudal a tubo lleno determinado por la Ecuación de Manning. Cualquier exceso de caudal sobre este valor en el nudo de entrada del conducto se pierde del sistema o bien puede permanecer estancado en la parte superior del nudo de entrada y entrar posteriormente en el sistema cuando la capacidad del conducto lo permita.

El modelo de la onda cinemática permite que tanto el caudal como el área varíen tanto espacial como temporalmente en el interior del conducto. Esto origina una cierta atenuación y retraso en los hidrogramas de salida respecto de los caudales de entrada en los conductos. No obstante, este

modelo de transporte no puede considerar efectos como el resalto hidráulico, las pérdidas en las entradas o salidas de los pozos de registro, el flujo inverso o el flujo presurizado, así como su aplicación está restringida únicamente a redes ramificadas. Como práctica general puede mantener una estabilidad numérica adecuada con incrementos de tiempo de cálculo relativamente grandes, del orden de 5 a 15 minutos. Si algunos de los efectos especiales mencionados con anterioridad no se presentan en el sistema o no son significativamente importantes en el mismo el modelo de la onda cinemática es una alternativa suficientemente precisa y eficiente para el modelo de transporte con tiempos de simulación largos.

1.4.2.3 Dynamic Wave (Onda Dinámica)

El modelo de transporte de la Onda Dinámica (Dynamic Wave Routing) resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint-Venant y por tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Estas ecuaciones suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nudos.

Con este tipo de modelo de transporte es posible representar el flujo presurizado cuando una conducción cerrada se encuentra completamente llena, de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder del valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la Ecuación de Manning. Las inundaciones ocurren en el sistema cuando la profundidad (calado) del agua en los nudos excede el valor máximo disponible en los mismos. Este exceso de caudal bien puede perderse o bien puede generar un estancamiento en la parte superior del nudo y volver a entrar al sistema de saneamiento posteriormente.

El modelo de transporte de la Onda Dinámica puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos de registro, el flujo inverso y el flujo presurizado. Dado que resuelve de forma simultánea los valores

de los niveles de agua en los nudos y los caudales en las conducciones puede aplicarse para cualquier tipo de configuración de red de saneamiento, incluso en el caso de que contengan nudos con múltiples divisiones del flujo aguas abajo del mismo o incluso mallas en su trazado. Se trata del método de resolución adecuado para sistemas en los que los efectos de resalto hidráulico, originados por las restricciones del flujo aguas abajo y la presencia de elementos de regulación tales como orificios y vertederos, sean importantes. El precio que generalmente es necesario pagar por el empleo de este método es la necesidad de utilizar incrementos de tiempo de cálculo mucho más pequeños, del orden de un minuto o menos. Durante el cálculo SWMM reducirá automáticamente el incremento de tiempo de cálculo máximo definido por el usuario si es necesario para mantener la estabilidad numérica del análisis.

1.4.3 Ecuación Fundamental de Flujo

La ecuación diferencial básica para el cálculo de flujo en alcantarillados proviene de la ecuación de flujo gradualmente variado, unidimensional, no permanente para canales abiertos, conocida como ecuación de Saint-Venant.

En 'Extran', la ecuación de cantidad de movimiento es combinada con la ecuación de continuidad para producir una ecuación a ser resuelta en cada conducto en cada intervalo de tiempo.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad \dots \quad (9)$$

donde:

Q = Descarga a través del conducto

V = Velocidad en el conducto

A = Área de la sección transversal al flujo

H = Altura piezométrica (elevación más profundidad de agua)

Sf= Pendiente de la línea de energía

El flujo se asume constante en un enlace

La altura de la línea de la energía está definida por la ecuación de Manning

La Ecuación de Manning define:

$$S_f = \frac{k}{g A R_H^{4/3}} Q |V| \quad (10)$$

$k = g \cdot (n/1.49)^2$; para el Sistema de Unidades USA

$k = g \cdot n^2$; para el Sistema Internacional

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

g = Aceleración debido a la gravedad

R = Radio hidráulico

El uso del valor absoluto en el término de la velocidad hace a S_f una cantidad direccional y asegura que la fuerza de fricción siempre se oponga al flujo.

Sustituyendo en la ecuación (9) y expresando en forma de diferencias finitas:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R_H^{4/3}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2\bar{V} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right) \Delta t + \bar{V}^2 \left[\frac{(A_2 - A_1)}{L} \right] \Delta t - g\bar{A} \left[\frac{(H_2 - H_1)}{L} \right] \Delta t \quad (11)$$

Donde:

Δt = Intervalo de tiempo

L = Longitud del conducto

Resolviendo la ecuación para $Q_{t+\Delta t}$

Resolviendo la ecuación para $Q_{t+\Delta t}$

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R_H^{4/3}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2\bar{V} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right) \Delta t + \bar{V}^2 \left[\frac{(A_2 - A_1)}{L} \right] \Delta t - g\bar{A} \left[\frac{(H_2 - H_1)}{L} \right] \Delta t \quad (12)$$

$\bar{V}, \bar{A}, \bar{R}$ son los promedios en los extremos del conducto en el tiempo,

$\left(\frac{\Delta A}{\Delta t}\right)_t$ es evaluada para el intervalo anterior

es evaluada para el intervalo anterior

Las incógnitas básicas son: Q_t, H_2, H_1 .

Las variables [V A R] pueden ser referidas a Q y H, por lo tanto, se requiere otra ecuación que relacione Q y H, la que puede ser obtenida de la ecuación de continuidad en cada nudo:

$$H_j(t + \Delta t) = H_j(t) + \frac{\Delta t}{A_{st}(t)} \left\{ \frac{1}{2} \sum [Q(t) + Q(t + \Delta t)] + \sum [Q(t + \Delta t)] \right\} \quad (13)$$

O en forma de diferencias finitas:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \sum \frac{Q_t \Delta t}{A_{St}} \quad (14)$$

Donde:

A_{st} Área de la superficie del nudo

1.4.4 Solución de la Ecuación Fundamental de Flujo por el Método de Euler Modificado

Las ecuaciones a resolver son:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{4} |V_t|} \left[Q_t + 2\bar{V} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t}\right)_t \Delta t + \bar{V}^2 \left[\frac{A_2 - A_1}{L}\right] \Delta t - g\bar{A} \left[\frac{H_2 - H_1}{L}\right] \Delta t \right] \quad (15)$$

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \sum \frac{Q_t \Delta t}{A_{St}}$$

Cálculos a mitad del intervalo de tiempo en el nudo j :

$$H_j\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) = H_j(t) + \frac{\Delta t}{2(A_{st}(t))} \left\{ \frac{1}{2} \sum [Q(t) + Q\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)] + \sum [Q\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)] \right\}$$

conductos, escorrentía estaciones de bombeo, bifurcación, reboses

Cálculos al total del intervalo de tiempo en el nudo j :

$$H_j(t + \Delta t) = H_j(t) + \frac{\Delta t}{A_{st}(t)} \left\{ \frac{1}{2} \sum [Q(t) + Q(t + \Delta t)] + \sum [Q(t + \Delta t)] \right\}$$

La secuencia total de cálculo de caudal y carga hidráulica puede ser resumida como [19]:

1. Cómputo del caudal en $t + \Delta t/2$, en todos los conductos, basados en los valores de carga hidráulica en t de sus nudos extremos.
2. Cómputo del caudal de ingreso o salida en nudos con reboses, orificios, estaciones de bombeo, en $t + \Delta t/2$, basado en los valores de carga hidráulica en t .
3. Cómputo de la carga hidráulica en todos los nudos en $t + \Delta t/2$ basada en los promedios de los valores de caudal a t y $t + \Delta t/2$ en los conductos y los caudales de ingreso o salida en nudos con reboses, orificios, estaciones de bombeo, en $t + \Delta t/2$.
4. Se calcula el caudal a $t + \Delta$ en todos los conductos basado en la carga hidráulica en $t + \Delta t/2$ de sus nudos extremos.
5. Computar el ingreso o salida de caudal en nudos con reboses, orificios y estaciones de bombeo, en $t + \Delta t$, basado en los valores de carga hidráulica en $t + \Delta t/2$.
6. Cómputo de la altura de carga hidráulica en $t + \Delta t$ en los nudos basado en los promedios de los valores de caudal en $t + \Delta t$ y t , y los caudales de ingreso o salida en nudos con reboses, orificios y estaciones de bombeo en $t + \Delta t$.

1.4.5 Análisis Estadístico de Series Temporales de Lluvia

Entre los tantos factores que afectan la cantidad de escorrentía superficial (duración de la lluvia, intensidad), intervalos entre eventos, volumen, infiltración, suelo saturado, etc.) y la calidad de escorrentía superficial (carga contaminante, acumulación entre tormentas, erosión superficial, transporte de sólidos, interacciones cinéticas, etc.) previenen el uso exclusivo de cualquier evento singular para el análisis y diseño adecuado.

Sin tener en cuenta si la cantidad de agua o la calidad es el objetivo principal, es requerido un registro de datos históricos de la lluvia. Una serie de duración de precipitación de intervalo de cada hora con al menos 30 -

40 años de registro. El propósito en el análisis cuantitativo de la serie temporal de la lluvia es resumir las variables de interés (profundidad, duración, intensidad, y el tiempo entre eventos de lluvia) y estadísticamente caracterizar el registro de la lluvia para evaluar la probabilidad de ocurrencia de acontecimientos de la tormenta de magnitudes diversas.

1.4.6 Modelamiento Hidrológico

El modelado y análisis de las características de un sistema de drenaje urbano con base en su aplicación a cuencas reales se realiza a través de un modelo de simulación. El modelo propuesto es el EPA SWMM 5.013 (Storm Water Management Model) de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, que permite representar de manera razonablemente precisa las condiciones urbanas y es ampliamente empleado en el diseño de sistemas de drenaje urbano.

1.4.6.1 Modelo de Simulación SWMM 5.0 EPA

El Storm Water Management Model (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitación-escorrentía, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido.

El manual elaborado por Rossman y Huber (2016) considera que el módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía, y el módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores.

Este modelo de transformación lluvia-escorrentía SWMM (Storm Water Management Model), es un modelo numérico desarrollado principalmente para el estudio, diseño y análisis de sistemas de drenaje urbano complejos, que puede simular la cantidad y también la calidad de la escorrentía en cuencas urbanas. Originalmente permitía la simulación de la escorrentía a partir de tormentas de diseño y en su versión 5.0 se modificó para realizar simulación continua e incluir un módulo para analizar estadísticamente los múltiples datos de salida de los hidrogramas (Rossman, 2005).

Incorpora el efecto de distintos tipos de superficies urbanas mediante planos inclinados, caracterizados por diferentes parámetros que en conjunto modelan una cuenca completa. Los planos los considera independientes entre sí, con lo que los escurrimientos generados en una superficie no son descargados a otras cuencas, sino que directamente a los elementos de transporte.

1.4.6.2 Modelo Conceptual Utilizado por SWMM

El modelo conceptual del sistema de drenaje es considerado por SWMM 5.0 como una colección de elementos (objetos) dentro de módulos, donde cada uno de estos representa de forma general diversos procesos hidrológicos o hidráulicos como la precipitación, la generación de escorrentía superficial y el flujo de estas aguas.

De acuerdo al proceso hidrológico, la lluvia es representada en el modelo como un elemento 'Rain Gage', que almacena los datos de la precipitación. La información puede ser ingresada por el usuario como una serie temporal en el caso de tormentas de diseño o históricas, o a través de un archivo que contenga datos de precipitación muy extensos, como registros históricos de lluvias en pasos de tiempos discretos de un pluviómetro, por ejemplo.

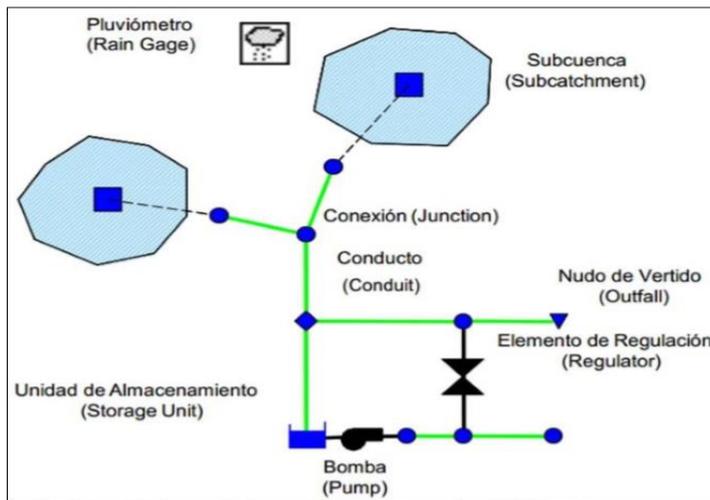
Los antecedentes del elemento 'Rain Gage' son recibidos en el módulo denominado 'RUNOFF' que está compuesto por elementos tipo 'Subcatchment' donde se pueden producir dos procesos hidrológicos: las pérdidas de precipitación y la escorrentía superficial. Dentro del primer proceso, se consideran los fenómenos de infiltración, almacenamiento, intercepción, en que una parte del volumen precipitado se mantiene en el módulo 'RUNOFF'; en el segundo proceso el volumen precipitado restante se considera como escorrentía superficial y se envía hacia el módulo 'TRANSPORT'.

El módulo 'TRANSPORT' es el que representa la red de drenaje y que puede estar compuesta de secciones de cauce natural, conductos, calles, elementos de almacenamiento, etc., siendo todos ellos los que transfieren el flujo hacia los puntos de salida de la red (disposición final), en que los flujos de entrada a este módulo vienen de la escorrentía superficial del módulo 'RUNOFF' o de hidrogramas de entrada definidos por el usuario. Los elementos del módulo 'TRANSPORT' son representados por nudos (Nodes) y conductos (Links).

Para el modelamiento de una cuenca, el elemento de captación de aguas representados por subcuencas que definen la unidad hidrológica básica de la superficie de terreno cuyas características topográficas, hidrológicas e hidráulicas dirigen la escorrentía hacia un punto único a la salida de la subcuenca, que puede ser hacia un nudo perteneciente a la red de drenaje o directamente a otro sistema o cuenca. Cada objeto tipo de captación de aguas requiere información del área, el ancho, el 'Rain Gage' asociado a ella, pendiente media, etc. Además, es posible asignar una altura de almacenamiento o detención a la superficie permeable y a la impermeable, diferenciando en ésta última las superficies que permiten un almacenamiento como aquellas de poca pendiente (veredas, calles, estacionamientos, etc.) de otras de mayor pendiente donde no es posible una detención. Para cada una de estos elementos, considerados 'Subcuenca', se requieren sus magnitudes (ancho y perímetro) y respectivas rugosidades.

1.4.6.3 Componentes Físicos

Los componentes físicos que pueden presentarse en un sistema de drenaje de aguas pluviales dentro del mapa de SWMM se ilustra en la siguiente Figura N° 18.



Componentes físicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje

1.4.6.3.1 Componentes Hidrológicos

✓ Pluviómetros (Rain Gages)

Suministra los datos de entrada de las precipitaciones que ocurren sobre una o varias de las subcuencas definidas en el área de estudio. Estos datos pueden ser series temporales o provenir de un archivo externo al programa.

Propiedades fundamentales:

- Tipo de datos de lluvias
- Intervalo de tiempo de los datos de lluvia
- Origen de los datos de lluvia (serie temporal)
- Nombre del origen de los datos de lluvia

✓ **Subcuenca (Subcatchment)**

Son unidades hidrobiológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga.

Estas pueden dividirse en subáreas permeables y subáreas impermeables. La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las subáreas permeables; las áreas impermeables pueden dividirse en dos subáreas: una de contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla.

La infiltración de lluvia de las zonas permeable se describe mediante tres modelos:

- Modelo de Infiltración de Horton
- Modelo de Infiltración de Green-Ampt
- Modelo de Infiltración basado en el Número de Curva del SCS

Propiedades fundamentales:

- Pluviómetro asignado
- Nudo de descarga
- Área tributaria
- Porcentaje de impermeabilidad
- Pendiente de la cuenca
- Ancho de la cuenca
- Valor del coeficiente de Manning 'n'
- Almacenamiento en depresión (%) de las aéreas permeable e impermeable
- Porcentaje de área impermeable que carece de almacenamiento en depresión

1.4.6.3.2 Componentes Hidráulicos

✓ **Nudos (Nodes)**

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro (manholes) del sistema de drenaje, o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran en el sistema a través de las conexiones. El exceso de agua en un nudo se traduce en un flujo parcialmente presurizado mientras las conducciones conectadas se encuentren en carga. Este exceso de agua puede perderse completamente del sistema o por el contrario estancarse en la parte superior para posteriormente volver a entrar de nuevo en la conexión.

Los parámetros principales de entrada de una conexión son:

- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión
- Profundidad del pozo
- Área superficial del área estancada cuando se produce un fenómeno de inundación. Es un parámetro opcional de entrada
- Datos de aportes externos de caudal

Los elementos que se pueden asignar a los nudos pueden ser: **Conexiones (Junctions)**. Son nudos del sistema donde se conectan diferentes líneas entre sí, pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro o elementos de conexión de tuberías.

Vertidos (Outfalls). Son nudos terminales del sistema, definen las condiciones de contorno finales aguas abajo del sistema.

Divisores (Dividers). Nudos utilizados para dividir el flujo en dos conductos de salida de modo definido por el usuario, solo pueden tener dos conductos de descarga en los mismos.

Depósitos (Storage Units). Tienen la capacidad de almacenar determinados volúmenes de agua, pueden representar sistemas de almacenamiento pequeño como reducidas cuencas hasta sistemas grandes como lagos.

Capítulo II Planteamiento del problema

2.1 Descripción del Problema

A nivel internacional se puede afirmar que, en Brasil, La Región Metropolitana de Curitiba (RMC, Estado de Paraná, Brasil) posee 2,7 millones de habitantes, y de estos cerca del 90 % viven en las ciudades. Se constituye de 15 municipios en un área de cerca de 3.000 km², ubicada principalmente en la cuenca del Alto río Iguaçu. Los municipios más poblados son Curitiba, Pinhais y Sao José dos Pinhais. En 1992 se inició un programa de saneamiento ambiental en la región financiado por el Banco Mundial donde existían componentes de gestión de inundaciones y de saneamiento.

En el control de las inundaciones fueron definidas tres etapas: (a) medidas de emergencias que actuaban sobre los problemas visibles y de gestión inmediata; (b) gestión de las inundaciones en el área ribereña del río Iguaçu que viene sufriendo reducción por la invasión de áreas de riesgo; (c) Plan Director de Drenaje Urbano de la Región Metropolitana. Las inundaciones sobre la ciudad de Curitiba y región circundante ocurren debido a la combinación de inundaciones ribereñas y debido al drenaje urbano de las cuencas urbanizadas, que inundan el eje principal del río Iguaçu. Este ya está bastante ocupado al igual que sus afluentes Belém, Atuba y Palmital debido principalmente a la urbanización de Curitiba y Pinhais.

En el Perú, la Región Loreto, es considerada una región en el trópico – húmedo, con precipitaciones pluviales permanente e intensificándose más en los meses de Diciembre a Mayo, llegando a niveles de 2500 a 4000 mm anuales; trayendo consigo un problema álgido en el sistema de alcantarillado público como: Variedad de modelos de drenajes; en su estructura, antigüedad de sus construcción, su topografía y el crecimiento demográfico de la población, sin ninguna planificación en la provincia de Maynas.

Otro problema a tener en cuenta son los residuos sólidos domiciliarios, industriales; cuya causa es el mal servicio público de recojo de basura

de los Municipios y la poca cultura cívica de la sociedad, que arroja su basura en las calles; causando obstrucción en los drenajes, sumidero y alcantarillado central; el problema latente de los residuos agropecuarios como: las semillas de umarí y aguaje; que causan obstrucción del alcantarillado público e impidiendo las descargas de las aguas servidas y pluviales.

También se debe tener presente el problema causado por la Dirección de Parques y Jardines de los Municipios que asigna áreas de jardinería para el sembrío de plantas ornamentales; área que no tienen un adecuado mantenimiento agronómico; propiciando el arrastre de la tierra hacia los drenajes y causando sedimentación y esta a su vez obstrucción del agua pluvial.

En consecuencia, la retención de sedimento, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que origina obstrucción en el drenaje de aguas pluviales y domiciliarias. De aquí que se hace necesario el estudio de la escorrentía superficial del agua de lluvias en la zona urbana y de manera muy particular el distrito de Punchana.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿Cómo se presenta el diseño de drenaje pluvial en la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2021?

2.2.2 Problemas específicos

¿Qué tipo de diseño de drenaje pluvial ocurre en la avenida Yavarí Iquitos 2021?

¿Cuál es el escurrimiento superficial de la avenida Yavarí Iquitos 2021?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Determinar Cómo se presenta el diseño de drenaje pluvial en la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2021.

2.3.2 Objetivos específicos

- a) Conocer el tipo de diseño de drenaje pluvial en la avenida Yavarí Iquitos 2021
- b) Comprobar el escurrimiento superficial de la avenida Yavarí Iquitos 2021

2.4 Hipótesis

Hi: Los diseños de drenaje pluvial en la Avenida Yavarí - Manco Cápac y Avenida Yavarí - Manco Cápac influyen significativamente en el escurrimiento superficial – Punchana 2021

Ho: Los diseños de drenaje pluvial en la Avenida Yavarí - Manco Cápac y Avenida Yavarí - Manco Cápac NO influyen significativamente en el escurrimiento superficial – Punchana 2021

2.5 Variables

INDEPENDIENTE (X):

El diseño de drenaje pluvial de la avenida Yavarí

LA VARIABLE DEPENDIENTE (Y):

Grado de aceptación

Capítulo III Metodología

3.1 Tipo y Diseño de investigación

El diseño de investigación constituye el plan y la estructura de la investigación, y se concibe de determinada manera para obtener respuestas a las preguntas de investigación. El plan es el esquema o programa general de la investigación; incluye un bosquejo de lo que el investigador hará, desde formular las hipótesis y sus implicaciones operacionales hasta el análisis final de los datos. La estructura de la investigación resulta más difícil de explicar, ya que el término estructura presenta dificultad para ser definido claramente y sin ambigüedades. (Kerlinger, 2002)

El diseño de esta investigación es No experimental correlacional.

Según Rebeca Landeau, se tiene:

- a. **Según la finalidad:** Es Investigación aplicada, porque, resuelve problemas prácticos, con escaso o nulo aporte teórico
- b. **Según su Carácter:** Es Investigación No experimental, porque realiza no manipulación activa y control sistemático de variables para controlar los fenómenos y estudiar las relaciones de causalidad.
- c. **Según su naturaleza:** Es cuantitativa, porque se centra fundamentalmente en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación de los fenómenos, utiliza la metodología empírico analítico y se sirve de pruebas estadísticas para el análisis de datos.
- d. Según el alcance temporal: Es transversal (seccional, sincrónica), porque estudia un aspecto de desarrollo de los sujetos en un momento dado y compara diferentes grupos de edad (G1, G2, G3,... n) observaciones (01) en un único momento.
- e. Según la orientación que asume: Investigación orientada a la aplicación, porque está orientada a la adquisición de conocimientos

con el propósito de dar respuesta a problemas concretos.
(Landeau, 2007)

3.2 Población y muestra

Según Hernández, se denomina población, a la totalidad de individuos a quienes se generalizarán los resultados del estudio, que se encuentran delimitados por características comunes y que son precisados en el espacio y tiempo. Para lograr dicho propósito, se puede acudir a fórmulas estadísticas siempre que sea de tipo Probabilístico; pero si los grupos ya están definidos es de tipo No probabilístico. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

La muestra debe obtener toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla, esto sólo se puede lograr con una buena selección de la muestra, un trabajo muy cuidadoso y de alta calidad en la recogida de los datos.

Es bueno señalar que en un momento una población puede ser muestra en una investigación y una muestra puede ser población, esto está dado por el objetivo de la investigación.

Para determinar el tamaño de muestra, se debe tener presente el parámetro para el cual se desea la estimación.

Tamaño de muestra para la estimación de la media poblacional

- a) Cuando no se conoce el tamaño de la población, la población es infinita o finita muy grande, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2}$$

- b) En cambio, cuando la población es finita, o se conoce el tamaño de la población, se calcula mediante:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{E^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

Donde:

n : tamaño de la muestra.

N : tamaño de la población

Z : valor crítico normal que depende del nivel de confianza.

σ^2 : varianza poblacional

E : margen de error o nivel de precisión.

Tamaño de muestra para la estimación de la proporción poblacional

- a) Cuando no se conoce el tamaño de la población, la población es infinita o finita muy grande, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 PQ}{E^2}$$

- b) En cambio, cuando la población es finita, o se conoce el tamaño de la población, se calcula mediante:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{E^2 (N-1) + Z^2 PQ}$$

Donde:

n : tamaño de la muestra

N : tamaño de la población

Z : valor crítico normal que depende del nivel de confianza.

P : proporción de la población que tienen la característica de interés.

Q = 1 - P

3.3 Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

Las técnicas a utilizar en la presente investigación, están referidas a la observación, que consiste en captar directamente lo que está ocurriendo con el evento. El investigador debe ser testigo de la ocurrencia del evento y percibirlo a través de los sentidos. Al realizar los diseños de especímenes el investigador estará presente.

Según las técnicas a usar, se usó como instrumentos a la guía de observación y el registro anecdótico.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010), el procesamiento de la información consiste en procesar los datos (dispersos, desordenados, individuales) obtenidos de la población objeto de estudio durante el trabajo de campo, y tiene como fin generar resultados (datos agrupados y ordenados), a partir de los cuales se realizará el análisis según los objetivos de hipótesis de la investigación realizada.

En el procesamiento de datos debe mencionarse las herramientas estadísticas a utilizarse.

Se debe decidir qué tipo de análisis de los datos se llevará a cabo: cuantitativo, cualitativo o mixto. En el presente caso se tiene una investigación cuantitativa, se utilizarán pruebas estadísticas apropiadas para analizar los datos, dependiendo de las hipótesis formuladas y de los niveles de medición de las variables. Con los resultados de cada grupo de muestras se utilizará el método comparativo.

Capítulo IV Resultados

Entre los resultados numéricos obtenidos en el modelamiento con el programa SSA que utiliza el modelo SWMM se tienen:

- Opciones de Análisis. Son los parámetros utilizados para el modelamiento que contienen los datos de las condiciones iniciales de análisis del modelamiento.
- Escorrentía Superficial. Muestra los resultados del módulo hidrológico de la cuenca.
- Cálculo Hidráulico. Muestra los resultados del módulo hidráulico de la cuenca.
- Resumen de Escorrentía en Subcuencas. Muestra los resultados del módulo hidrológico de las subcuencas.
- Resumen de Nivel en Nudos. Muestra los resultados de los niveles de flujo de las aguas.
- Resumen de Aporte en Nudos. Muestra los resultados de gasto y volumen lateral y total.
- Resumen de Inundación en Nudos. Muestra el tiempo de inundación, el caudal máximo, el instante en que sucede y el volumen total inundado en nudos.
- Resumen de Vertidos. Muestra resultados de los caudales y volumen en vertidos.
- Resumen de Caudal en Líneas. Muestra resultados de caudales máximos, el instante en que ocurre, velocidad máxima y caudal máximo.

Entre los resultados numéricos obtenidos en el modelamiento con el programa SSA (Storm Sewer Sanitary Analysis) se tienen:

- Opciones de Análisis. Son los parámetros utilizados para el modelamiento que contienen los datos de las condiciones iniciales de análisis del modelamiento.

- Escorrentía Superficial. Muestra los resultados del módulo hidrológico de la cuenca.
- Cálculo Hidráulico. Muestra los resultados del módulo hidráulico de la cuenca.
- Resumen de Escorrentía en Subcuencas. Muestra los resultados del módulo hidrológico de las subcuencas.
- Resumen de Nivel y Aportes en Nudos. Muestra los resultados de los niveles y gastos de flujo de las aguas.
- Resumen de Vertidos. Muestra resultados de los caudales y volumen en vertidos.
- Resumen de Caudal en Líneas. Muestra resultados de caudales máximos, el instante en que ocurre, velocidad máxima y caudal máximo.

4.1 Resultados obtenidos del sector Yavari desde la calle Cabo Pantoja a Manco Capac

Los resultados obtenidos mediante el software SSA correspondientes a la cuenca en estudio de la calle Yavarí desde la calle Cabo Pantoja a Manco Capac se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 10 Escorrentía superficial del sector en estudio

SN	Element ID Pipe	From (Inlet) Node	To (Outlet) Node	Length (m)	Inlet Invert Elevation (m)	Inlet Invert Offset (m)	Outlet Invert Elevation (m)	Outlet Invert Offset (m)	Total Drop (m)	Average Slope (%)	Pipe Shape	Pipe Diameter or Height (cm)	Pipe Width (cm)	Manning's Roughness	Peak Flow (lps)	Time of Peak Flow Occurrence (days hh:mm)	Max Flow Velocity (m/sec)	Travel Time (min)
1	286	165	166	45.79	89.00	0.00	88.70	0.00	0.30	0.6600	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	6.620	0 00:03	0.47	1.62
2	287	166	167	42.90	88.70	0.00	88.60	0.00	0.10	0.2300	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	12.360	0 00:05	0.47	1.52
3	288	167	168	26.54	88.60	0.00	88.50	0.00	0.10	0.3800	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	20.840	0 00:06	0.64	0.69
4	289	168	169	52.23	88.50	0.00	88.20	0.00	0.30	0.5700	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	21.630	0 00:06	0.63	1.38
5	290	169	170	32.70	88.20	0.00	88.10	0.30	0.10	0.3100	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	21.050	0 00:07	0.61	0.89
6	294	171	171	46.46	89.15	0.00	88.95	0.05	0.20	0.4300	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	2.720	0 00:05	0.36	2.15
7	295	172	172	43.37	88.90	0.00	88.70	0.00	0.20	0.4600	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	5.220	0 00:05	0.47	1.54
8	296	173	167	13.71	88.70	0.00	88.60	0.00	0.10	0.7300	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	8.880	0 00:05	0.42	0.54
9	297	174	173	58.40	89.03	0.18	88.70	0.00	0.33	0.5700	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0100	4.170	0 00:04	0.78	1.25
10	298	175	167	32.47	88.85	0.00	88.60	0.00	0.25	0.7700	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	2.890	0 00:03	0.49	1.10
11	362 (1)	272	238	105.06	88.00	0.29	87.65	0.00	0.35	0.3300	Rectangular	120.000	100.00	0.0130	14.020	0 00:26	0.32	5.47
12	363	238	239	32.52	87.65	0.00	87.62	0.00	0.03	0.0900	Rectangular	140.000	120.00	0.0130	31.680	0 00:07	0.41	1.32
13	364	239	44	16.10	87.62	0.00	87.60	0.07	0.02	0.1200	Rectangular	140.000	120.00	0.0130	31.470	0 00:09	0.48	0.56
14	365	240	241	35.59	88.54	0.00	88.35	0.00	0.19	0.5300	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	6.250	0 00:02	0.57	1.04
15	366	241	242	105.01	88.35	0.00	88.20	0.00	0.15	0.1400	Rectangular	60.000	80.00	0.0130	16.620	0 00:08	0.38	4.61
16	367	242	243	35.24	88.20	0.00	88.10	0.00	0.10	0.2800	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	17.700	0 00:10	0.56	1.05
17	368	243	170	16.92	88.10	0.00	88.00	0.20	0.10	0.5900	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	17.570	0 00:11	0.66	0.43
18	369	170	244	49.59	87.80	0.00	87.75	0.00	0.05	0.1000	Rectangular	120.000	110.00	0.0130	33.190	0 00:10	0.35	2.36
19	370	244	245	39.04	87.75	0.00	87.73	0.00	0.02	0.0500	Rectangular	120.000	100.00	0.0130	32.520	0 00:11	0.42	1.55
20	371	245	246	59.21	87.73	0.00	87.61	0.00	0.12	0.2000	Rectangular	120.000	140.00	0.0130	39.840	0 00:10	0.38	2.60
21	372	246	247	10.84	87.61	0.00	87.60	-0.01	0.01	0.0900	Rectangular	150.000	150.00	0.0130	37.940	0 00:10	0.26	0.69
22	373	247	248	92.73	87.60	-0.01	87.56	0.01	0.04	0.0400	Rectangular	150.000	200.00	0.0130	64.580	0 00:10	0.33	4.68
23	374	248	44	20.16	87.57	0.02	87.53	0.00	0.04	0.2000	Rectangular	150.000	200.00	0.0130	53.790	0 00:10	0.23	1.46
24	375	249	250	47.49	89.10	0.05	88.90	0.00	0.20	0.4200	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	3.730	0 00:03	0.45	1.76
25	376	250	251	10.96	88.90	0.00	88.80	0.05	0.10	0.9100	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	3.400	0 00:05	0.47	0.39
26	377	251	252	31.38	88.75	0.00	88.65	0.00	0.10	0.3200	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	5.640	0 00:05	0.42	1.25
27	378	252	253	12.69	88.65	0.00	88.60	0.00	0.05	0.3900	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	5.500	0 00:05	0.51	0.41
28	379	253	254	7.25	88.60	0.00	88.50	0.18	0.10	1.3800	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	5.480	0 00:06	0.51	0.24
29	380	254	255	78.62	88.50	0.18	88.30	0.00	0.20	0.2500	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	16.580	0 00:07	0.49	2.67
30	381	255	256	75.08	88.30	0.00	88.04	0.04	0.26	0.3500	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	20.030	0 00:09	0.62	2.02
31	382	256	247	6.82	88.04	0.04	87.99	0.38	0.05	0.7300	Rectangular	140.000	120.00	0.0130	20.220	0 00:09	0.58	0.20
32	383	257	258	47.66	88.95	0.00	88.75	0.00	0.20	0.4200	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	5.850	0 00:03	0.44	1.81
33	384	258	259	31.32	88.75	0.00	88.60	0.00	0.15	0.4800	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	7.850	0 00:04	0.58	0.90
34	385	259	254	18.18	88.60	0.00	88.50	0.18	0.10	0.5500	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	7.780	0 00:05	0.51	0.59
35	394	268	269	59.90	90.40	0.40	90.25	0.35	0.15	0.2500	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	4.430	0 00:12	0.43	2.32
36	395	269	270	40.92	90.25	0.35	89.19	0.40	1.06	2.5900	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	4.420	0 00:13	0.90	0.76
37	396	270	271	57.41	89.19	0.40	88.25	0.00	0.94	1.6400	Rectangular	50.000	60.00	0.0130	15.890	0 00:02	0.94	1.02
38	397	271	272	5.96	88.58	0.33	88.20	0.49	0.38	6.3800	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	3.170	0 00:25	0.77	0.13
39	457	334	335	75.68	88.50	0.00	88.25	0.00	0.25	0.3300	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	7.010	0 00:05	0.32	3.94
40	458	335	345	46.28	88.30	0.05	88.05	0.32	0.25	0.5400	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	6.760	0 00:07	0.49	1.57
41	465	341	342	50.64	88.67	0.00	88.01	0.00	0.66	1.3000	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	27.040	0 00:02	1.79	0.47
42	466	342	238	96.53	88.01	0.00	87.70	0.05	0.31	0.3200	Rectangular	100.000	80.00	0.0100	32.750	0 00:04	0.74	2.17
43	467	343	344	55.31	89.20	0.00	88.66	0.00	0.54	0.9800	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	8.770	0 00:02	0.69	1.34
44	468	344	342	48.59	88.66	0.00	88.01	0.00	0.65	1.3400	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	15.450	0 00:03	1.32	0.61
45	Link-11	222	242	56.89	88.79	0.00	88.20	0.00	0.59	1.0400	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.000	0 00:00	0.00	
46	Link-24	44	Out-01a	62.41	87.53	0.00	0.00	-87.45	87.53	140.2500	CIRCULAR	150.000	150.00	0.0150	62.120	0 00:16	0.53	1.96

Tabla 11 Escorrentía superficial del sector en estudio

SN	Element ID	Description	From (Inlet) Node	To (Outlet) Node	Length (m)	Inlet Invert Elevation (m)	Inlet Invert Offset (m)	Outlet Invert Elevation (m)	Outlet Invert Offset (m)	Total Drop (m)	Average Slope (%)	Pipe Shape	Pipe Diameter or Height (cm)	Pipe Width (cm)	Manning's Roughness	Entrance Losses	Exit/Bend Losses	Additional Losses	Initial Flow (lps)	Flap Gate	Lengthening Factor	Peak Flow (lps)	Time of Peak Flow Occurrence (days hh:mm)	Max Flow Velocity (m/sec)	Travel Time (min)
26	377	Concrete Pipe SI	251	252	31.38	88.75	0.00	88.65	0.00	0.10	0.3200	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	5.640	0 00:05	0.42	1.25
27	378	Concrete Pipe SI	252	253	12.69	88.65	0.00	88.60	0.00	0.05	0.3900	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	5.500	0 00:05	0.51	0.41
28	379	Concrete Pipe SI	253	254	7.25	88.60	0.00	88.50	0.18	0.10	1.3800	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	5.480	0 00:06	0.51	0.24
29	380	Concrete Pipe SI	254	255	78.62	88.50	0.18	88.30	0.00	0.20	0.2500	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	16.580	0 00:07	0.49	2.67
30	381	Concrete Pipe SI	255	256	75.08	88.30	0.00	88.04	0.04	0.26	0.3500	Rectangular	80.000	60.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	20.030	0 00:09	0.62	2.02
31	382	Concrete Pipe SI	256	247	6.82	88.04	0.04	87.99	0.38	0.05	0.7300	Rectangular	140.000	120.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	20.220	0 00:09	0.58	0.20
32	383	Concrete Pipe SI	257	258	47.66	88.95	0.00	88.75	0.00	0.20	0.4200	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	5.850	0 00:03	0.44	1.81
33	384	Concrete Pipe SI	258	259	31.32	88.75	0.00	88.60	0.00	0.15	0.4800	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	7.850	0 00:04	0.58	0.90
34	385	Concrete Pipe SI	259	254	18.18	88.60	0.00	88.50	0.18	0.10	0.5500	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.7000	0.0000	0.00	NO	1.00	7.780	0 00:05	0.51	0.59
35	394	Concrete Pipe SI	268	269	59.90	90.40	0.40	90.25	0.35	0.15	0.2500	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	0.0000	0.8000	0.0000	0.00	NO	1.00	4.430	0 00:12	0.43	2.32
36	395	Concrete Pipe SI	269	270	40.92	90.25	0.35	89.19	0.40	1.06	2.5900	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	0.0000	0.8000	0.0000	0.00	NO	1.00	4.420	0 00:13	0.90	0.76
37	396	Concrete Pipe SI	270	271	57.41	89.19	0.40	88.25	0.00	0.94	1.6400	Rectangular	50.000	60.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	15.890	0 00:02	0.94	1.02
38	397	Concrete Pipe SI	271	272	5.96	88.58	0.33	88.20	0.49	0.38	6.3800	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	3.170	0 00:25	0.77	0.13
39	457	Concrete Pipe SI	334	335	75.68	88.50	0.00	88.25	0.00	0.25	0.3300	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	7.010	0 00:05	0.32	3.94
40	458	Concrete Pipe SI	335	345	46.28	88.30	0.05	88.05	0.32	0.25	0.5400	Rectangular	60.000	50.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	6.760	0 00:07	0.49	1.57
41	465	Concrete Pipe SI	341	342	50.64	88.67	0.00	88.01	0.00	0.66	1.3000	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	27.040	0 00:02	1.79	0.47
42	466	Concrete Pipe SI	342	238	96.53	88.01	0.00	87.70	0.05	0.31	0.3200	Rectangular	100.000	80.00	0.0100	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	32.750	0 00:04	0.74	2.17
43	467	Concrete Pipe SI	343	344	55.31	89.20	0.00	88.66	0.00	0.54	0.9800	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	8.770	0 00:02	0.69	1.34
44	468	Concrete Pipe SI	344	342	48.59	88.66	0.00	88.01	0.00	0.65	1.3400	CIRCULAR	50.000	50.00	0.0130	0.0000	0.6000	0.0000	0.00	NO	1.00	15.450	0 00:03	1.32	0.61
45	Link-11	Concrete Pipe SI	222	242	56.89	88.79	0.00	88.20	0.00	0.59	1.0400	Rectangular	50.000	40.00	0.0130	0.0000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	0.000	0 00:00	0.00	
46	Link-24	Concrete Pipe SI	44	Out-01a	62.41	87.53	0.00	0.00	-87.45	87.53	140.2500	CIRCULAR	150.000	150.00	0.0150	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO	1.00	62.120	0 00:16	0.53	1.96

Según los resultados analizados con una serie temporal de 6 horas, con una precipitación total de 39.340 mm, en la Tabla 10 y 11 se muestra la esorrentía por subcuenca (mm) y por consiguiente la esorrentía total (mm). Con las características físicas de las subcuencas el software calcula el coeficiente de esorrentía

4.2 Análisis de resultados de la cuenca en estudio

El área de cuenca de aporte abarca 39 subcuencas que hacen en total de 10.8 Ha. Y esta a su vez considera 47 buzones y 46 conductos.

El dren planteado en la calle Yavari entre las calles Cabo Pantoja a Manco Capac, tiene un solo canal, el cual sería suficiente para transportar el caudal previsto. Las dimensiones de este conducto son de 1.00 m x 0.50 m, por lo cual se plantea un canal en la berma central.

Capítulo V Discusión, conclusiones y recomendaciones

5.1 Discusión

Con los estudios realizados en la presente tesis se demuestra la utilidad del Software SSA que trabaja en el entorno del Autocad Civil 3D.

Respecto a los alineamientos y los detalles de sección de las calles en los diferentes tramos hay cambios que se han realizado considerando las distancias de las redes existentes de agua y desagüe a los límites de propiedad y en algunos casos el cambio de margen derecho o izquierdo tomando como base los planos de las redes de agua y desagüe verificada con el levantamiento topográfico de buzones.

En el estudio hidrológico el expediente técnico evaluado considera un periodo de retorno de 25 años y como base de diseño el método racional para el cálculo de los caudales máximos en cada tramo con que se obtiene el diseño de los canales que determinan el tipo de material y dimensiones.

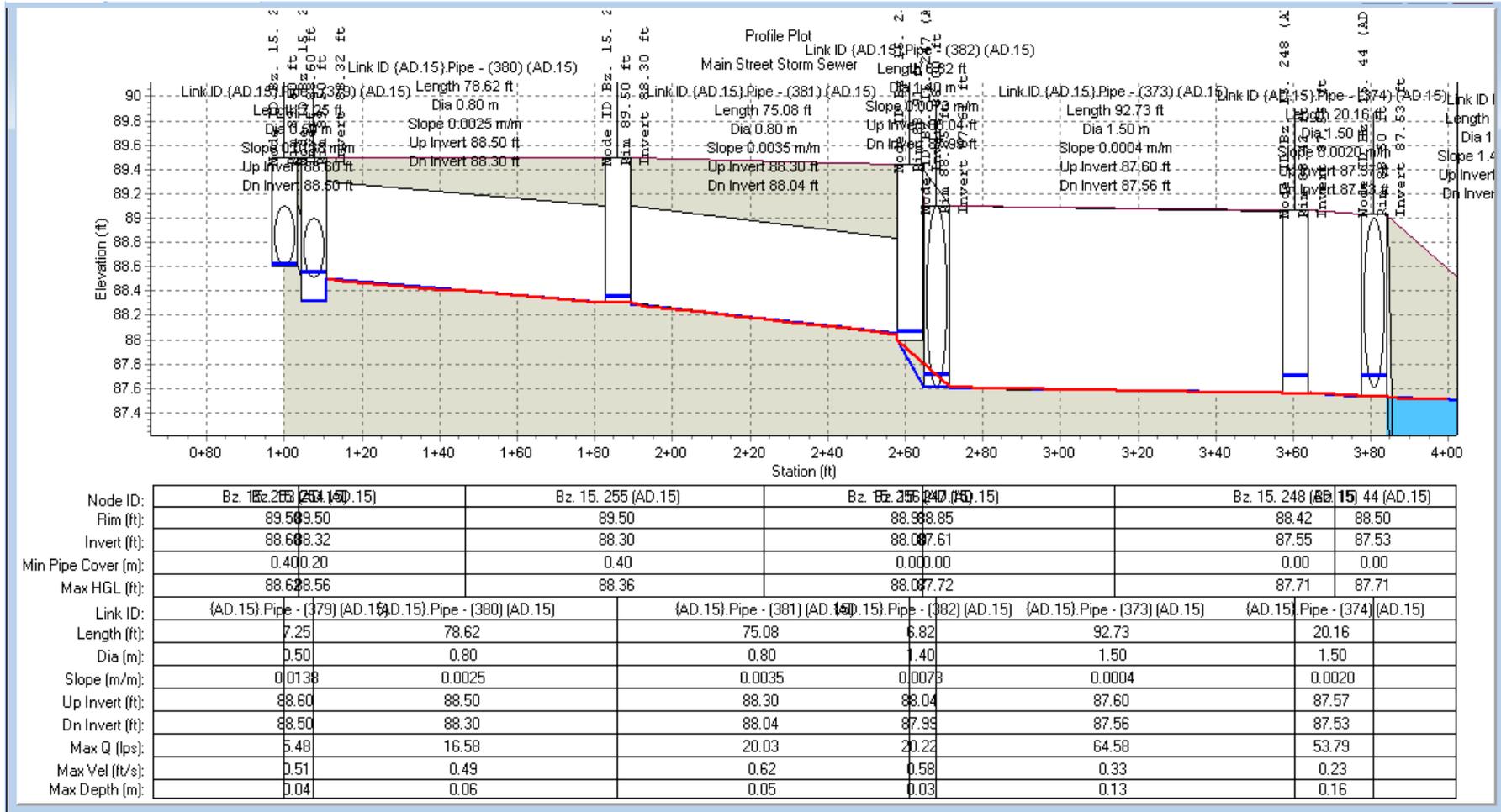
Se ha tomado como referencia, los estudios desarrollados a nivel de Factibilidad por el Gobierno Regional de Loreto, entre los años 2012 al 2014. De él se ha tomado los estudios básicos de Ingeniería (geodésico, topográfico e hidrológico). Se han considerado los parámetros de diseño para un periodo de retorno de 25 años con un diseño hidrológico e hidráulico utilizando el software SSA con resultados más reales y además cubre algunas de las limitaciones del método racional. Estas limitaciones son:

- Proporciona solamente un caudal pico, pero no el hidrograma de creciente para el diseño.
- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo (intensidad constante), teóricamente podría suceder cuando la duración de la lluvia es corta.
- No considera los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en la superficie, cauces, conductos y otros elementos naturales y artificiales.
- Minimiza los efectos de la infiltración en las subcuencas.

El diseño de los conductos cerrados son los más óptimos posibles. Un parámetro predominante es la pendiente ($S_{mín} = 0.20\%$) con la cual se obtiene la velocidad de flujo en los conductos y se le asigna la mayor altitud permisible en los puntos de captación; este dato, en el diseño, es definido por el levantamiento topográfico en cada sector y el único parámetro variable es el ancho de sección que puede ser incrementado hasta conseguir un determinada relación entre área de flujo y perímetro mojado, porque es sabido que a mayor perímetro mojado hay más pérdida de energía, con esto se trata de resaltar que incrementar el ancho de los canales no optimiza el flujo de aguas pluviales en los canales.

Las diferencias más considerables suceden generalmente al considerar áreas contribuyentes en el sistema que implican cambios en el diseño de las dimensiones de los canales y por consiguiente las velocidades en el módulo hidráulico en las redes de drenaje.

Figura 1 Perfil longitudinal de los nodos 253 al outfall-01



5.2 Conclusiones

De acuerdo a los Estudios Básicos de Ingeniería realizados se ha dividido el proyecto en 39 subcuencas para el modelamiento hidrológico–hidráulico en el software SSA para optimizar los parámetros hidráulicos que determina el diseño de las redes de drenaje. Sin embargo, para que el sistema de drenaje planteado sea funcional es primordial establecer condiciones necesarias de funcionamiento acorde a la Norma GH.010, Norma OS.060 del RNE y el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Iquitos.

Con la finalidad de analizar solo la calle Yavari entre las calles Cabo Pantoja a Manco Capac, se ha determinado las subcuencas de influencia directa, es decir aquellas otras calles que, por su topografía, aportan con sus caudales.

En el área de Hidrología, se ha establecido un periodo de retorno de 25 años, en concordancia a la Norma OS.060 para sistemas de drenaje urbano mayor; para el análisis de frecuencia de datos de precipitación no se consideran suficientes métodos estadísticos.

Dentro de los parámetros hidrológicos se asume un periodo de retorno de 25 años y una precipitación máxima de 55 mm. El hietograma de diseño se ha elaborado con el método que más se ajusta (Distribución Gamma 2 Parámetros con series temporales de 6 horas).

El coeficiente n de Manning para el flujo superficial sobre suelo impermeable es $n = 0.013$ (mortero–asfalto) y $n = 0.011$ (tubería de PVC). Las pendientes asumidas son mínimas (mayormente entre 0.0003 y 0.002).

Se desarrolló una metodología para el diseño de sistemas de drenaje urbano tomando como base el modelo matemático SSA, que consiste en el movimiento

simultáneo del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de Saint–Venant para el flujo no permanente en canales. El uso del modelo numérico, en ventaja respecto al método tradicional, permitió predecir con mayor precisión el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje existente evaluar su situación actual y analizar desde el punto de vista hidráulico los problemas existentes, para formular las mejoras del mismo. Según los resultados obtenidos, el modelo SSA proporciona un conjunto de herramientas interactivas y recursos que son una buena opción para el análisis de grandes proyectos de drenaje urbano.

El modelamiento hidrológico–hidráulico se ha realizado con los datos obtenidos en los Estudios Básicos de Ingeniería del presente proyecto, para las secciones de los canales y tuberías se ha modelado con los datos existentes en el estudio de Factibilidad (datos iniciales). Según el comportamiento hidrológico–hidráulico, por procedimientos reiterativos, las secciones de los canales han quedado ajustadas. El diseño obtenido en el presente proyecto de tesis garantiza el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, con inundaciones de poca duración que afectan mínimamente a su entorno, por lo que no será necesario la utilización de bombas en el diseño.

5.3 Recomendaciones

- Se recomienda seguir los lineamientos y parámetros de levantamiento de puntos establecidos por la Norma Técnica Geodésica del Instituto Geográfico Nacional para obtener datos reales.
- Para trabajos de considerable magnitud, se recomienda el uso de equipos sofisticados en el levantamiento de poligonales y replanteo de los trabajos en campo, para minimizar errores topográficos. Al momento de estacionar utilizar un trípode estable y nivelado para la estación total y el prisma.
- El proceso inadecuado de urbanización es perjudicial para los intereses públicos y representa un obstáculo en el diseño de sistemas de drenaje pluvial, por lo que la ciudad de Iquitos precisa de una red de control vertical para que sea utilizado en todas las obras de infraestructura (obras viales, obras de saneamiento, viviendas).
- Se recomienda a SENAMHI la instalación de una estación pluviográfica para la ciudad de Iquitos, necesaria para la ejecución de obras civiles.
- Incentivar en la población para que evacúen las aguas de sus viviendas hacia la red exterior de drenaje (calzada) y evitar en lo posible el ingreso a las redes de desagüe.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Maynas (MPM) la elaboración de un plan maestro de drenaje pluvial, que determine las etapas de estudio y diseño, las etapas de ejecución a corto, mediano y largo plazo.

- Se recomienda a la MPM hacer cumplir estrictamente con el Plan de Desarrollo Urbano en el aspecto de expansión de áreas urbanas y uso de suelos. A las autoridades pertinentes la restauración y conservación de los recursos naturales.
- Elaborar un plan de operación y mantenimiento post-ejecución del proyecto que garantice el flujo de las aguas pluviales sin ser propensas a ser contaminadas.
- Solucionar el problema de recolección de residuos domésticos para evitar que sean arrojados a los drenes (canales de evacuación de aguas pluviales).

Bibliografía

1. ANTONIO, G. 2000. Evaluación del drenaje y el método de diseño en un área seleccionada dentro del proyecto Turim II – Sus Cojedes. Tesis de grado de Magisters en scientiae en ingeniería de desarrollo de recurso agua y tierra. Universidad de los andes de Mérida – Venezuela 62 pp.
2. BRAÑEZ, R.2004 Manual de derecho ambiental mexicano. Fondo de cultura económico de México DF. 47 pp
3. CABRERA, R.1989, Apuntes de ingeniería sanitaria -2, Tesis Facultad de Ingeniería civil, Universidad San Carlos de Guatemala, 65 pp.
4. CÁRDENAS, R. 2006. Sistemas de un drenaje pluvial optimo y funcional para el sector “La rotaria” de la Parroquia Raúl Leoni de Maracaibo EDO Zulia, Tesis Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela, 83 pp.
5. COLLAZOS, J. 2006. Manual de evaluación ambiental de proyectos, Editorial San marcos, Segunda reimpresión, Lima- Perú, 86pp.
6. DE LEON, E. 2009. Proyecto para rehabilitación del drenaje pluvial en Matozintla – Chiapas, Tesis Facultad de Ingeniería civil, Universidad Nacional Autónoma de México, 100 pp.
7. D.S. N° 034 – 2008. Manual de gestión de infraestructura vial por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima – Perú. 209 pp
8. DECRETO LEY N° 613 – 1990 Código del medio ambiente y los recursos naturales. Ministerio del ambiente. Lima – Perú
9. D. G. 2001 Manual de diseño geométrico
10. ESTRADA, G. Diseños de alcantarillados sanitarios para la aldea Rincón - chiquito Zaragoza-Chimaltimango, Tesis Facultad de Ingeniería civil de la Universidad San Carlos de Guatemala, 105 pp.
11. GÁLVEZ, H. 2004. Planificación y diseño de los sistemas sanitario y pluvial de la cabecera Municipal El Pasaco – Jutiapa, Tesis Facultad de Ingeniería civil Universidad San Carlos de Guatemala, 103 pp.

12. HOLDRIGE. 1987 Ecología basada en las zonas de vida 2da Edición IICA, San José de Costa rica 216 pp.
13. IIAP. 2004 Informe de investigación de frutales nativos promisorios Iquitos Perú 33 pp.
14. Ley 27972 - 2003. Ley general de municipalidades. Lima – Perú.
15. MORALES, Z. et al 2010. Estudio de la contaminación de los drenajes H y T Municipio de Simón Bolívar – Estado Anzoátegui, Tesis Escuela de Ingeniería civil de la Universidad del Oriente Barcelona- Venezuela 199 pp.
16. YAHUARCANI, V. 2016 Manejo de residuos sólidos generados en la institución educativa N° 60775 San Juan de Puritania – Rio Amazonas Tesis de ingeniería de gestión ambiental, Facultad de agronomía UNAP – Iquitos 75 pp.
17. MANUAL HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE; del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

Anexo 1. Matriz de consistencia

ANÁLISIS DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA AVENIDA YAVARÍ ENTRE LOS JIRONES CABO PANTOJA Y MANCO CÁPAC EN IQUITOS 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema general.	Objetivo general.		
¿Intransitabilidad y deterioro de las viviendas debido a las Frecuentes inundaciones en la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2019?	Dimensionar el drenaje pluvial en la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac, utilizando el modelo SWMM, en Iquitos 2019.	Hi: El diseño actual del drenaje pluvial de la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2019, es inadecuado	LA VARIABLE INDEPENDIENTE (X):
Problemas específicos	Objetivos específicos		El diseño de drenaje pluvial de la avenida Yavarí
¿Dimensionamiento hidrológico e hidráulico inadecuado de la infraestructura de drenaje pluvial en la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac?	Determinar la intensidad de lluvia de diseño para dimensionar las estructuras de drenaje pluvial, para diferentes periodos de retorno 2.33, 5, 10 y 25, años.		LA VARIABLE DEPENDIENTE (Y):
¿Cuál es el escurrimiento superficial de la avenida Yavarí Iquitos 2019?	Determinar los caudales máximos que discurren por la calle Yaraví para diferentes periodos de retorno 2.33, 5, 10 y 25, años	Ho: : El diseño actual del drenaje pluvial de la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2019, no es inadecuado	Grado de aceptación.
	Determinar los sistemas de drenaje más adecuados		

Figura 2 Ubicación de la zona en estudio



Anexo 2. Figuras varias

Figura 3 DIMENSIONES MINIMAS DE CUNETA TRIANGULAR TIPICA

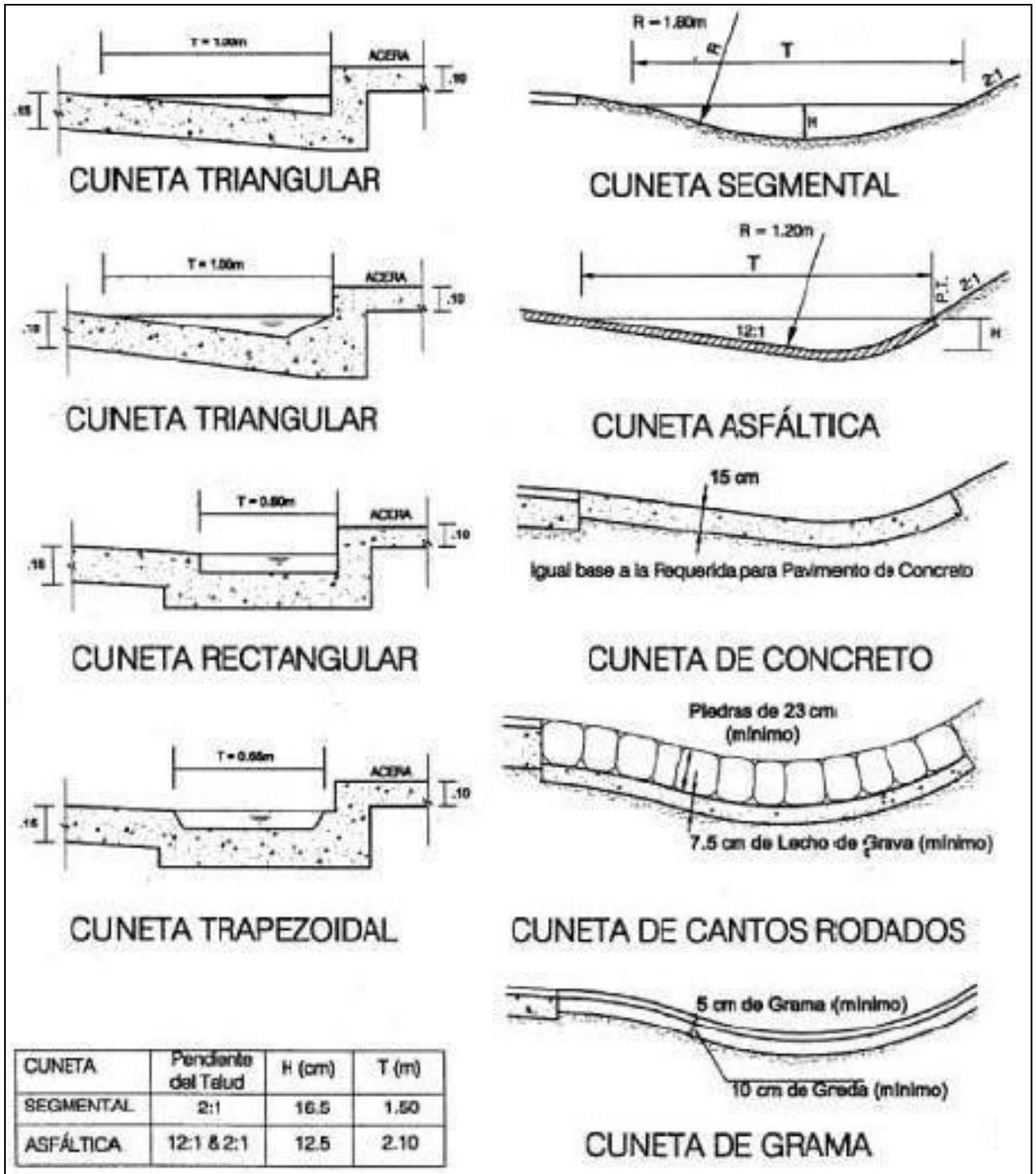


Figura 4 ECUACIÓN DE MANNING EN LA DETERMINACION DE CAUDALES EN CUNETAS TRIANGULARES

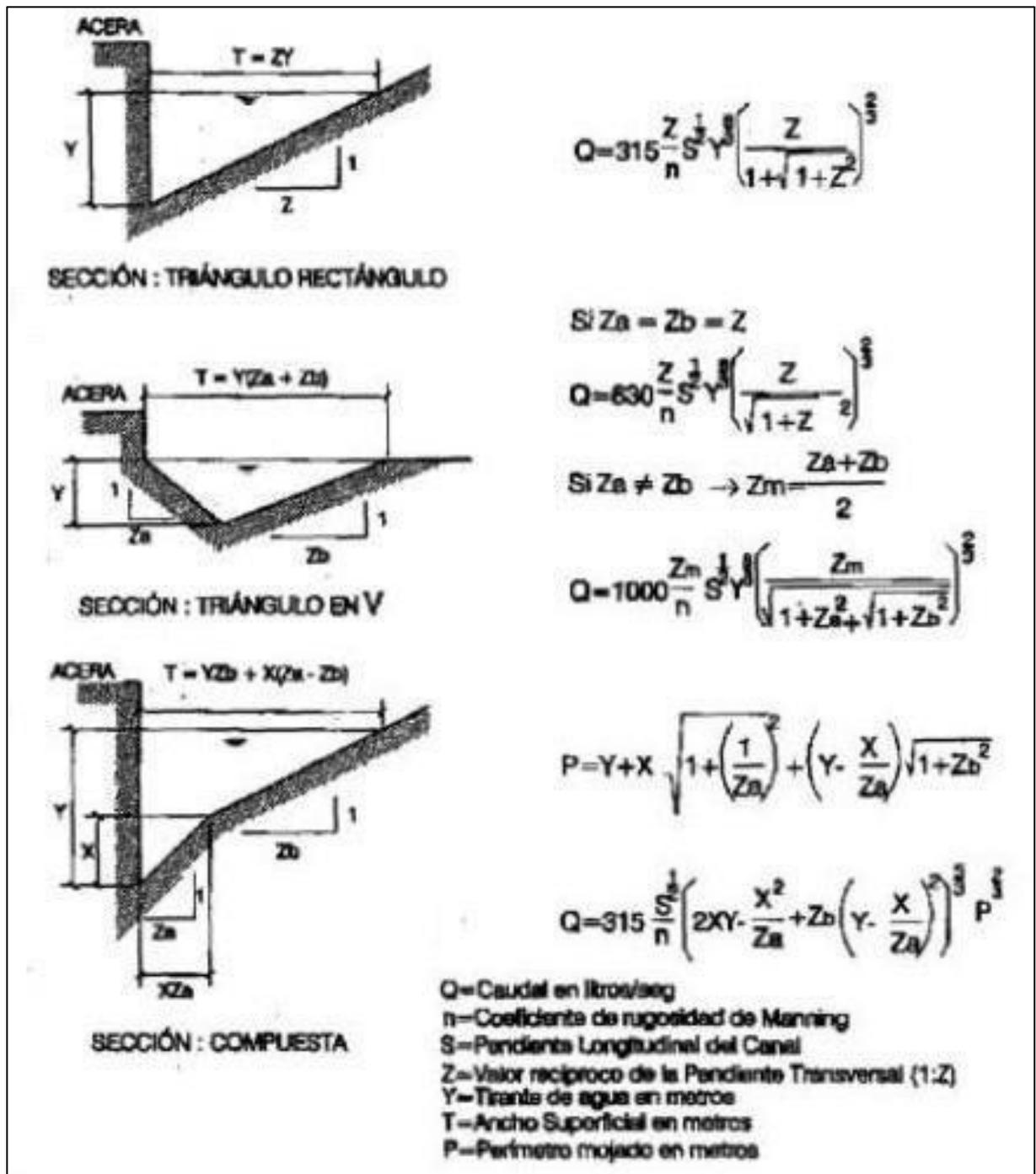


Figura 5 TIPOS DE SUMIDERO

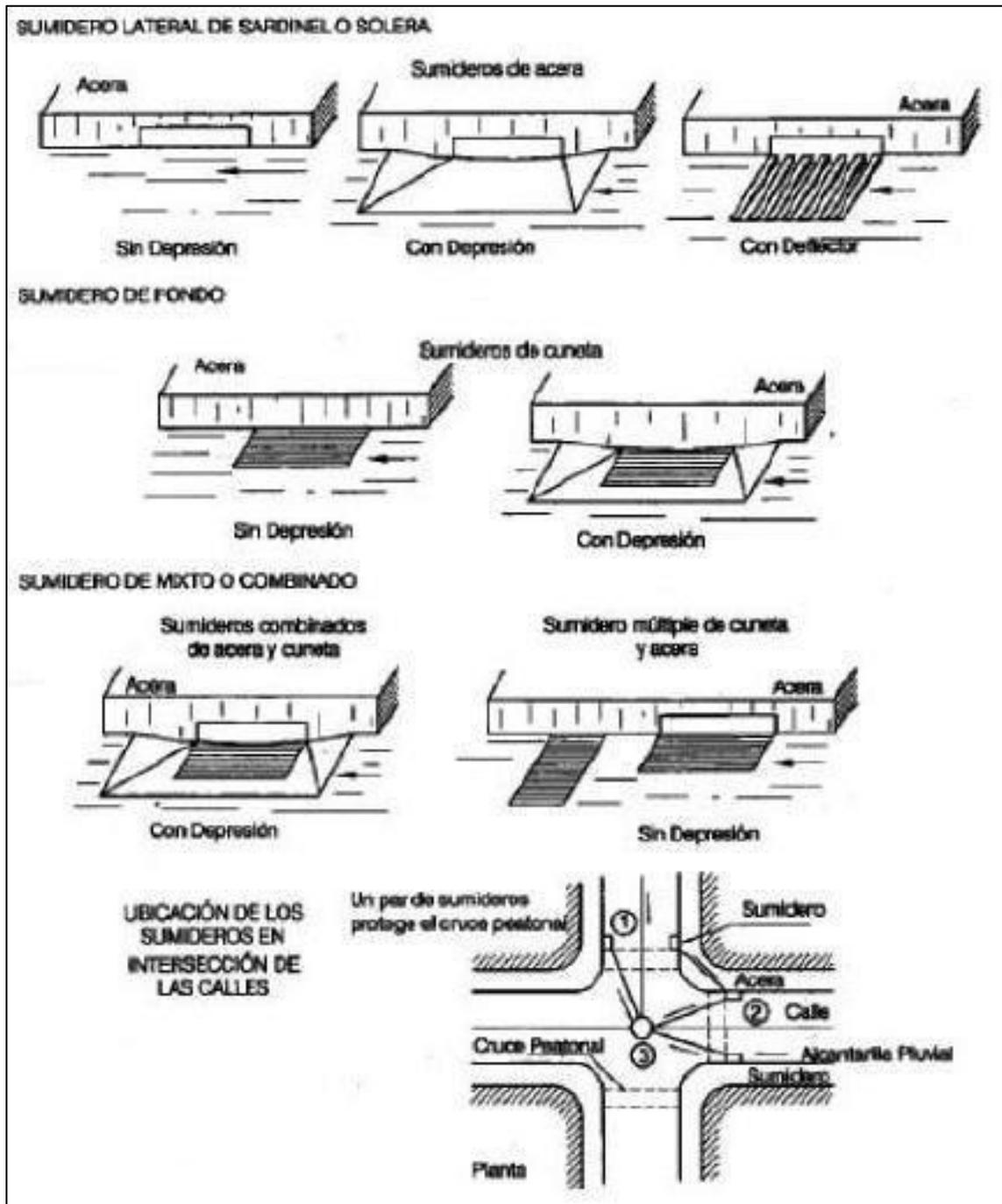


Figura 6 PLANO DE INGRESO EN EL SUMIDERO DE SOLERA

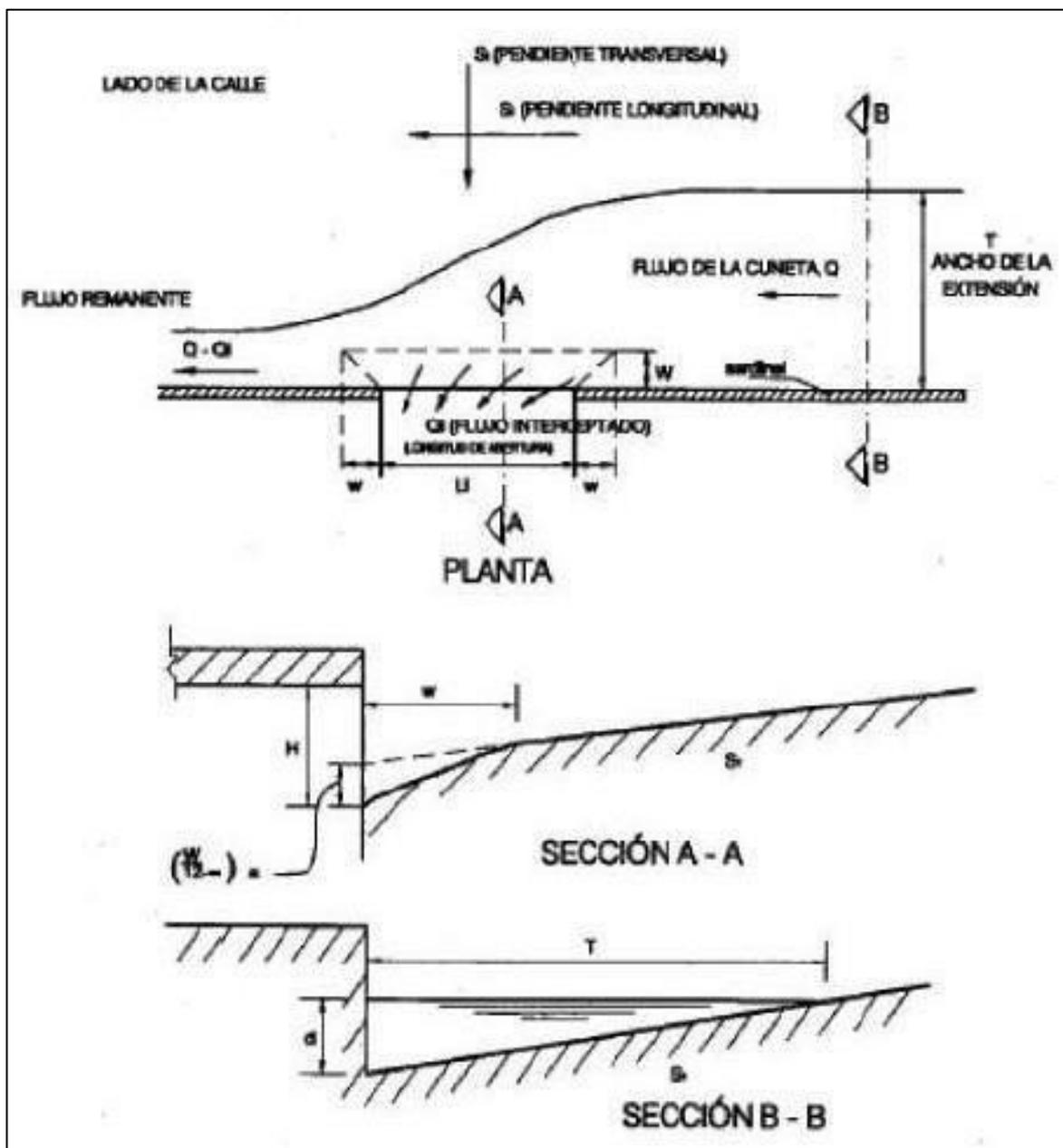


Figura 7 SUMIDERO TIPO GRANDE CONECTADO A CAMARA – S1

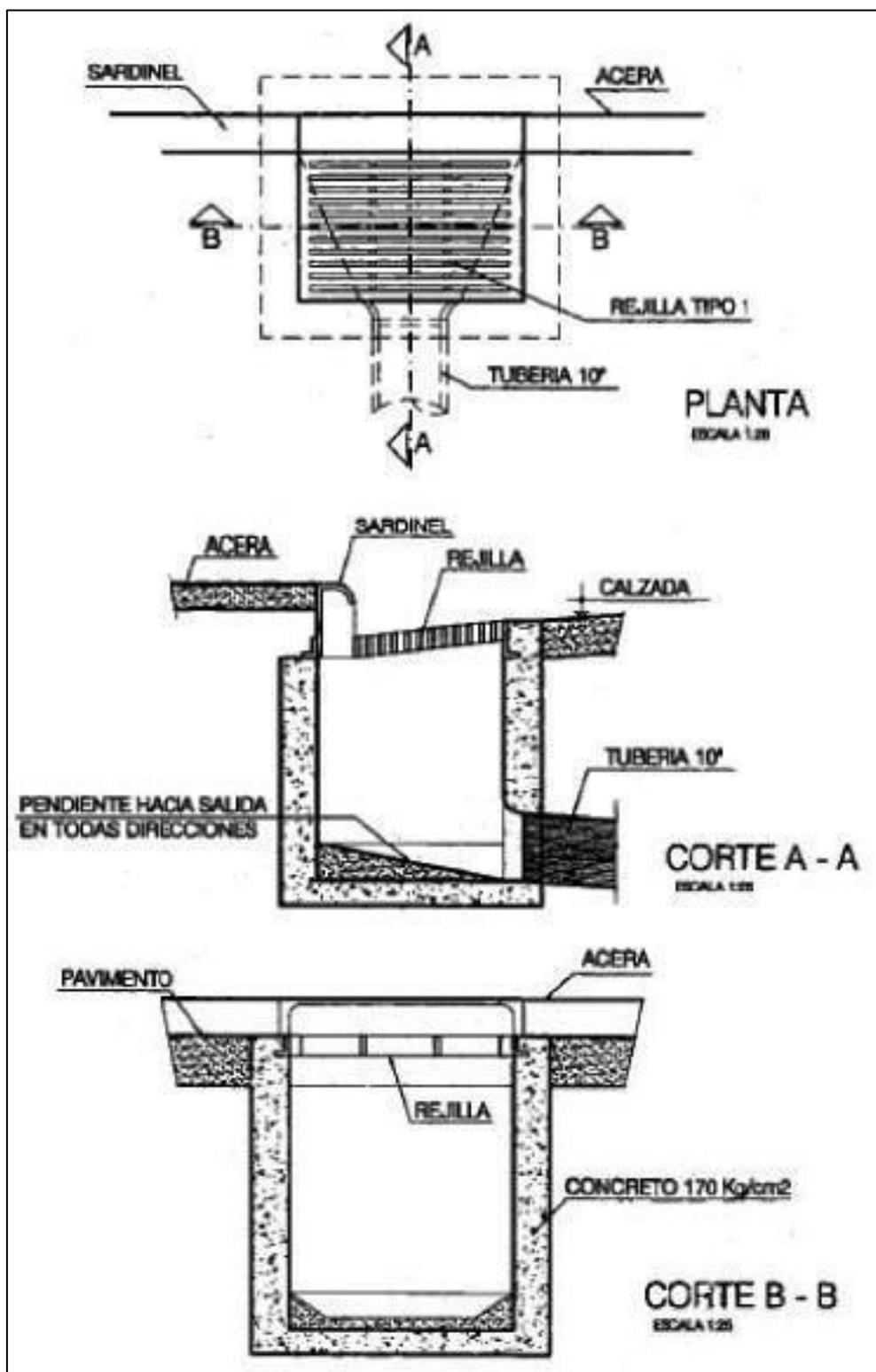


Figura 8 SUMIDERO TIPO GRANDE CONECTADO A TUBERIA – S2

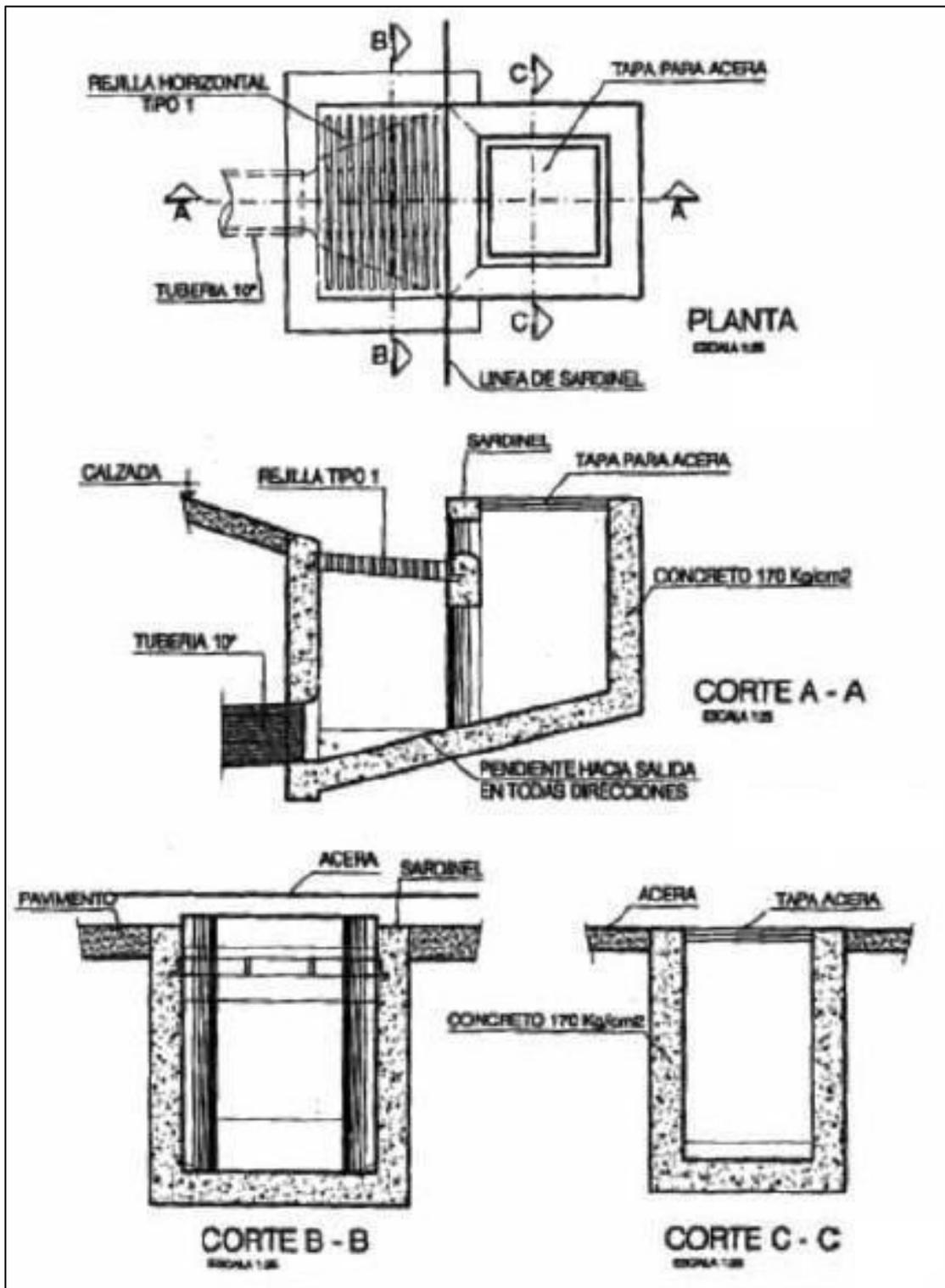


Figura 9 SUMIDERO TIPO CHICO CONECTADO A LA CAMARA – S3

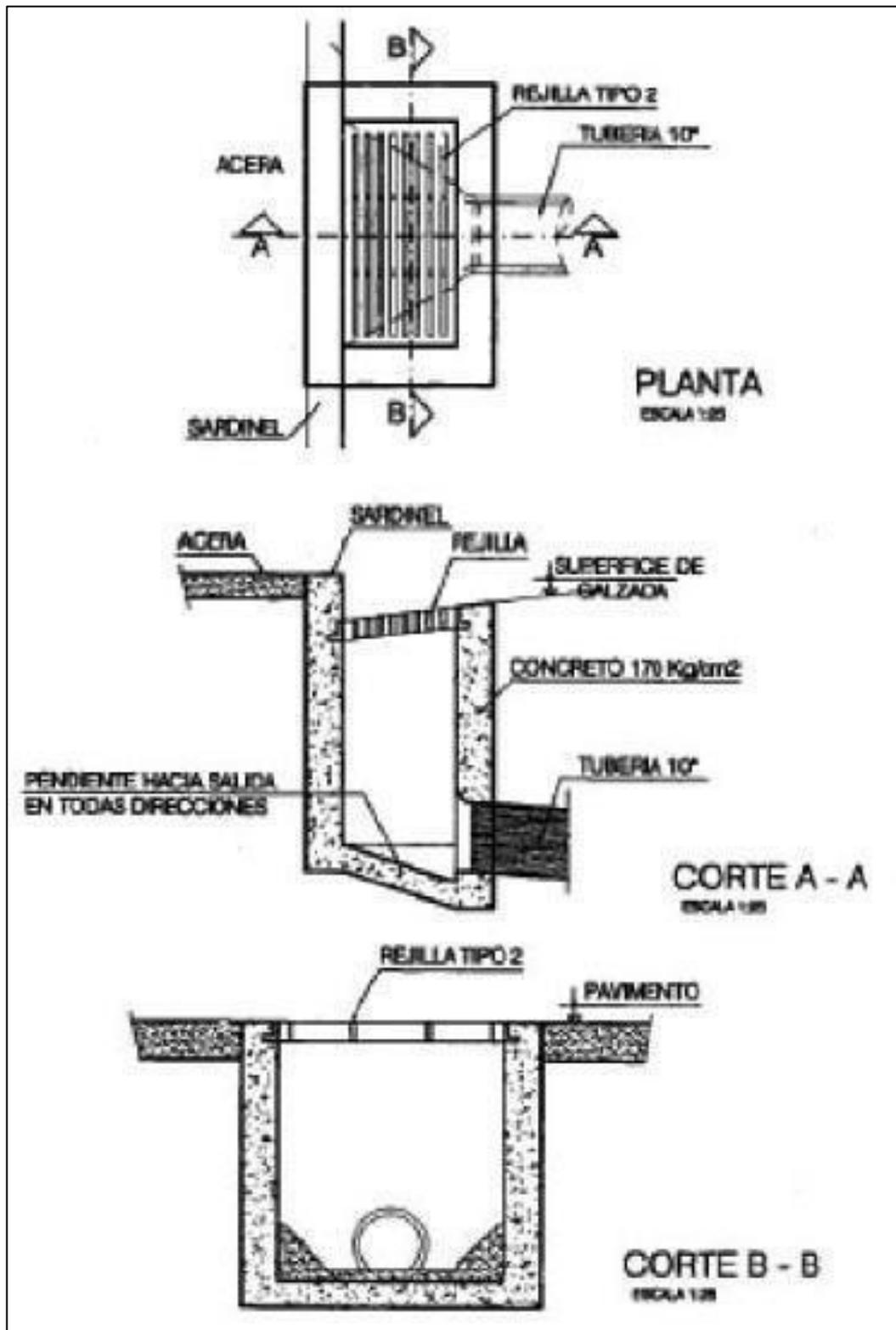


Figura 10 SUMIDERO TIPO CHICO CONECTADO A LA TUBERIA – S4

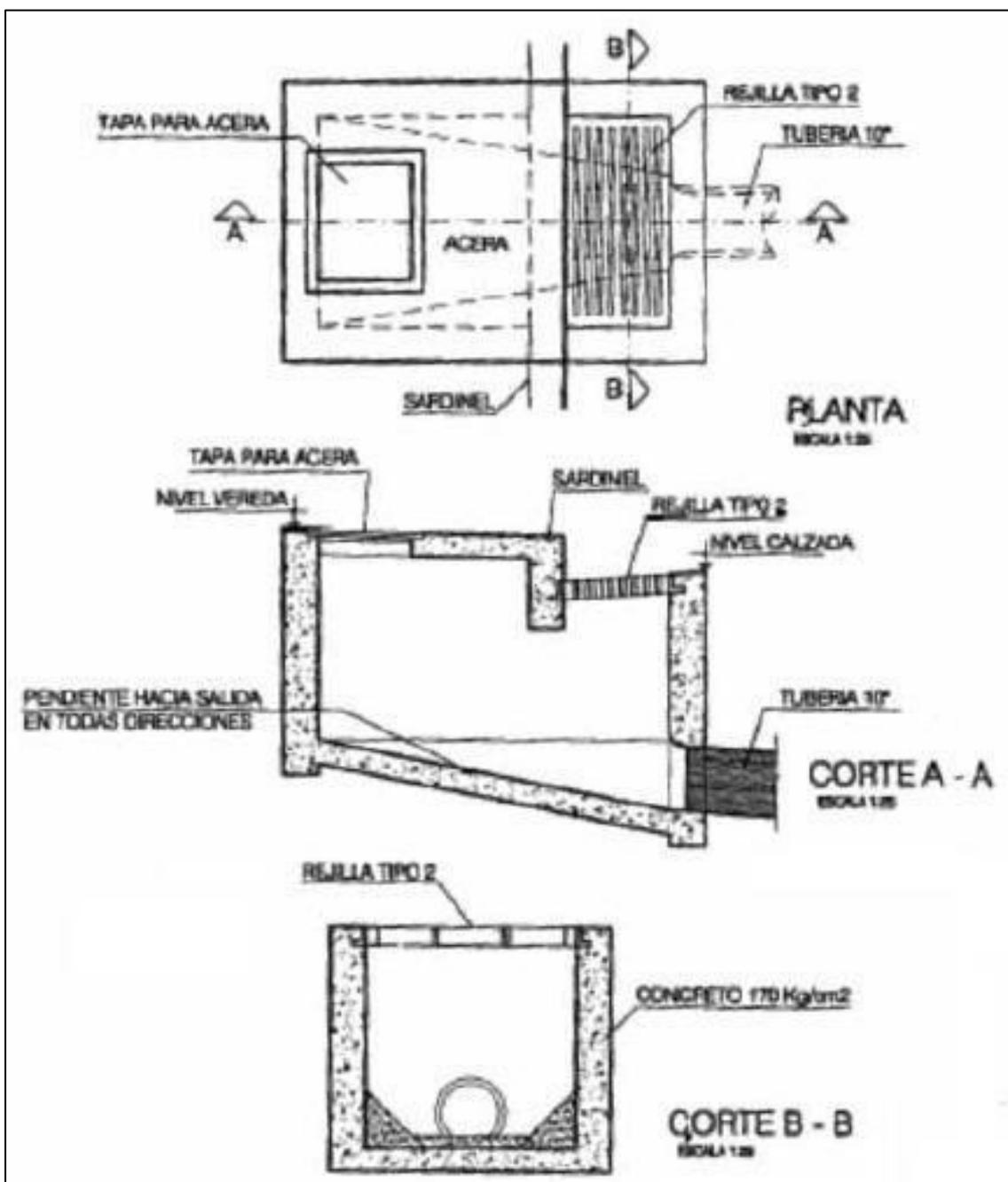


Figura 11 REJILLA DE FIERRO FUNDIDO PARA SUMIDEROS

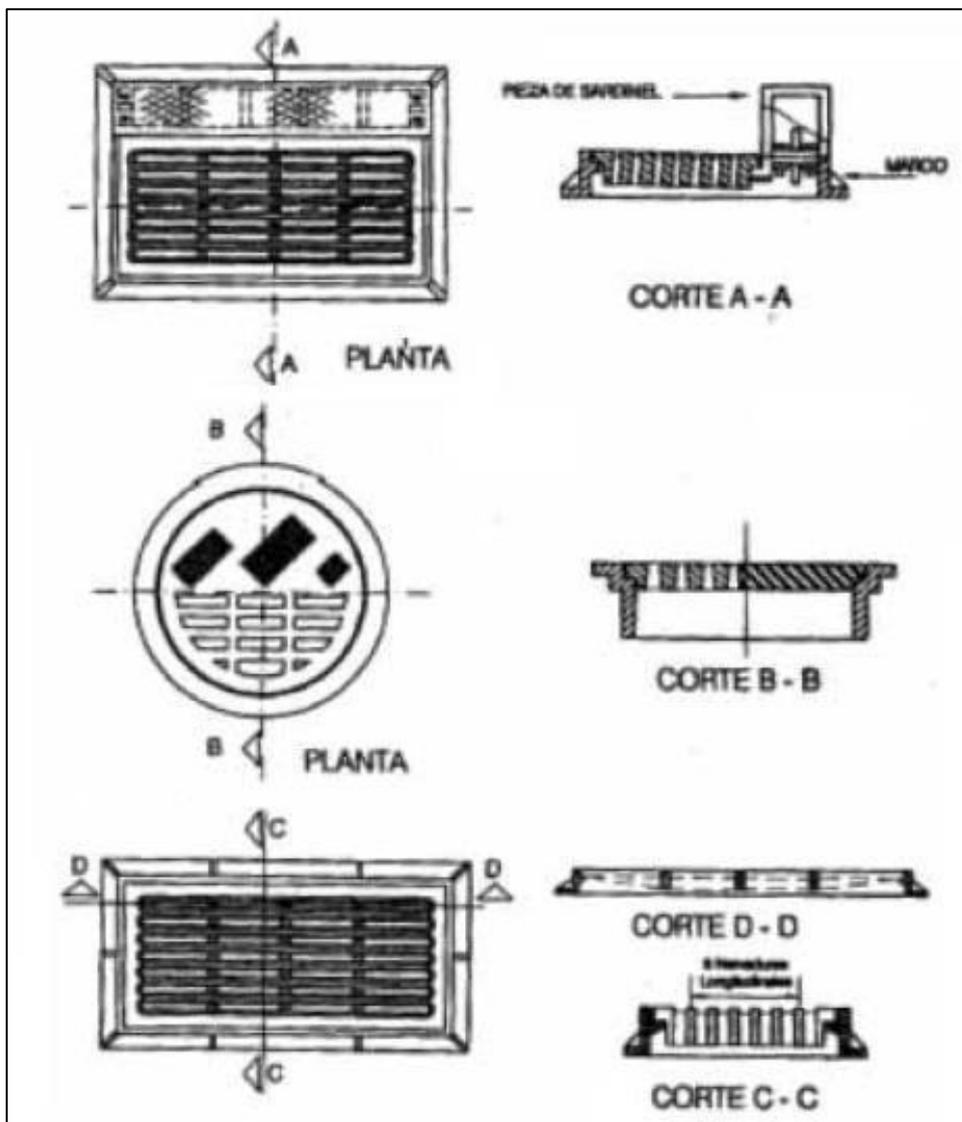


Figura 12 REJILLA DE FIERRO LAMINADO

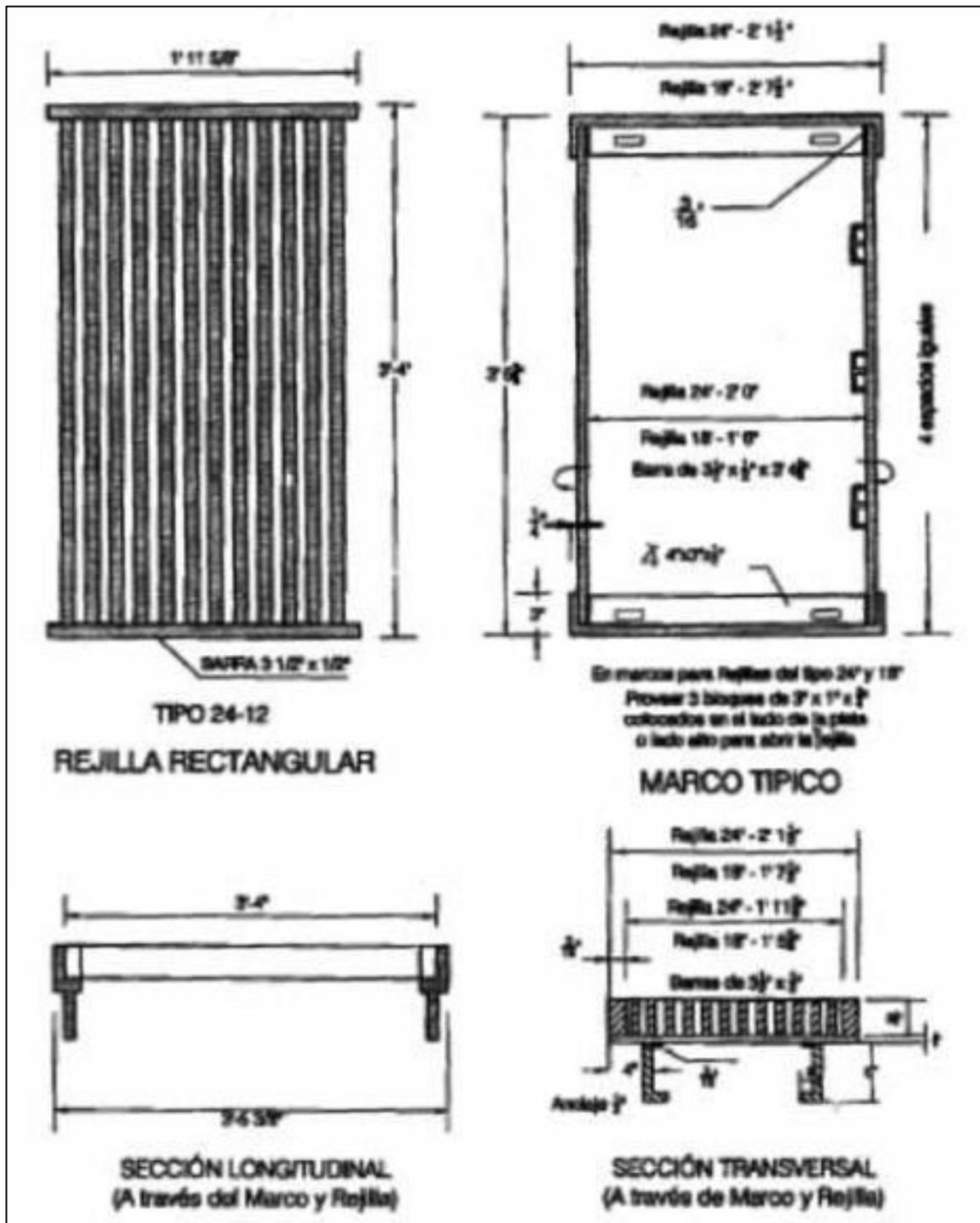


Figura 13 REJILLA DE FIERRO

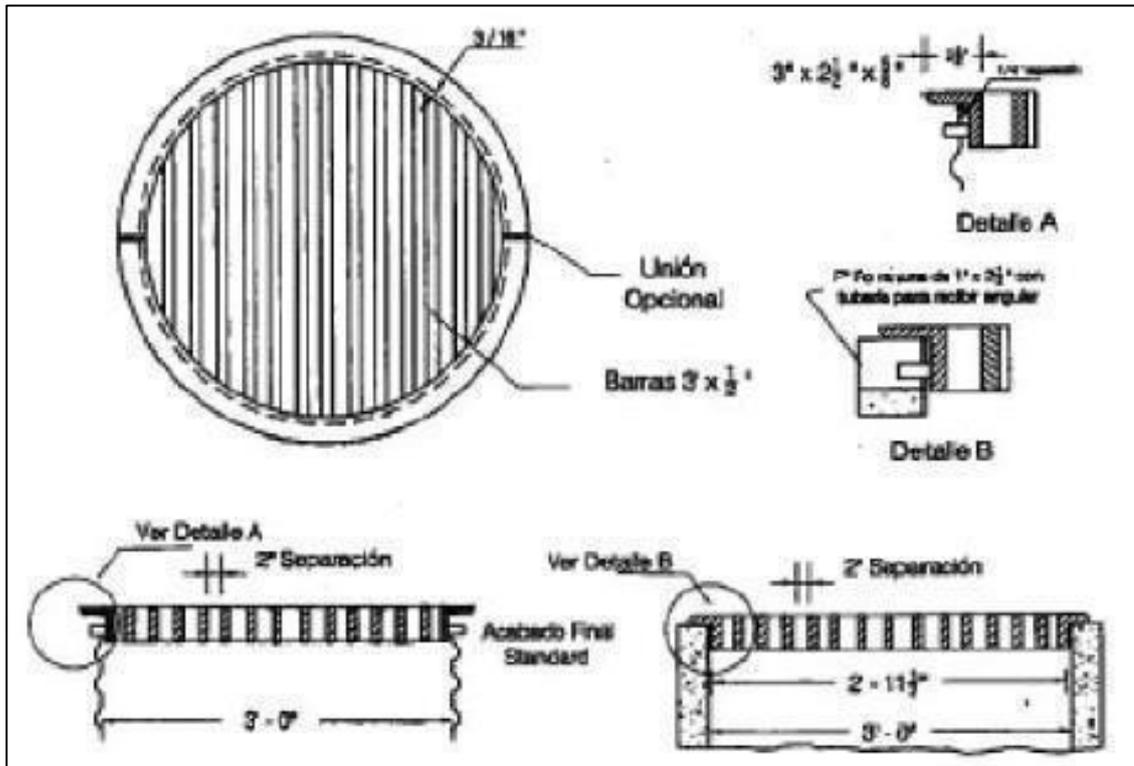


Figura 14 REJILLA CUADRADA

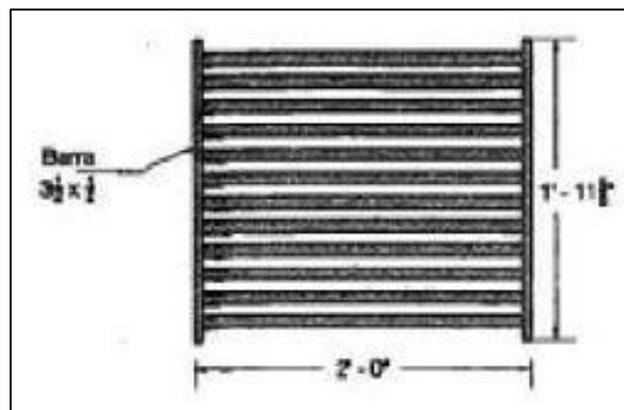


Figura 15 TUBERIA METALICA CORRUGADA RANURADA

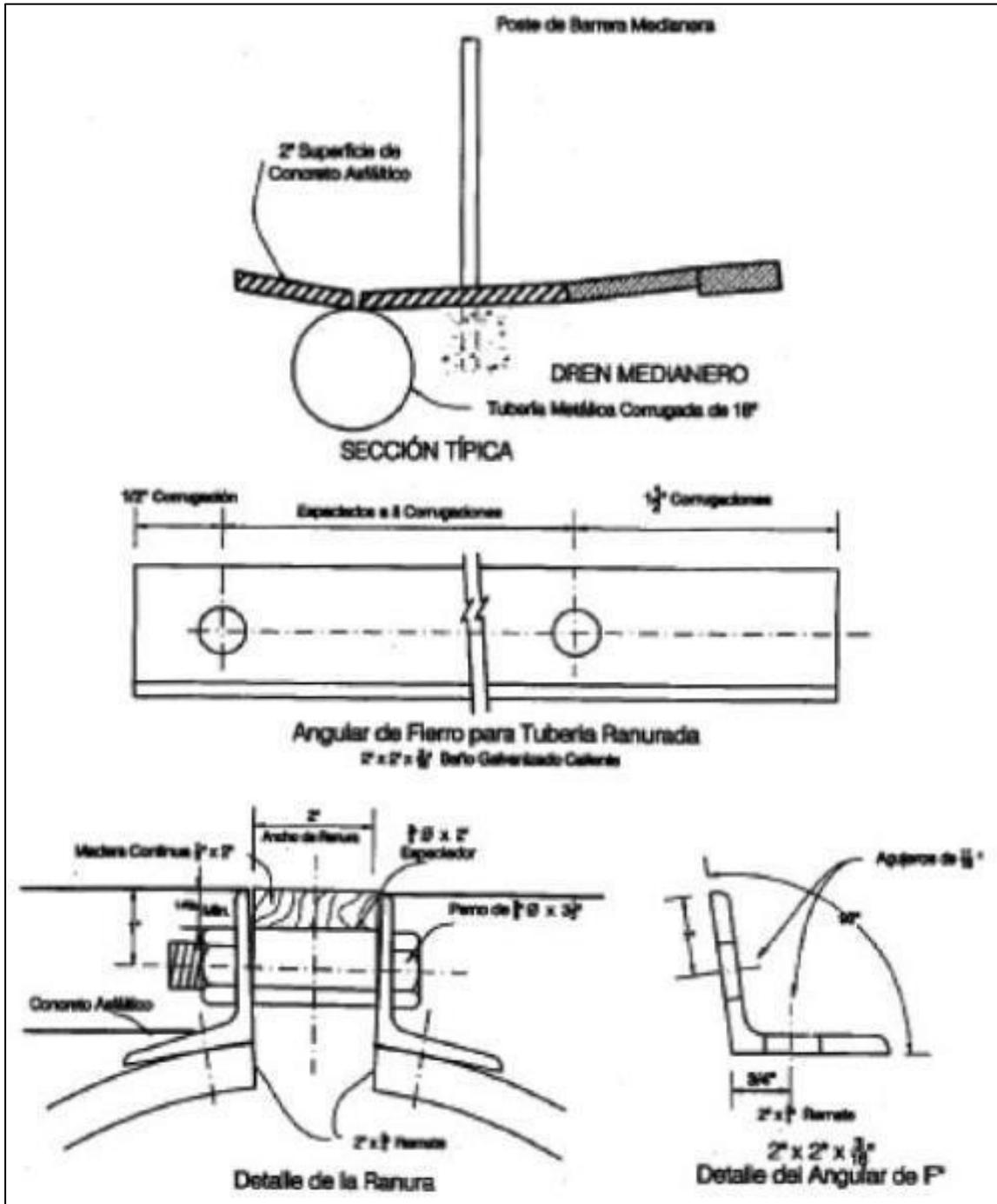


Figura 16 NOMOGRAMA PARA LA SOLUCION DE LA ECUACION DE MANNING

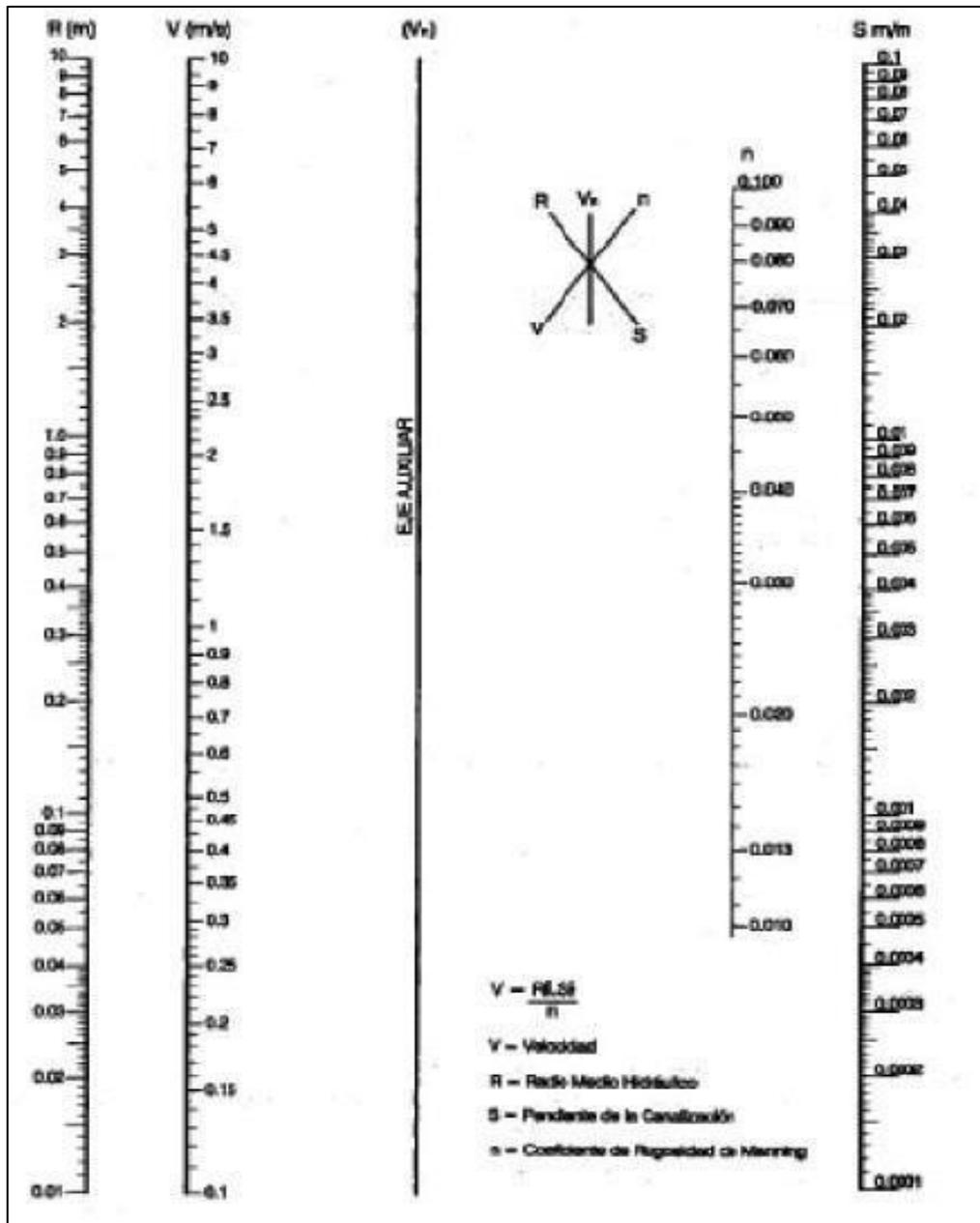


Figura 17 VISION CONCEPTUAL DEL FENÓMENO DE LA ESCORRENTÍA EN EL SWMN

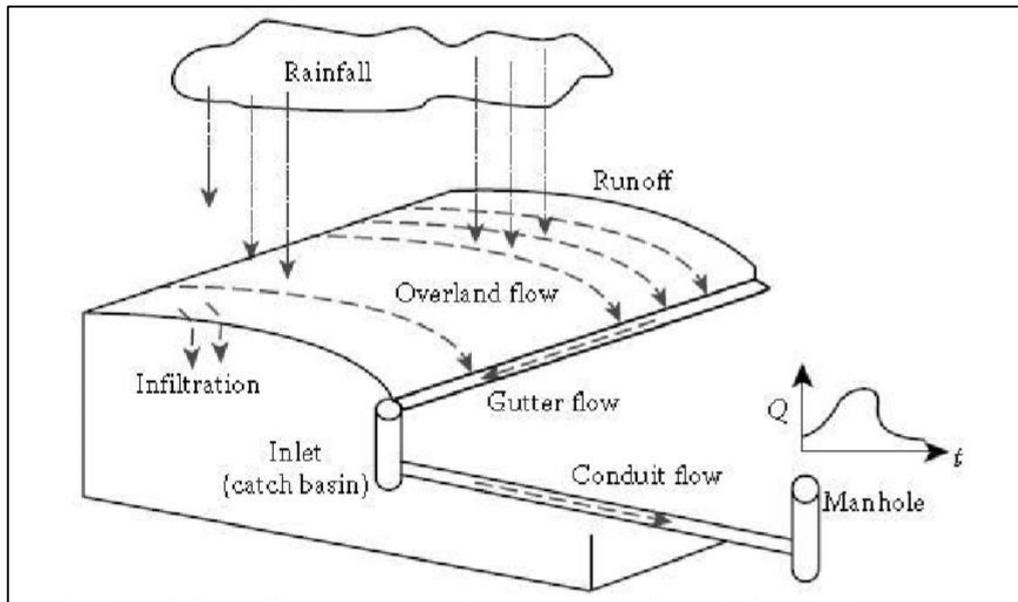
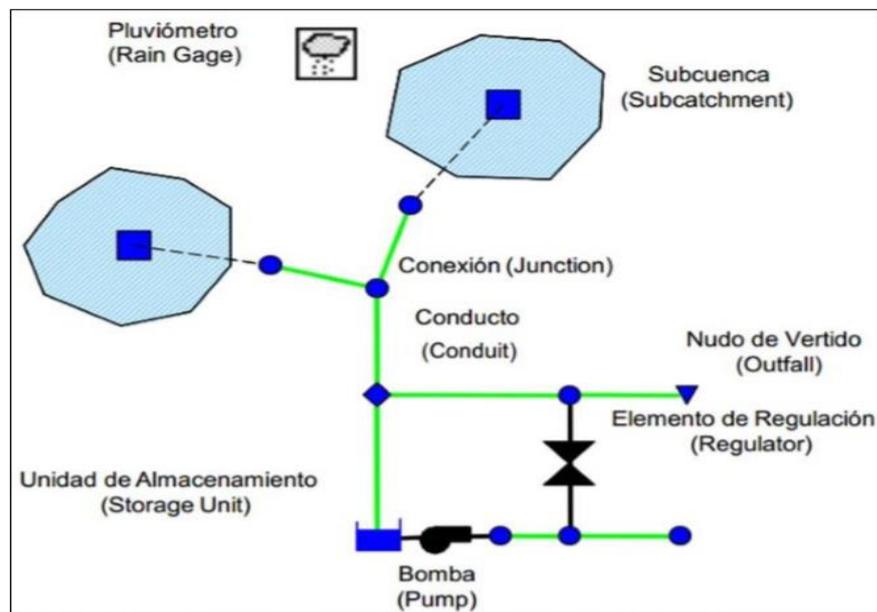


Figura 18 COMPONENTES FISICOS EMPLEADOS EN EL MODELO DE UN SISTEMA DE DRENAJE



Anexo 3. Análisis de distribución de frecuencias

Figura 19 Análisis de la distribución normal

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal						
Serie de datos X:						

N°	X					

1	145					
2	91					
3	75					
4	115					
5	146					
6	122					
7	152					
8	185					
9	112					
10	113					
11	115					
12	110					
13	167					
14	138					
15	93					
16	117					
17	155					
18	137					
19	123					
20	85					
21	151.2					
22	92.5					
23	111					
24	117.1					
25	96.6					
26	165.5					
27	97.1					
28	98.5					
29	85.3					
30	132.2					
31	90.2					
32	105.2					
33	169.1					
34	144.1					
35	116.2					
36	105.7					
37	121.1					

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:						

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta	

1	75.0	0.0263	0.0440	0.0464	0.0177	
2	85.0	0.0526	0.0903	0.0936	0.0377	
3	85.3	0.0789	0.0921	0.0954	0.0132	
4	90.2	0.1053	0.1255	0.1291	0.0202	
5	91.0	0.1316	0.1316	0.1353	0.0001	
6	92.5	0.1579	0.1437	0.1474	0.0141	
7	93.0	0.1842	0.1479	0.1516	0.0363	
8	96.6	0.2105	0.1806	0.1842	0.0299	
9	97.1	0.2368	0.1855	0.1891	0.0514	
10	98.5	0.2632	0.1995	0.2031	0.0637	
11	105.2	0.2895	0.2751	0.2781	0.0144	
12	105.7	0.3158	0.2813	0.2842	0.0345	
13	110.0	0.3421	0.3368	0.3391	0.0053	
14	111.0	0.3684	0.3503	0.3524	0.0181	
15	112.0	0.3947	0.3640	0.3659	0.0308	

16	113.0	0.4211	0.3779	0.3796	0.0432
17	115.0	0.4474	0.4061	0.4074	0.0413
18	115.0	0.4737	0.4061	0.4074	0.0676
19	116.2	0.5000	0.4232	0.4244	0.0768
20	117.0	0.5263	0.4348	0.4357	0.0916
21	117.1	0.5526	0.4362	0.4371	0.1164
22	121.1	0.5789	0.4945	0.4946	0.0844
23	122.0	0.6053	0.5077	0.5076	0.0976
24	123.0	0.6316	0.5223	0.5220	0.1093
25	132.2	0.6579	0.6531	0.6509	0.0048
26	137.0	0.6842	0.7156	0.7127	0.0314
27	138.0	0.7105	0.7279	0.7249	0.0174
28	144.1	0.7368	0.7969	0.7933	0.0600
29	145.0	0.7632	0.8061	0.8025	0.0429
30	146.0	0.7895	0.8160	0.8124	0.0265
31	151.2	0.8158	0.8624	0.8588	0.0466
32	152.0	0.8421	0.8687	0.8651	0.0266
33	155.0	0.8684	0.8908	0.8873	0.0223
34	165.5	0.8947	0.9470	0.9443	0.0522
35	167.0	0.9211	0.9526	0.9501	0.0316
36	169.1	0.9474	0.9598	0.9575	0.0124
37	185.0	0.9737	0.9901	0.9892	0.0165

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.1164, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución normal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xm)= 121.4757					
Parámetro de escala (S)= 27.2421					

Con momentos lineales:					
Media lineal (Xl)= 121.4757					
Desviación estándar lineal (Sl)= 27.6575					

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0440	0.0464	0.0201
2	85.0	0.0526	0.0903	0.0936	0.0410
3	85.3	0.0789	0.0921	0.0954	0.0165
4	90.2	0.1053	0.1255	0.1291	0.0238
5	91.0	0.1316	0.1316	0.1353	0.0037
6	92.5	0.1579	0.1437	0.1474	0.0105
7	93.0	0.1842	0.1479	0.1516	0.0326
8	96.6	0.2105	0.1806	0.1842	0.0263
9	97.1	0.2368	0.1855	0.1891	0.0478
10	98.5	0.2632	0.1995	0.2031	0.0601
11	105.2	0.2895	0.2751	0.2781	0.0114
12	105.7	0.3158	0.2813	0.2842	0.0316
13	110.0	0.3421	0.3368	0.3391	0.0030
14	111.0	0.3684	0.3503	0.3524	0.0160
15	112.0	0.3947	0.3640	0.3659	0.0288
16	113.0	0.4211	0.3779	0.3796	0.0414
17	115.0	0.4474	0.4061	0.4074	0.0399
18	115.0	0.4737	0.4061	0.4074	0.0662
19	116.2	0.5000	0.4232	0.4244	0.0756
20	117.0	0.5263	0.4348	0.4357	0.0906
21	117.1	0.5526	0.4362	0.4371	0.1155
22	121.1	0.5789	0.4945	0.4946	0.0844
23	122.0	0.6053	0.5077	0.5076	0.0977
24	123.0	0.6316	0.5223	0.5220	0.1096

25	132.2	0.6579	0.6531	0.6509	0.0070
26	137.0	0.6842	0.7156	0.7127	0.0285
27	138.0	0.7105	0.7279	0.7249	0.0144
28	144.1	0.7368	0.7969	0.7933	0.0565
29	145.0	0.7632	0.8061	0.8025	0.0393
30	146.0	0.7895	0.8160	0.8124	0.0229
31	151.2	0.8158	0.8624	0.8588	0.0430
32	152.0	0.8421	0.8687	0.8651	0.0230
33	155.0	0.8684	0.8908	0.8873	0.0188
34	165.5	0.8947	0.9470	0.9443	0.0495
35	167.0	0.9211	0.9526	0.9501	0.0291
36	169.1	0.9474	0.9598	0.9575	0.0101
37	185.0	0.9737	0.9901	0.9892	0.0155

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.1155, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución normal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xm)= 121.4757					
Parámetro de escala (S)= 27.2421					

Con momentos lineales:					
Media lineal (Xl)= 121.4757					
Desviación estándar lineal (Sl)= 27.6575					

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				

30		132.2							
31		90.2							
32		105.2							
33		169.1							
34		144.1							
35		116.2							
36		105.7							
37		121.1							

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0197	0.0223	0.0066				
2	85.0	0.0526	0.0672	0.0722	0.0146				
3	85.3	0.0789	0.0693	0.0744	0.0096				
4	90.2	0.1053	0.1094	0.1152	0.0041				
5	91.0	0.1316	0.1170	0.1229	0.0146				
6	92.5	0.1579	0.1321	0.1381	0.0258				
7	93.0	0.1842	0.1373	0.1434	0.0469				
8	96.6	0.2105	0.1784	0.1844	0.0322				
9	97.1	0.2368	0.1845	0.1905	0.0524				
10	98.5	0.2632	0.2021	0.2080	0.0610				
11	105.2	0.2895	0.2952	0.2999	0.0057				
12	105.7	0.3158	0.3026	0.3071	0.0132				
13	110.0	0.3421	0.3678	0.3710	0.0257				
14	111.0	0.3684	0.3832	0.3861	0.0148				
15	112.0	0.3947	0.3987	0.4012	0.0040				
16	113.0	0.4211	0.4142	0.4163	0.0068				
17	115.0	0.4474	0.4452	0.4465	0.0022				
18	115.0	0.4737	0.4452	0.4465	0.0285				
19	116.2	0.5000	0.4637	0.4646	0.0363				
20	117.0	0.5263	0.4759	0.4765	0.0504				
21	117.1	0.5526	0.4775	0.4780	0.0752				
22	121.1	0.5789	0.5376	0.5367	0.0413				
23	122.0	0.6053	0.5508	0.5496	0.0544				
24	123.0	0.6316	0.5653	0.5637	0.0663				
25	132.2	0.6579	0.6875	0.6832	0.0296				
26	137.0	0.6842	0.7418	0.7366	0.0576				
27	138.0	0.7105	0.7523	0.7469	0.0418				
28	144.1	0.7368	0.8095	0.8035	0.0727				
29	145.0	0.7632	0.8170	0.8110	0.0539				
30	146.0	0.7895	0.8251	0.8190	0.0356				
31	151.2	0.8158	0.8627	0.8566	0.0469				
32	152.0	0.8421	0.8678	0.8618	0.0257				
33	155.0	0.8684	0.8857	0.8798	0.0173				
34	165.5	0.8947	0.9330	0.9280	0.0383				
35	167.0	0.9211	0.9381	0.9333	0.0171				
36	169.1	0.9474	0.9447	0.9401	0.0027				
37	185.0	0.9737	0.9772	0.9744	0.0035				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0752, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución logNormal:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de escala (μ_y)= 4.7756									
Parámetro de forma (S_y)= 0.2225									

Con momentos lineales:									

Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2281					
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0197	0.0223	0.0040
2	85.0	0.0526	0.0672	0.0722	0.0196
3	85.3	0.0789	0.0693	0.0744	0.0046
4	90.2	0.1053	0.1094	0.1152	0.0100
5	91.0	0.1316	0.1170	0.1229	0.0086
6	92.5	0.1579	0.1321	0.1381	0.0198
7	93.0	0.1842	0.1373	0.1434	0.0408
8	96.6	0.2105	0.1784	0.1844	0.0261
9	97.1	0.2368	0.1845	0.1905	0.0463
10	98.5	0.2632	0.2021	0.2080	0.0551
11	105.2	0.2895	0.2952	0.2999	0.0104
12	105.7	0.3158	0.3026	0.3071	0.0087
13	110.0	0.3421	0.3678	0.3710	0.0289
14	111.0	0.3684	0.3832	0.3861	0.0176
15	112.0	0.3947	0.3987	0.4012	0.0065
16	113.0	0.4211	0.4142	0.4163	0.0047
17	115.0	0.4474	0.4452	0.4465	0.0008
18	115.0	0.4737	0.4452	0.4465	0.0271
19	116.2	0.5000	0.4637	0.4646	0.0354
20	117.0	0.5263	0.4759	0.4765	0.0498
21	117.1	0.5526	0.4775	0.4780	0.0746
22	121.1	0.5789	0.5376	0.5367	0.0422
23	122.0	0.6053	0.5508	0.5496	0.0557
24	123.0	0.6316	0.5653	0.5637	0.0679
25	132.2	0.6579	0.6875	0.6832	0.0253
26	137.0	0.6842	0.7418	0.7366	0.0524
27	138.0	0.7105	0.7523	0.7469	0.0364
28	144.1	0.7368	0.8095	0.8035	0.0667
29	145.0	0.7632	0.8170	0.8110	0.0478
30	146.0	0.7895	0.8251	0.8190	0.0296
31	151.2	0.8158	0.8627	0.8566	0.0408
32	152.0	0.8421	0.8678	0.8618	0.0197
33	155.0	0.8684	0.8857	0.8798	0.0114
34	165.5	0.8947	0.9330	0.9280	0.0333
35	167.0	0.9211	0.9381	0.9333	0.0122
36	169.1	0.9474	0.9447	0.9401	0.0073
37	185.0	0.9737	0.9772	0.9744	0.0007

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.0746, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución logNormal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2225					

Con momentos lineales:					
Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2281					

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X
1	145
2	91
3	75
4	115
5	146
6	122
7	152
8	185
9	112
10	113
11	115
12	110
13	167
14	138
15	93
16	117
17	155
18	137
19	123
20	85
21	151.2
22	92.5
23	111
24	117.1
25	96.6
26	165.5
27	97.1
28	98.5
29	85.3
30	132.2
31	90.2
32	105.2
33	169.1
34	144.1
35	116.2
36	105.7
37	121.1

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	75.0	0.0263	-2.1446	0.0160	0.0103
2	85.0	0.0526	-1.5374	0.0621	0.0095
3	85.3	0.0789	-1.5205	0.0642	0.0148
4	90.2	0.1053	-1.2545	0.1048	0.0004
5	91.0	0.1316	-1.2127	0.1126	0.0190
6	92.5	0.1579	-1.1354	0.1281	0.0298
7	93.0	0.1842	-1.1100	0.1335	0.0507
8	96.6	0.2105	-0.9315	0.1758	0.0347
9	97.1	0.2368	-0.9074	0.1821	0.0547
10	98.5	0.2632	-0.8404	0.2003	0.0628
11	105.2	0.2895	-0.5347	0.2964	0.0070
12	105.7	0.3158	-0.5128	0.3041	0.0117
13	110.0	0.3421	-0.3291	0.3710	0.0289
14	111.0	0.3684	-0.2875	0.3868	0.0184
15	112.0	0.3947	-0.2464	0.4027	0.0079
16	113.0	0.4211	-0.2057	0.4185	0.0025
17	115.0	0.4474	-0.1255	0.4501	0.0027
18	115.0	0.4737	-0.1255	0.4501	0.0236
19	116.2	0.5000	-0.0781	0.4689	0.0311
20	117.0	0.5263	-0.0469	0.4813	0.0450

21	117.1	0.5526	-0.0430	0.4829	0.0698
22	121.1	0.5789	0.1097	0.5437	0.0353
23	122.0	0.6053	0.1432	0.5570	0.0483
24	123.0	0.6316	0.1802	0.5715	0.0601
25	132.2	0.6579	0.5053	0.6933	0.0354
26	137.0	0.6842	0.6651	0.7470	0.0628
27	138.0	0.7105	0.6976	0.7573	0.0468
28	144.1	0.7368	0.8903	0.8134	0.0765
29	145.0	0.7632	0.9180	0.8207	0.0575
30	146.0	0.7895	0.9485	0.8286	0.0391
31	151.2	0.8158	1.1037	0.8651	0.0493
32	152.0	0.8421	1.1270	0.8701	0.0280
33	155.0	0.8684	1.2134	0.8875	0.0191
34	165.5	0.8947	1.5018	0.9334	0.0387
35	167.0	0.9211	1.5414	0.9384	0.0173
36	169.1	0.9474	1.5962	0.9448	0.0026
37	185.0	0.9737	1.9883	0.9766	0.0029

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.0765, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución lognormal:					

Parámetro de posición (x_0)= 13.4986					
Parámetro de escala (μy)= 4.6512					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2481					

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				

30		132.2							
31		90.2							
32		105.2							
33		169.1							
34		144.1							
35		116.2							
36		105.7							
37		121.1							

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0247	0.0984	0.0016				
2	85.0	0.0526	0.0714	0.1715	0.0187				
3	85.3	0.0789	0.0733	0.1740	0.0056				
4	90.2	0.1053	0.1109	0.2174	0.0056				
5	91.0	0.1316	0.1180	0.2248	0.0136				
6	92.5	0.1579	0.1320	0.2391	0.0259				
7	93.0	0.1842	0.1369	0.2439	0.0474				
8	96.6	0.2105	0.1750	0.2795	0.0355				
9	97.1	0.2368	0.1807	0.2846	0.0562				
10	98.5	0.2632	0.1971	0.2989	0.0660				
11	105.2	0.2895	0.2849	0.3695	0.0046				
12	105.7	0.3158	0.2919	0.3749	0.0238				
13	110.0	0.3421	0.3547	0.4211	0.0126				
14	111.0	0.3684	0.3697	0.4319	0.0013				
15	112.0	0.3947	0.3848	0.4426	0.0099				
16	113.0	0.4211	0.4000	0.4534	0.0210				
17	115.0	0.4474	0.4306	0.4747	0.0168				
18	115.0	0.4737	0.4306	0.4747	0.0431				
19	116.2	0.5000	0.4490	0.4875	0.0510				
20	117.0	0.5263	0.4612	0.4959	0.0651				
21	117.1	0.5526	0.4628	0.4970	0.0899				
22	121.1	0.5789	0.5235	0.5385	0.0555				
23	122.0	0.6053	0.5369	0.5477	0.0683				
24	123.0	0.6316	0.5517	0.5579	0.0798				
25	132.2	0.6579	0.6790	0.6462	0.0211				
26	137.0	0.6842	0.7367	0.6881	0.0525				
27	138.0	0.7105	0.7479	0.6965	0.0374				
28	144.1	0.7368	0.8094	0.7443	0.0725				
29	145.0	0.7632	0.8175	0.7509	0.0543				
30	146.0	0.7895	0.8262	0.7581	0.0367				
31	151.2	0.8158	0.8665	0.7931	0.0507				
32	152.0	0.8421	0.8720	0.7982	0.0299				
33	155.0	0.8684	0.8912	0.8163	0.0227				
34	165.5	0.8947	0.9408	0.8701	0.0461				
35	167.0	0.9211	0.9460	0.8766	0.0250				
36	169.1	0.9474	0.9527	0.8853	0.0053				
37	185.0	0.9737	0.9837	0.9360	0.0101				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0899, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%									

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de forma (gamma)= 20.8991									
Parámetro de escala (beta)= 5.8125									

Con momentos lineales:									

Parámetro de forma (gamma)= 9.8477						
Parámetro de escala (beta)= 12.3355						
álculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:						

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta	

1	75.0	0.0263	0.0247	0.0984	0.0721	
2	85.0	0.0526	0.0714	0.1715	0.1189	
3	85.3	0.0789	0.0733	0.1740	0.0951	
4	90.2	0.1053	0.1109	0.2174	0.1121	
5	91.0	0.1316	0.1180	0.2248	0.0932	
6	92.5	0.1579	0.1320	0.2391	0.0812	
7	93.0	0.1842	0.1369	0.2439	0.0597	
8	96.6	0.2105	0.1750	0.2795	0.0690	
9	97.1	0.2368	0.1807	0.2846	0.0478	
10	98.5	0.2632	0.1971	0.2989	0.0358	
11	105.2	0.2895	0.2849	0.3695	0.0800	
12	105.7	0.3158	0.2919	0.3749	0.0591	
13	110.0	0.3421	0.3547	0.4211	0.0790	
14	111.0	0.3684	0.3697	0.4319	0.0635	
15	112.0	0.3947	0.3848	0.4426	0.0479	
16	113.0	0.4211	0.4000	0.4534	0.0323	
17	115.0	0.4474	0.4306	0.4747	0.0274	
18	115.0	0.4737	0.4306	0.4747	0.0010	
19	116.2	0.5000	0.4490	0.4875	0.0125	
20	117.0	0.5263	0.4612	0.4959	0.0304	
21	117.1	0.5526	0.4628	0.4970	0.0557	
22	121.1	0.5789	0.5235	0.5385	0.0404	
23	122.0	0.6053	0.5369	0.5477	0.0575	
24	123.0	0.6316	0.5517	0.5579	0.0737	
25	132.2	0.6579	0.6790	0.6462	0.0117	
26	137.0	0.6842	0.7367	0.6881	0.0039	
27	138.0	0.7105	0.7479	0.6965	0.0141	
28	144.1	0.7368	0.8094	0.7443	0.0074	
29	145.0	0.7632	0.8175	0.7509	0.0123	
30	146.0	0.7895	0.8262	0.7581	0.0314	
31	151.2	0.8158	0.8665	0.7931	0.0226	
32	152.0	0.8421	0.8720	0.7982	0.0439	
33	155.0	0.8684	0.8912	0.8163	0.0521	
34	165.5	0.8947	0.9408	0.8701	0.0247	
35	167.0	0.9211	0.9460	0.8766	0.0444	
36	169.1	0.9474	0.9527	0.8853	0.0621	
37	185.0	0.9737	0.9837	0.9360	0.0377	

Ajuste con momentos lineales:						

Como el delta teórico 0.1189, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%						

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:						

Con momentos ordinarios:						
Parámetro de forma (gamma)= 20.8991						
Parámetro de escala (beta)= 5.8125						

Con momentos lineales:						
Parámetro de forma (gamma)= 9.8477						
Parámetro de escala (beta)= 12.3355						

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros						

Serie de datos X:						

N°	X								
1	145								
2	91								
3	75								
4	115								
5	146								
6	122								
7	152								
8	185								
9	112								
10	113								
11	115								
12	110								
13	167								
14	138								
15	93								
16	117								
17	155								
18	137								
19	123								
20	85								
21	151.2								
22	92.5								
23	111								
24	117.1								
25	96.6								
26	165.5								
27	97.1								
28	98.5								
29	85.3								
30	132.2								
31	90.2								
32	105.2								
33	169.1								
34	144.1								
35	116.2								
36	105.7								
37	121.1								
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				
1	75.0	0.0263	0.0267	0.0197	0.0004				
2	85.0	0.0526	0.0759	0.0724	0.0232				
3	85.3	0.0789	0.0779	0.0747	0.0010				
4	90.2	0.1053	0.1167	0.1179	0.0114				
5	91.0	0.1316	0.1239	0.1260	0.0077				
6	92.5	0.1579	0.1382	0.1419	0.0197				
7	93.0	0.1842	0.1432	0.1475	0.0410				
8	96.6	0.2105	0.1819	0.1901	0.0286				
9	97.1	0.2368	0.1876	0.1964	0.0492				
10	98.5	0.2632	0.2042	0.2144	0.0589				
11	105.2	0.2895	0.2918	0.3078	0.0024				
12	105.7	0.3158	0.2988	0.3151	0.0169				
13	110.0	0.3421	0.3609	0.3791	0.0188				
14	111.0	0.3684	0.3756	0.3941	0.0072				
15	112.0	0.3947	0.3905	0.4092	0.0042				
16	113.0	0.4211	0.4054	0.4242	0.0156				
17	115.0	0.4474	0.4354	0.4541	0.0119				
18	115.0	0.4737	0.4354	0.4541	0.0383				
19	116.2	0.5000	0.4534	0.4719	0.0466				
20	117.0	0.5263	0.4654	0.4837	0.0609				
21	117.1	0.5526	0.4669	0.4851	0.0857				

22	121.1	0.5789	0.5261	0.5428	0.0528
23	122.0	0.6053	0.5393	0.5554	0.0660
24	123.0	0.6316	0.5537	0.5693	0.0779
25	132.2	0.6579	0.6775	0.6861	0.0196
26	137.0	0.6842	0.7339	0.7383	0.0496
27	138.0	0.7105	0.7448	0.7484	0.0342
28	144.1	0.7368	0.8050	0.8040	0.0681
29	145.0	0.7632	0.8129	0.8113	0.0498
30	146.0	0.7895	0.8215	0.8193	0.0320
31	151.2	0.8158	0.8614	0.8563	0.0456
32	152.0	0.8421	0.8669	0.8614	0.0248
33	155.0	0.8684	0.8859	0.8793	0.0175
34	165.5	0.8947	0.9361	0.9275	0.0414
35	167.0	0.9211	0.9415	0.9327	0.0204
36	169.1	0.9474	0.9483	0.9396	0.0009
37	185.0	0.9737	0.9812	0.9743	0.0075

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.08574, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xo)= 6.9198					
Parámetro de forma (gamma)= 17.6829					
Parámetro de escala (beta)= 6.4783					

Con momentos lineales:					
Parámetro de localización (Xol)= 43.7114					
Parámetro de forma (gammal)= 7.6517					
Parámetro de escala (betal)= 10.163					

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0267	0.0197	0.0066
2	85.0	0.0526	0.0759	0.0724	0.0198
3	85.3	0.0789	0.0779	0.0747	0.0043
4	90.2	0.1053	0.1167	0.1179	0.0127
5	91.0	0.1316	0.1239	0.1260	0.0056
6	92.5	0.1579	0.1382	0.1419	0.0160
7	93.0	0.1842	0.1432	0.1475	0.0367
8	96.6	0.2105	0.1819	0.1901	0.0205
9	97.1	0.2368	0.1876	0.1964	0.0405
10	98.5	0.2632	0.2042	0.2144	0.0488
11	105.2	0.2895	0.2918	0.3078	0.0183
12	105.7	0.3158	0.2988	0.3151	0.0007
13	110.0	0.3421	0.3609	0.3791	0.0370
14	111.0	0.3684	0.3756	0.3941	0.0257
15	112.0	0.3947	0.3905	0.4092	0.0144
16	113.0	0.4211	0.4054	0.4242	0.0031
17	115.0	0.4474	0.4354	0.4541	0.0067
18	115.0	0.4737	0.4354	0.4541	0.0196
19	116.2	0.5000	0.4534	0.4719	0.0281
20	117.0	0.5263	0.4654	0.4837	0.0426
21	117.1	0.5526	0.4669	0.4851	0.0675
22	121.1	0.5789	0.5261	0.5428	0.0361
23	122.0	0.6053	0.5393	0.5554	0.0498
24	123.0	0.6316	0.5537	0.5693	0.0623
25	132.2	0.6579	0.6775	0.6861	0.0282
26	137.0	0.6842	0.7339	0.7383	0.0541
27	138.0	0.7105	0.7448	0.7484	0.0379
28	144.1	0.7368	0.8050	0.8040	0.0672

29	145.0	0.7632	0.8129	0.8113	0.0482
30	146.0	0.7895	0.8215	0.8193	0.0298
31	151.2	0.8158	0.8614	0.8563	0.0405
32	152.0	0.8421	0.8669	0.8614	0.0193
33	155.0	0.8684	0.8859	0.8793	0.0109
34	165.5	0.8947	0.9361	0.9275	0.0327
35	167.0	0.9211	0.9415	0.9327	0.0117
36	169.1	0.9474	0.9483	0.9396	0.0078
37	185.0	0.9737	0.9812	0.9743	0.0006

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.06749, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xo)= 6.9198					
Parámetro de forma (gamma)= 17.6829					
Parámetro de escala (beta)= 6.4783					

Con momentos lineales:					
Parámetro de localización (XoI)= 43.7114					
Parámetro de forma (gammal)= 7.6517					
Parámetro de escala (betal)= 10.163					

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				
30	132.2				
31	90.2				
32	105.2				

33		169.1							
34		144.1							
35		116.2							
36		105.7							
37		121.1							

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0067	0.0120	0.0196				
2	85.0	0.0526	0.0439	0.0585	0.0088				
3	85.3	0.0789	0.0458	0.0608	0.0331				
4	90.2	0.1053	0.0865	0.1051	0.0188				
5	91.0	0.1316	0.0947	0.1137	0.0369				
6	92.5	0.1579	0.1112	0.1308	0.0467				
7	93.0	0.1842	0.1170	0.1368	0.0672				
8	96.6	0.2105	0.1635	0.1836	0.0470				
9	97.1	0.2368	0.1705	0.1905	0.0663				
10	98.5	0.2632	0.1909	0.2106	0.0723				
11	105.2	0.2895	0.2988	0.3145	0.0093				
12	105.7	0.3158	0.3073	0.3225	0.0085				
13	110.0	0.3421	0.3815	0.3927	0.0394				
14	111.0	0.3684	0.3988	0.4090	0.0303				
15	112.0	0.3947	0.4160	0.4252	0.0212				
16	113.0	0.4211	0.4331	0.4413	0.0120				
17	115.0	0.4474	0.4669	0.4730	0.0196				
18	115.0	0.4737	0.4669	0.4730	0.0068				
19	116.2	0.5000	0.4869	0.4918	0.0131				
20	117.0	0.5263	0.5000	0.5041	0.0263				
21	117.1	0.5526	0.5016	0.5056	0.0510				
22	121.1	0.5789	0.5647	0.5650	0.0143				
23	122.0	0.6053	0.5782	0.5778	0.0270				
24	123.0	0.6316	0.5930	0.5917	0.0386				
25	132.2	0.6579	0.7126	0.7056	0.0547				
26	137.0	0.6842	0.7631	0.7545	0.0789				
27	138.0	0.7105	0.7727	0.7638	0.0621				
28	144.1	0.7368	0.8241	0.8142	0.0872				
29	145.0	0.7632	0.8307	0.8208	0.0675				
30	146.0	0.7895	0.8378	0.8279	0.0483				
31	151.2	0.8158	0.8706	0.8608	0.0548				
32	152.0	0.8421	0.8751	0.8653	0.0330				
33	155.0	0.8684	0.8906	0.8810	0.0222				
34	165.5	0.8947	0.9318	0.9236	0.0370				
35	167.0	0.9211	0.9363	0.9284	0.0152				
36	169.1	0.9474	0.9421	0.9345	0.0053				
37	185.0	0.9737	0.9722	0.9671	0.0015				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0872, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución Gumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 109.2153									
Parámetro de escala (alfa)= 21.2406									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 108.4815									
Parámetro de escala (alfa)= 22.5119									

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	75.0	0.0263	0.0067	0.0120	0.0143
2	85.0	0.0526	0.0439	0.0585	0.0059
3	85.3	0.0789	0.0458	0.0608	0.0182
4	90.2	0.1053	0.0865	0.1051	0.0001
5	91.0	0.1316	0.0947	0.1137	0.0179
6	92.5	0.1579	0.1112	0.1308	0.0271
7	93.0	0.1842	0.1170	0.1368	0.0474
8	96.6	0.2105	0.1635	0.1836	0.0270
9	97.1	0.2368	0.1705	0.1905	0.0463
10	98.5	0.2632	0.1909	0.2106	0.0526
11	105.2	0.2895	0.2988	0.3145	0.0250
12	105.7	0.3158	0.3073	0.3225	0.0068
13	110.0	0.3421	0.3815	0.3927	0.0506
14	111.0	0.3684	0.3988	0.4090	0.0405
15	112.0	0.3947	0.4160	0.4252	0.0304
16	113.0	0.4211	0.4331	0.4413	0.0202
17	115.0	0.4474	0.4669	0.4730	0.0257
18	115.0	0.4737	0.4669	0.4730	0.0007
19	116.2	0.5000	0.4869	0.4918	0.0082
20	117.0	0.5263	0.5000	0.5041	0.0222
21	117.1	0.5526	0.5016	0.5056	0.0470
22	121.1	0.5789	0.5647	0.5650	0.0139
23	122.0	0.6053	0.5782	0.5778	0.0275
24	123.0	0.6316	0.5930	0.5917	0.0398
25	132.2	0.6579	0.7126	0.7056	0.0477
26	137.0	0.6842	0.7631	0.7545	0.0703
27	138.0	0.7105	0.7727	0.7638	0.0532
28	144.1	0.7368	0.8241	0.8142	0.0774
29	145.0	0.7632	0.8307	0.8208	0.0577
30	146.0	0.7895	0.8378	0.8279	0.0384
31	151.2	0.8158	0.8706	0.8608	0.0450
32	152.0	0.8421	0.8751	0.8653	0.0232
33	155.0	0.8684	0.8906	0.8810	0.0126
34	165.5	0.8947	0.9318	0.9236	0.0289
35	167.0	0.9211	0.9363	0.9284	0.0073
36	169.1	0.9474	0.9421	0.9345	0.0128
37	185.0	0.9737	0.9722	0.9671	0.0065

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.0774, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de posición (μ)= 109.2153
 Parámetro de escala (alfa)= 21.2406

Con momentos lineales:
 Parámetro de posición (μ)= 108.4815
 Parámetro de escala (alfa)= 22.5119

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

N°	X
1	145

2	91								
3	75								
4	115								
5	146								
6	122								
7	152								
8	185								
9	112								
10	113								
11	115								
12	110								
13	167								
14	138								
15	93								
16	117								
17	155								
18	137								
19	123								
20	85								
21	151.2								
22	92.5								
23	111								
24	117.1								
25	96.6								
26	165.5								
27	97.1								
28	98.5								
29	85.3								
30	132.2								
31	90.2								
32	105.2								
33	169.1								
34	144.1								
35	116.2								
36	105.7								
37	121.1								

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0004	0.0013	0.0259				
2	85.0	0.0526	0.0218	0.0343	0.0309				
3	85.3	0.0789	0.0235	0.0365	0.0554				
4	90.2	0.1053	0.0660	0.0863	0.0393				
5	91.0	0.1316	0.0755	0.0967	0.0561				
6	92.5	0.1579	0.0953	0.1178	0.0626				
7	93.0	0.1842	0.1024	0.1252	0.0818				
8	96.6	0.2105	0.1603	0.1839	0.0502				
9	97.1	0.2368	0.1691	0.1926	0.0677				
10	98.5	0.2632	0.1947	0.2176	0.0685				
11	105.2	0.2895	0.3264	0.3430	0.0369				
12	105.7	0.3158	0.3364	0.3524	0.0206				
13	110.0	0.3421	0.4207	0.4311	0.0786				
14	111.0	0.3684	0.4397	0.4487	0.0712				
15	112.0	0.3947	0.4583	0.4660	0.0635				
16	113.0	0.4211	0.4765	0.4829	0.0554				
17	115.0	0.4474	0.5117	0.5157	0.0643				
18	115.0	0.4737	0.5117	0.5157	0.0380				
19	116.2	0.5000	0.5320	0.5346	0.0320				
20	117.0	0.5263	0.5452	0.5469	0.0189				
21	117.1	0.5526	0.5468	0.5484	0.0058				
22	121.1	0.5789	0.6081	0.6057	0.0292				
23	122.0	0.6053	0.6209	0.6177	0.0156				
24	123.0	0.6316	0.6346	0.6306	0.0031				

25	132.2	0.6579	0.7408	0.7315	0.0829				
26	137.0	0.6842	0.7833	0.7726	0.0991				
27	138.0	0.7105	0.7912	0.7803	0.0807				
28	144.1	0.7368	0.8332	0.8216	0.0963				
29	145.0	0.7632	0.8386	0.8269	0.0754				
30	146.0	0.7895	0.8443	0.8326	0.0548				
31	151.2	0.8158	0.8708	0.8592	0.0550				
32	152.0	0.8421	0.8744	0.8629	0.0323				
33	155.0	0.8684	0.8870	0.8757	0.0186				
34	165.5	0.8947	0.9211	0.9110	0.0264				
35	167.0	0.9211	0.9250	0.9150	0.0039				
36	169.1	0.9474	0.9300	0.9203	0.0174				
37	185.0	0.9737	0.9577	0.9501	0.0160				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0991, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución logGumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6755									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1735									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6684									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1857									

Ajuste con momentos lineales:									

Como el delta teórico 0.0890, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución logGumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6755									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1735									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6684									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1857									

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Serie de datos X:

N°	X
1	145
2	91
3	75
4	115
5	146
6	122
7	152
8	185
9	112
10	113
11	115
12	110
13	167
14	138
15	93
16	117
17	155
18	137
19	123
20	85
21	151.2
22	92.5
23	111
24	117.1
25	96.6
26	165.5
27	97.1
28	98.5
29	85.3
30	132.2
31	90.2
32	105.2
33	169.1
34	144.1
35	116.2
36	105.7
37	121.1

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	75.0	0.0263	0.0440	0.0464	0.0177
2	85.0	0.0526	0.0903	0.0936	0.0377
3	85.3	0.0789	0.0921	0.0954	0.0132
4	90.2	0.1053	0.1255	0.1291	0.0202
5	91.0	0.1316	0.1316	0.1353	0.0001
6	92.5	0.1579	0.1437	0.1474	0.0141
7	93.0	0.1842	0.1479	0.1516	0.0363
8	96.6	0.2105	0.1806	0.1842	0.0299
9	97.1	0.2368	0.1855	0.1891	0.0514
10	98.5	0.2632	0.1995	0.2031	0.0637
11	105.2	0.2895	0.2751	0.2781	0.0144
12	105.7	0.3158	0.2813	0.2842	0.0345
13	110.0	0.3421	0.3368	0.3391	0.0053
14	111.0	0.3684	0.3503	0.3524	0.0181
15	112.0	0.3947	0.3640	0.3659	0.0308

16	113.0	0.4211	0.3779	0.3796	0.0432
17	115.0	0.4474	0.4061	0.4074	0.0413
18	115.0	0.4737	0.4061	0.4074	0.0676
19	116.2	0.5000	0.4232	0.4244	0.0768
20	117.0	0.5263	0.4348	0.4357	0.0916
21	117.1	0.5526	0.4362	0.4371	0.1164
22	121.1	0.5789	0.4945	0.4946	0.0844
23	122.0	0.6053	0.5077	0.5076	0.0976
24	123.0	0.6316	0.5223	0.5220	0.1093
25	132.2	0.6579	0.6531	0.6509	0.0048
26	137.0	0.6842	0.7156	0.7127	0.0314
27	138.0	0.7105	0.7279	0.7249	0.0174
28	144.1	0.7368	0.7969	0.7933	0.0600
29	145.0	0.7632	0.8061	0.8025	0.0429
30	146.0	0.7895	0.8160	0.8124	0.0265
31	151.2	0.8158	0.8624	0.8588	0.0466
32	152.0	0.8421	0.8687	0.8651	0.0266
33	155.0	0.8684	0.8908	0.8873	0.0223
34	165.5	0.8947	0.9470	0.9443	0.0522
35	167.0	0.9211	0.9526	0.9501	0.0316
36	169.1	0.9474	0.9598	0.9575	0.0124
37	185.0	0.9737	0.9901	0.9892	0.0165

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.1164, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución normal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xm)= 121.4757					
Parámetro de escala (S)= 27.2421					

Con momentos lineales:					
Media lineal (Xl)= 121.4757					
Desviación estándar lineal (Sl)= 27.6575					

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0440	0.0464	0.0201
2	85.0	0.0526	0.0903	0.0936	0.0410
3	85.3	0.0789	0.0921	0.0954	0.0165
4	90.2	0.1053	0.1255	0.1291	0.0238
5	91.0	0.1316	0.1316	0.1353	0.0037
6	92.5	0.1579	0.1437	0.1474	0.0105
7	93.0	0.1842	0.1479	0.1516	0.0326
8	96.6	0.2105	0.1806	0.1842	0.0263
9	97.1	0.2368	0.1855	0.1891	0.0478
10	98.5	0.2632	0.1995	0.2031	0.0601
11	105.2	0.2895	0.2751	0.2781	0.0114
12	105.7	0.3158	0.2813	0.2842	0.0316
13	110.0	0.3421	0.3368	0.3391	0.0030
14	111.0	0.3684	0.3503	0.3524	0.0160
15	112.0	0.3947	0.3640	0.3659	0.0288
16	113.0	0.4211	0.3779	0.3796	0.0414
17	115.0	0.4474	0.4061	0.4074	0.0399
18	115.0	0.4737	0.4061	0.4074	0.0662
19	116.2	0.5000	0.4232	0.4244	0.0756
20	117.0	0.5263	0.4348	0.4357	0.0906
21	117.1	0.5526	0.4362	0.4371	0.1155
22	121.1	0.5789	0.4945	0.4946	0.0844
23	122.0	0.6053	0.5077	0.5076	0.0977
24	123.0	0.6316	0.5223	0.5220	0.1096

25	132.2	0.6579	0.6531	0.6509	0.0070
26	137.0	0.6842	0.7156	0.7127	0.0285
27	138.0	0.7105	0.7279	0.7249	0.0144
28	144.1	0.7368	0.7969	0.7933	0.0565
29	145.0	0.7632	0.8061	0.8025	0.0393
30	146.0	0.7895	0.8160	0.8124	0.0229
31	151.2	0.8158	0.8624	0.8588	0.0430
32	152.0	0.8421	0.8687	0.8651	0.0230
33	155.0	0.8684	0.8908	0.8873	0.0188
34	165.5	0.8947	0.9470	0.9443	0.0495
35	167.0	0.9211	0.9526	0.9501	0.0291
36	169.1	0.9474	0.9598	0.9575	0.0101
37	185.0	0.9737	0.9901	0.9892	0.0155

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.1155, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución normal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xm)= 121.4757					
Parámetro de escala (S)= 27.2421					

Con momentos lineales:					
Media lineal (Xl)= 121.4757					
Desviación estándar lineal (Sl)= 27.6575					

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				

Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2281					
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0197	0.0223	0.0040
2	85.0	0.0526	0.0672	0.0722	0.0196
3	85.3	0.0789	0.0693	0.0744	0.0046
4	90.2	0.1053	0.1094	0.1152	0.0100
5	91.0	0.1316	0.1170	0.1229	0.0086
6	92.5	0.1579	0.1321	0.1381	0.0198
7	93.0	0.1842	0.1373	0.1434	0.0408
8	96.6	0.2105	0.1784	0.1844	0.0261
9	97.1	0.2368	0.1845	0.1905	0.0463
10	98.5	0.2632	0.2021	0.2080	0.0551
11	105.2	0.2895	0.2952	0.2999	0.0104
12	105.7	0.3158	0.3026	0.3071	0.0087
13	110.0	0.3421	0.3678	0.3710	0.0289
14	111.0	0.3684	0.3832	0.3861	0.0176
15	112.0	0.3947	0.3987	0.4012	0.0065
16	113.0	0.4211	0.4142	0.4163	0.0047
17	115.0	0.4474	0.4452	0.4465	0.0008
18	115.0	0.4737	0.4452	0.4465	0.0271
19	116.2	0.5000	0.4637	0.4646	0.0354
20	117.0	0.5263	0.4759	0.4765	0.0498
21	117.1	0.5526	0.4775	0.4780	0.0746
22	121.1	0.5789	0.5376	0.5367	0.0422
23	122.0	0.6053	0.5508	0.5496	0.0557
24	123.0	0.6316	0.5653	0.5637	0.0679
25	132.2	0.6579	0.6875	0.6832	0.0253
26	137.0	0.6842	0.7418	0.7366	0.0524
27	138.0	0.7105	0.7523	0.7469	0.0364
28	144.1	0.7368	0.8095	0.8035	0.0667
29	145.0	0.7632	0.8170	0.8110	0.0478
30	146.0	0.7895	0.8251	0.8190	0.0296
31	151.2	0.8158	0.8627	0.8566	0.0408
32	152.0	0.8421	0.8678	0.8618	0.0197
33	155.0	0.8684	0.8857	0.8798	0.0114
34	165.5	0.8947	0.9330	0.9280	0.0333
35	167.0	0.9211	0.9381	0.9333	0.0122
36	169.1	0.9474	0.9447	0.9401	0.0073
37	185.0	0.9737	0.9772	0.9744	0.0007

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.0746, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución logNormal:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2225					

Con momentos lineales:					
Parámetro de escala (μy)= 4.7756					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2281					

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X						
1	145						
2	91						
3	75						
4	115						
5	146						
6	122						
7	152						
8	185						
9	112						
10	113						
11	115						
12	110						
13	167						
14	138						
15	93						
16	117						
17	155						
18	137						
19	123						
20	85						
21	151.2						
22	92.5						
23	111						
24	117.1						
25	96.6						
26	165.5						
27	97.1						
28	98.5						
29	85.3						
30	132.2						
31	90.2						
32	105.2						
33	169.1						
34	144.1						
35	116.2						
36	105.7						
37	121.1						
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:							
m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta		
1	75.0	0.0263	-2.1446	0.0160	0.0103		
2	85.0	0.0526	-1.5374	0.0621	0.0095		
3	85.3	0.0789	-1.5205	0.0642	0.0148		
4	90.2	0.1053	-1.2545	0.1048	0.0004		
5	91.0	0.1316	-1.2127	0.1126	0.0190		
6	92.5	0.1579	-1.1354	0.1281	0.0298		
7	93.0	0.1842	-1.1100	0.1335	0.0507		
8	96.6	0.2105	-0.9315	0.1758	0.0347		
9	97.1	0.2368	-0.9074	0.1821	0.0547		
10	98.5	0.2632	-0.8404	0.2003	0.0628		
11	105.2	0.2895	-0.5347	0.2964	0.0070		
12	105.7	0.3158	-0.5128	0.3041	0.0117		
13	110.0	0.3421	-0.3291	0.3710	0.0289		
14	111.0	0.3684	-0.2875	0.3868	0.0184		
15	112.0	0.3947	-0.2464	0.4027	0.0079		
16	113.0	0.4211	-0.2057	0.4185	0.0025		
17	115.0	0.4474	-0.1255	0.4501	0.0027		
18	115.0	0.4737	-0.1255	0.4501	0.0236		
19	116.2	0.5000	-0.0781	0.4689	0.0311		
20	117.0	0.5263	-0.0469	0.4813	0.0450		

21	117.1	0.5526	-0.0430	0.4829	0.0698
22	121.1	0.5789	0.1097	0.5437	0.0353
23	122.0	0.6053	0.1432	0.5570	0.0483
24	123.0	0.6316	0.1802	0.5715	0.0601
25	132.2	0.6579	0.5053	0.6933	0.0354
26	137.0	0.6842	0.6651	0.7470	0.0628
27	138.0	0.7105	0.6976	0.7573	0.0468
28	144.1	0.7368	0.8903	0.8134	0.0765
29	145.0	0.7632	0.9180	0.8207	0.0575
30	146.0	0.7895	0.9485	0.8286	0.0391
31	151.2	0.8158	1.1037	0.8651	0.0493
32	152.0	0.8421	1.1270	0.8701	0.0280
33	155.0	0.8684	1.2134	0.8875	0.0191
34	165.5	0.8947	1.5018	0.9334	0.0387
35	167.0	0.9211	1.5414	0.9384	0.0173
36	169.1	0.9474	1.5962	0.9448	0.0026
37	185.0	0.9737	1.9883	0.9766	0.0029

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.0765, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Parámetros de la distribución lognormal:					

Parámetro de posición (x_0)= 13.4986					
Parámetro de escala (μy)= 4.6512					
Parámetro de forma (Sy)= 0.2481					

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				

30		132.2							
31		90.2							
32		105.2							
33		169.1							
34		144.1							
35		116.2							
36		105.7							
37		121.1							

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0247	0.0984	0.0016				
2	85.0	0.0526	0.0714	0.1715	0.0187				
3	85.3	0.0789	0.0733	0.1740	0.0056				
4	90.2	0.1053	0.1109	0.2174	0.0056				
5	91.0	0.1316	0.1180	0.2248	0.0136				
6	92.5	0.1579	0.1320	0.2391	0.0259				
7	93.0	0.1842	0.1369	0.2439	0.0474				
8	96.6	0.2105	0.1750	0.2795	0.0355				
9	97.1	0.2368	0.1807	0.2846	0.0562				
10	98.5	0.2632	0.1971	0.2989	0.0660				
11	105.2	0.2895	0.2849	0.3695	0.0046				
12	105.7	0.3158	0.2919	0.3749	0.0238				
13	110.0	0.3421	0.3547	0.4211	0.0126				
14	111.0	0.3684	0.3697	0.4319	0.0013				
15	112.0	0.3947	0.3848	0.4426	0.0099				
16	113.0	0.4211	0.4000	0.4534	0.0210				
17	115.0	0.4474	0.4306	0.4747	0.0168				
18	115.0	0.4737	0.4306	0.4747	0.0431				
19	116.2	0.5000	0.4490	0.4875	0.0510				
20	117.0	0.5263	0.4612	0.4959	0.0651				
21	117.1	0.5526	0.4628	0.4970	0.0899				
22	121.1	0.5789	0.5235	0.5385	0.0555				
23	122.0	0.6053	0.5369	0.5477	0.0683				
24	123.0	0.6316	0.5517	0.5579	0.0798				
25	132.2	0.6579	0.6790	0.6462	0.0211				
26	137.0	0.6842	0.7367	0.6881	0.0525				
27	138.0	0.7105	0.7479	0.6965	0.0374				
28	144.1	0.7368	0.8094	0.7443	0.0725				
29	145.0	0.7632	0.8175	0.7509	0.0543				
30	146.0	0.7895	0.8262	0.7581	0.0367				
31	151.2	0.8158	0.8665	0.7931	0.0507				
32	152.0	0.8421	0.8720	0.7982	0.0299				
33	155.0	0.8684	0.8912	0.8163	0.0227				
34	165.5	0.8947	0.9408	0.8701	0.0461				
35	167.0	0.9211	0.9460	0.8766	0.0250				
36	169.1	0.9474	0.9527	0.8853	0.0053				
37	185.0	0.9737	0.9837	0.9360	0.0101				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0899, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%									

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de forma (gamma)= 20.8991									
Parámetro de escala (beta)= 5.8125									

Con momentos lineales:									

Parámetro de forma (gamma)= 9.8477						
Parámetro de escala (beta)= 12.3355						
álculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:						

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta	

1	75.0	0.0263	0.0247	0.0984	0.0721	
2	85.0	0.0526	0.0714	0.1715	0.1189	
3	85.3	0.0789	0.0733	0.1740	0.0951	
4	90.2	0.1053	0.1109	0.2174	0.1121	
5	91.0	0.1316	0.1180	0.2248	0.0932	
6	92.5	0.1579	0.1320	0.2391	0.0812	
7	93.0	0.1842	0.1369	0.2439	0.0597	
8	96.6	0.2105	0.1750	0.2795	0.0690	
9	97.1	0.2368	0.1807	0.2846	0.0478	
10	98.5	0.2632	0.1971	0.2989	0.0358	
11	105.2	0.2895	0.2849	0.3695	0.0800	
12	105.7	0.3158	0.2919	0.3749	0.0591	
13	110.0	0.3421	0.3547	0.4211	0.0790	
14	111.0	0.3684	0.3697	0.4319	0.0635	
15	112.0	0.3947	0.3848	0.4426	0.0479	
16	113.0	0.4211	0.4000	0.4534	0.0323	
17	115.0	0.4474	0.4306	0.4747	0.0274	
18	115.0	0.4737	0.4306	0.4747	0.0010	
19	116.2	0.5000	0.4490	0.4875	0.0125	
20	117.0	0.5263	0.4612	0.4959	0.0304	
21	117.1	0.5526	0.4628	0.4970	0.0557	
22	121.1	0.5789	0.5235	0.5385	0.0404	
23	122.0	0.6053	0.5369	0.5477	0.0575	
24	123.0	0.6316	0.5517	0.5579	0.0737	
25	132.2	0.6579	0.6790	0.6462	0.0117	
26	137.0	0.6842	0.7367	0.6881	0.0039	
27	138.0	0.7105	0.7479	0.6965	0.0141	
28	144.1	0.7368	0.8094	0.7443	0.0074	
29	145.0	0.7632	0.8175	0.7509	0.0123	
30	146.0	0.7895	0.8262	0.7581	0.0314	
31	151.2	0.8158	0.8665	0.7931	0.0226	
32	152.0	0.8421	0.8720	0.7982	0.0439	
33	155.0	0.8684	0.8912	0.8163	0.0521	
34	165.5	0.8947	0.9408	0.8701	0.0247	
35	167.0	0.9211	0.9460	0.8766	0.0444	
36	169.1	0.9474	0.9527	0.8853	0.0621	
37	185.0	0.9737	0.9837	0.9360	0.0377	

Ajuste con momentos lineales:						

Como el delta teórico 0.1189, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%						

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:						

Con momentos ordinarios:						
Parámetro de forma (gamma)= 20.8991						
Parámetro de escala (beta)= 5.8125						

Con momentos lineales:						
Parámetro de forma (gamma)= 9.8477						
Parámetro de escala (beta)= 12.3355						

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros						

Serie de datos X:						

N°	X						
1	145						
2	91						
3	75						
4	115						
5	146						
6	122						
7	152						
8	185						
9	112						
10	113						
11	115						
12	110						
13	167						
14	138						
15	93						
16	117						
17	155						
18	137						
19	123						
20	85						
21	151.2						
22	92.5						
23	111						
24	117.1						
25	96.6						
26	165.5						
27	97.1						
28	98.5						
29	85.3						
30	132.2						
31	90.2						
32	105.2						
33	169.1						
34	144.1						
35	116.2						
36	105.7						
37	121.1						
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:							
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta		
1	75.0	0.0263	0.0267	0.0197	0.0004		
2	85.0	0.0526	0.0759	0.0724	0.0232		
3	85.3	0.0789	0.0779	0.0747	0.0010		
4	90.2	0.1053	0.1167	0.1179	0.0114		
5	91.0	0.1316	0.1239	0.1260	0.0077		
6	92.5	0.1579	0.1382	0.1419	0.0197		
7	93.0	0.1842	0.1432	0.1475	0.0410		
8	96.6	0.2105	0.1819	0.1901	0.0286		
9	97.1	0.2368	0.1876	0.1964	0.0492		
10	98.5	0.2632	0.2042	0.2144	0.0589		
11	105.2	0.2895	0.2918	0.3078	0.0024		
12	105.7	0.3158	0.2988	0.3151	0.0169		
13	110.0	0.3421	0.3609	0.3791	0.0188		
14	111.0	0.3684	0.3756	0.3941	0.0072		
15	112.0	0.3947	0.3905	0.4092	0.0042		
16	113.0	0.4211	0.4054	0.4242	0.0156		
17	115.0	0.4474	0.4354	0.4541	0.0119		
18	115.0	0.4737	0.4354	0.4541	0.0383		
19	116.2	0.5000	0.4534	0.4719	0.0466		
20	117.0	0.5263	0.4654	0.4837	0.0609		
21	117.1	0.5526	0.4669	0.4851	0.0857		

22	121.1	0.5789	0.5261	0.5428	0.0528
23	122.0	0.6053	0.5393	0.5554	0.0660
24	123.0	0.6316	0.5537	0.5693	0.0779
25	132.2	0.6579	0.6775	0.6861	0.0196
26	137.0	0.6842	0.7339	0.7383	0.0496
27	138.0	0.7105	0.7448	0.7484	0.0342
28	144.1	0.7368	0.8050	0.8040	0.0681
29	145.0	0.7632	0.8129	0.8113	0.0498
30	146.0	0.7895	0.8215	0.8193	0.0320
31	151.2	0.8158	0.8614	0.8563	0.0456
32	152.0	0.8421	0.8669	0.8614	0.0248
33	155.0	0.8684	0.8859	0.8793	0.0175
34	165.5	0.8947	0.9361	0.9275	0.0414
35	167.0	0.9211	0.9415	0.9327	0.0204
36	169.1	0.9474	0.9483	0.9396	0.0009
37	185.0	0.9737	0.9812	0.9743	0.0075

Ajuste con momentos ordinarios:					

Como el delta teórico 0.08574, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xo)= 6.9198					
Parámetro de forma (gamma)= 17.6829					
Parámetro de escala (beta)= 6.4783					

Con momentos lineales:					
Parámetro de localización (Xol)= 43.7114					
Parámetro de forma (gammal)= 7.6517					
Parámetro de escala (betal)= 10.163					

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta

1	75.0	0.0263	0.0267	0.0197	0.0066
2	85.0	0.0526	0.0759	0.0724	0.0198
3	85.3	0.0789	0.0779	0.0747	0.0043
4	90.2	0.1053	0.1167	0.1179	0.0127
5	91.0	0.1316	0.1239	0.1260	0.0056
6	92.5	0.1579	0.1382	0.1419	0.0160
7	93.0	0.1842	0.1432	0.1475	0.0367
8	96.6	0.2105	0.1819	0.1901	0.0205
9	97.1	0.2368	0.1876	0.1964	0.0405
10	98.5	0.2632	0.2042	0.2144	0.0488
11	105.2	0.2895	0.2918	0.3078	0.0183
12	105.7	0.3158	0.2988	0.3151	0.0007
13	110.0	0.3421	0.3609	0.3791	0.0370
14	111.0	0.3684	0.3756	0.3941	0.0257
15	112.0	0.3947	0.3905	0.4092	0.0144
16	113.0	0.4211	0.4054	0.4242	0.0031
17	115.0	0.4474	0.4354	0.4541	0.0067
18	115.0	0.4737	0.4354	0.4541	0.0196
19	116.2	0.5000	0.4534	0.4719	0.0281
20	117.0	0.5263	0.4654	0.4837	0.0426
21	117.1	0.5526	0.4669	0.4851	0.0675
22	121.1	0.5789	0.5261	0.5428	0.0361
23	122.0	0.6053	0.5393	0.5554	0.0498
24	123.0	0.6316	0.5537	0.5693	0.0623
25	132.2	0.6579	0.6775	0.6861	0.0282
26	137.0	0.6842	0.7339	0.7383	0.0541
27	138.0	0.7105	0.7448	0.7484	0.0379
28	144.1	0.7368	0.8050	0.8040	0.0672

29	145.0	0.7632	0.8129	0.8113	0.0482
30	146.0	0.7895	0.8215	0.8193	0.0298
31	151.2	0.8158	0.8614	0.8563	0.0405
32	152.0	0.8421	0.8669	0.8614	0.0193
33	155.0	0.8684	0.8859	0.8793	0.0109
34	165.5	0.8947	0.9361	0.9275	0.0327
35	167.0	0.9211	0.9415	0.9327	0.0117
36	169.1	0.9474	0.9483	0.9396	0.0078
37	185.0	0.9737	0.9812	0.9743	0.0006

Ajuste con momentos lineales:					

Como el delta teórico 0.06749, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%					

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:					

Con momentos ordinarios:					
Parámetro de localización (Xo)= 6.9198					
Parámetro de forma (gamma)= 17.6829					
Parámetro de escala (beta)= 6.4783					

Con momentos lineales:					
Parámetro de localización (XoI)= 43.7114					
Parámetro de forma (gammal)= 7.6517					
Parámetro de escala (betal)= 10.163					

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel					

Serie de datos X:					

N°	X				

1	145				
2	91				
3	75				
4	115				
5	146				
6	122				
7	152				
8	185				
9	112				
10	113				
11	115				
12	110				
13	167				
14	138				
15	93				
16	117				
17	155				
18	137				
19	123				
20	85				
21	151.2				
22	92.5				
23	111				
24	117.1				
25	96.6				
26	165.5				
27	97.1				
28	98.5				
29	85.3				
30	132.2				
31	90.2				
32	105.2				

33		169.1							
34		144.1							
35		116.2							
36		105.7							
37		121.1							

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0067	0.0120	0.0196				
2	85.0	0.0526	0.0439	0.0585	0.0088				
3	85.3	0.0789	0.0458	0.0608	0.0331				
4	90.2	0.1053	0.0865	0.1051	0.0188				
5	91.0	0.1316	0.0947	0.1137	0.0369				
6	92.5	0.1579	0.1112	0.1308	0.0467				
7	93.0	0.1842	0.1170	0.1368	0.0672				
8	96.6	0.2105	0.1635	0.1836	0.0470				
9	97.1	0.2368	0.1705	0.1905	0.0663				
10	98.5	0.2632	0.1909	0.2106	0.0723				
11	105.2	0.2895	0.2988	0.3145	0.0093				
12	105.7	0.3158	0.3073	0.3225	0.0085				
13	110.0	0.3421	0.3815	0.3927	0.0394				
14	111.0	0.3684	0.3988	0.4090	0.0303				
15	112.0	0.3947	0.4160	0.4252	0.0212				
16	113.0	0.4211	0.4331	0.4413	0.0120				
17	115.0	0.4474	0.4669	0.4730	0.0196				
18	115.0	0.4737	0.4669	0.4730	0.0068				
19	116.2	0.5000	0.4869	0.4918	0.0131				
20	117.0	0.5263	0.5000	0.5041	0.0263				
21	117.1	0.5526	0.5016	0.5056	0.0510				
22	121.1	0.5789	0.5647	0.5650	0.0143				
23	122.0	0.6053	0.5782	0.5778	0.0270				
24	123.0	0.6316	0.5930	0.5917	0.0386				
25	132.2	0.6579	0.7126	0.7056	0.0547				
26	137.0	0.6842	0.7631	0.7545	0.0789				
27	138.0	0.7105	0.7727	0.7638	0.0621				
28	144.1	0.7368	0.8241	0.8142	0.0872				
29	145.0	0.7632	0.8307	0.8208	0.0675				
30	146.0	0.7895	0.8378	0.8279	0.0483				
31	151.2	0.8158	0.8706	0.8608	0.0548				
32	152.0	0.8421	0.8751	0.8653	0.0330				
33	155.0	0.8684	0.8906	0.8810	0.0222				
34	165.5	0.8947	0.9318	0.9236	0.0370				
35	167.0	0.9211	0.9363	0.9284	0.0152				
36	169.1	0.9474	0.9421	0.9345	0.0053				
37	185.0	0.9737	0.9722	0.9671	0.0015				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0872, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución Gumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 109.2153									
Parámetro de escala (alfa)= 21.2406									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 108.4815									
Parámetro de escala (alfa)= 22.5119									

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	75.0	0.0263	0.0067	0.0120	0.0143
2	85.0	0.0526	0.0439	0.0585	0.0059
3	85.3	0.0789	0.0458	0.0608	0.0182
4	90.2	0.1053	0.0865	0.1051	0.0001
5	91.0	0.1316	0.0947	0.1137	0.0179
6	92.5	0.1579	0.1112	0.1308	0.0271
7	93.0	0.1842	0.1170	0.1368	0.0474
8	96.6	0.2105	0.1635	0.1836	0.0270
9	97.1	0.2368	0.1705	0.1905	0.0463
10	98.5	0.2632	0.1909	0.2106	0.0526
11	105.2	0.2895	0.2988	0.3145	0.0250
12	105.7	0.3158	0.3073	0.3225	0.0068
13	110.0	0.3421	0.3815	0.3927	0.0506
14	111.0	0.3684	0.3988	0.4090	0.0405
15	112.0	0.3947	0.4160	0.4252	0.0304
16	113.0	0.4211	0.4331	0.4413	0.0202
17	115.0	0.4474	0.4669	0.4730	0.0257
18	115.0	0.4737	0.4669	0.4730	0.0007
19	116.2	0.5000	0.4869	0.4918	0.0082
20	117.0	0.5263	0.5000	0.5041	0.0222
21	117.1	0.5526	0.5016	0.5056	0.0470
22	121.1	0.5789	0.5647	0.5650	0.0139
23	122.0	0.6053	0.5782	0.5778	0.0275
24	123.0	0.6316	0.5930	0.5917	0.0398
25	132.2	0.6579	0.7126	0.7056	0.0477
26	137.0	0.6842	0.7631	0.7545	0.0703
27	138.0	0.7105	0.7727	0.7638	0.0532
28	144.1	0.7368	0.8241	0.8142	0.0774
29	145.0	0.7632	0.8307	0.8208	0.0577
30	146.0	0.7895	0.8378	0.8279	0.0384
31	151.2	0.8158	0.8706	0.8608	0.0450
32	152.0	0.8421	0.8751	0.8653	0.0232
33	155.0	0.8684	0.8906	0.8810	0.0126
34	165.5	0.8947	0.9318	0.9236	0.0289
35	167.0	0.9211	0.9363	0.9284	0.0073
36	169.1	0.9474	0.9421	0.9345	0.0128
37	185.0	0.9737	0.9722	0.9671	0.0065

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.0774, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de posición (μ)= 109.2153
 Parámetro de escala (alfa)= 21.2406

Con momentos lineales:
 Parámetro de posición (μ)= 108.4815
 Parámetro de escala (alfa)= 22.5119

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

N°	X
1	145

2	91								
3	75								
4	115								
5	146								
6	122								
7	152								
8	185								
9	112								
10	113								
11	115								
12	110								
13	167								
14	138								
15	93								
16	117								
17	155								
18	137								
19	123								
20	85								
21	151.2								
22	92.5								
23	111								
24	117.1								
25	96.6								
26	165.5								
27	97.1								
28	98.5								
29	85.3								
30	132.2								
31	90.2								
32	105.2								
33	169.1								
34	144.1								
35	116.2								
36	105.7								
37	121.1								

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:									

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta				

1	75.0	0.0263	0.0004	0.0013	0.0259				
2	85.0	0.0526	0.0218	0.0343	0.0309				
3	85.3	0.0789	0.0235	0.0365	0.0554				
4	90.2	0.1053	0.0660	0.0863	0.0393				
5	91.0	0.1316	0.0755	0.0967	0.0561				
6	92.5	0.1579	0.0953	0.1178	0.0626				
7	93.0	0.1842	0.1024	0.1252	0.0818				
8	96.6	0.2105	0.1603	0.1839	0.0502				
9	97.1	0.2368	0.1691	0.1926	0.0677				
10	98.5	0.2632	0.1947	0.2176	0.0685				
11	105.2	0.2895	0.3264	0.3430	0.0369				
12	105.7	0.3158	0.3364	0.3524	0.0206				
13	110.0	0.3421	0.4207	0.4311	0.0786				
14	111.0	0.3684	0.4397	0.4487	0.0712				
15	112.0	0.3947	0.4583	0.4660	0.0635				
16	113.0	0.4211	0.4765	0.4829	0.0554				
17	115.0	0.4474	0.5117	0.5157	0.0643				
18	115.0	0.4737	0.5117	0.5157	0.0380				
19	116.2	0.5000	0.5320	0.5346	0.0320				
20	117.0	0.5263	0.5452	0.5469	0.0189				
21	117.1	0.5526	0.5468	0.5484	0.0058				
22	121.1	0.5789	0.6081	0.6057	0.0292				
23	122.0	0.6053	0.6209	0.6177	0.0156				
24	123.0	0.6316	0.6346	0.6306	0.0031				

25	132.2	0.6579	0.7408	0.7315	0.0829				
26	137.0	0.6842	0.7833	0.7726	0.0991				
27	138.0	0.7105	0.7912	0.7803	0.0807				
28	144.1	0.7368	0.8332	0.8216	0.0963				
29	145.0	0.7632	0.8386	0.8269	0.0754				
30	146.0	0.7895	0.8443	0.8326	0.0548				
31	151.2	0.8158	0.8708	0.8592	0.0550				
32	152.0	0.8421	0.8744	0.8629	0.0323				
33	155.0	0.8684	0.8870	0.8757	0.0186				
34	165.5	0.8947	0.9211	0.9110	0.0264				
35	167.0	0.9211	0.9250	0.9150	0.0039				
36	169.1	0.9474	0.9300	0.9203	0.0174				
37	185.0	0.9737	0.9577	0.9501	0.0160				

Ajuste con momentos ordinarios:									

Como el delta teórico 0.0991, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución logGumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6755									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1735									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6684									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1857									

Ajuste con momentos lineales:									

Como el delta teórico 0.0890, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%									

Parámetros de la distribución logGumbel:									

Con momentos ordinarios:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6755									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1735									

Con momentos lineales:									
Parámetro de posición (μ)= 4.6684									
Parámetro de escala (alfa)= 0.1857									