



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL
URBANO EN URB. LA PRADERA – DISTRITO DE
PIMENTEL–PROVINCIA DE CHICLAYO–
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.**

**Para obtener el título profesional de Ingeniero
Civil**

Autor:

Carrera Miranda Jorge Omar

Asesor:

Mg. Serrepe Ranno Miriam Marcela

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos – Ingeniería Sanitaria

Pimentel – Perú

2018

DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN URB. LA PRADERA – DISTRITO DE PIMENTEL–PROVINCIA DE CHICLAYO– DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

Jurado de Tesis

Dr. Ing. Coronado Zuloeta, Omar
Presidente del Jurado de Tesis

Mg.Ing. Idrogo Perez, Cesar
Secretario del Jurado de Tesis

Ing. Arriola Carrasco, Guillermo
Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A mis amados padres, Jorge y Consuelo, siendo los pilares fundamentales que con su apoyo, paciencia, comprensión e incondicional amor inculcaron valores, cualidades y caracteres, haciendo de mí la persona que soy. No lo habría logrado sin ustedes, este logro es nuestro y se los dedico con todo el amor que puedo sentir.

A mis hermosas hermanas Dennys y Dayhana, que constituyen los otros pilares fundamentales, motivándome a ser mejor, hijo, hermano y ser humano este logro nos pertenece y se los dedico mis amadas hermanas.

Jorge Omar

AGRADECIMIENTO

Exalto la contribución de la Universidad Señor de Sipán, facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo.

A los docentes que contribuyeron en la formación profesional, en especial al Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta jefe de área de la escuela académico profesional de ingeniería civil, inculcando en mí formación ética y profesionalismo, que llevaré orgulloso al futuro en mi vida profesional.

A mi docente metodológico, MSc. Ana María Guerrero Millones, ya que no podría haber concluido sin su colaboración y dedicación constante.

Finalmente agradecer a mis padres, por su infinita paciencia, amor y apoyo en todo momento, a hermanas ya que son motivo de superación y mejora personal día a día.

El autor

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.1.1 A nivel internacional	12
1.1.2 A nivel nacional	13
1.1.3 A nivel local	14
1.1.4 Objeto de estudio	15
1.1.5 Delimitación de estudio	16
1.1.6 Formulación del problema	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	16
1.4 ANTECEDENTES	17
1.4.1 A nivel internacional	17
1.4.2 A nivel nacional	18
1.4.3 A nivel local	19
1.4.4 Estado del arte	19
1.5 MARCO TEÓRICO	19
1.5.1 Bases teóricas	19
1.5.1.1 Variables Dependientes: Diseño de Drenaje pluvial	19
1.5.1.2 Variables Independientes	27
Normatividad	38
Normatividad Técnica	38
Normatividad Legal	39
a. Impacto Ambiental	39
b. Gestión de riesgos	40
c. Métodos de costos y presupuestos	41
1.5.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	41
II. MATERIAL Y MÉTODOS	46
2.1 Tipo y diseño de investigación	46
2.2 Método de investigación	46
2.3 Población y muestra	47
2.4 Variables	47
2.5 Operacionalización de variables	47
2.5 Hipótesis	53
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos	53
2.6.1 Técnicas de Recolección de Datos	53
2.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos	53
2.6.2.1 Guía de Observación	53
2.6.2.2 Cuestionario	53

2.6.2.3 Guía de Análisis Documental	53
2.7 Validación y confiabilidad de los Instrumentos	55
III. RESULTADOS	56
ANEXO A. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	56
3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	56
ANEXO B. ESTUDIO HIDROLÓGICO	57
3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO	57
3.2.1 Caudal de Diseño - Método Racional.....	57
3.2.1 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F)	65
ANEXO C. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	66
3.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)	66
3.3.1 Contenido de Humedad (N.T.P 339.127 ASTM D-2216)	69
3.3.2 Límites de Atterberg (MTC E111-2000 ASTM D 4318)	70
3.3.3 Contenido de Sales (N.T.P 339.152:2002)	71
3.3.4 Ensayo de Proctor Modificado (MTC E115-2000 N.T.P. 399.131).....	72
3.3.5 Ensayo de CBR (MTC E128-2000 ASTM D 1883).....	72
3.3.6 Análisis Granulométrico por tamizado (N.T.P 339.128 ASTM D -422)	73
3.3.6.1 Clasificación de Suelos SUCS y ASHTO.	74
ANEXO D. CÁLCULO DE ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE AGUA (TUBERÍA).....	75
3.4. CÁLCULO DE ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE AGUA (TUBERÍA).....	75
ANEXO E. EXPEDIENTE TÉCNICO.....	76
3.5 ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO.....	76
IV. DISCUSIÓN	79
V. CONCLUSIONES	81
VI. REFERENCIAS	82
ANEXOS.....	83
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	83
83	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS).....	86
Exploración de Suelos	86
Ensayos de Suelos (Laboratorio USS)	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO EN URB. LA PRADERA Y LOS CEDROS DE LA PRADERA, CON UNA EXTENSIÓN DE 13.80 HECTÁREAS.	15
FIGURA 2 VÍAS URBANAS EN URB. LA PRADERA Y LOS CEDROS DE LA PRADERA CON INEXISTENTE RED DE DRENAJE PLUVIAL URBANO.	15
FIGURA 3 CURVA GRANULOMÉTRICA.....	29
FIGURA 4 COPA DE BRONCE O COPA CASAGRANDE (BRAJA M.DAS PAG.28)	31
FIGURA 5 CURVA DE FLUIDEZ.....	31
FIGURA 6 CARTA DE PLASTICIDAD. (BRAJA M.DAS PAG. 34)	32
FIGURA 7 DIAGRAMA DE PENETRACIÓN.	38
FIGURA 8 ÁREA DE LA ZONA EN ESTUDIO. 13.80 HC URB. LA PRADERA, LOS CEDROS DE LA PRADERA.....	56
FIGURA 9 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.	65
FIGURA 10 CONSOLIDADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%).....	69
FIGURA 11 CONSOLIDADO DE SALES SOLUBLES EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA (%)... 71	
FIGURA 12 REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS MEDIANTE EL MÉTODO DE TAMIZADO.	73
FIGURA 13 ESTACIÓN TOTAL LEICA TS06- INICIO LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	83
FIGURA 14 LECTURA DE COTAS DE TAPAS DE BUZONES	83
FIGURA 15 ESTACIÓN 1 LECTURA DE COTAS DE TAPAS DE BUZONES (RASANTE)	84
FIGURA 16 ESTACIÓN 2 COTAS DE RASANTE DE CALLES	84
FIGURA 17 ESTACIÓN 3 COTAS DE CALLES Y PARQUES.....	85
FIGURA 18 ESTACIÓN 4 COTAS DE CALLES	85
FIGURA 19 EXCAVACIÓN DE CALICATA (H=1.50M).....	86
FIGURA 20 EXCAVACIÓN DETERMINACIÓN DE ESTRATOS	86
FIGURA 21 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA SU POSTERIOR PESADO	87
FIGURA 22 TRITURACIÓN DE MUESTRAS PARA TAMIZADO.....	87
FIGURA 23 DETERMINACIÓN DE LIMITE LÍQUIDO.....	88
FIGURA 24 DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO	88
FIGURA 25 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	89
FIGURA 26 COLOCACIÓN DE MUESTRAS EN MÁQUINA AGITADORA PARA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES	89
FIGURA 27 PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE SALES	90

FIGURA 28 LECTURA DE PENETRACIÓN PARA CBR	90
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA POR SUPERFICIE PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.	20
TABLA 2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA SUPERFICIES URBANAS.	21
TABLA 3 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA POR TIPO DE SUELO, TOPOGRAFÍA Y VEGETACIÓN.	22
TABLA 4 RESUMEN DE ECUACIONES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.	24
TABLA 5 PRESIÓN EJERCIDA PARA UNA MUESTRA PATRÓN.	37
TABLA 6 DEFINICIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE.	47
TABLA 7 DEFINICIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE.	48
TABLA 8 GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL DE NORMATIVIDAD VIGENTE.	53
TABLA 9 CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS (m^3/s) PARA EL ÁREA EN ESTUDIO.	57
TABLA 10 CONSOLIDADO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	67
TABLA 11 CONSOLIDADO DE LÍMITE DE ATTERBERG.	70
TABLA 12 CONSOLIDADO DE ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.	72
TABLA 13 CONSOLIDADO DE ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA RATIO BEARING).	72
TABLA 14 CONSOLIDADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS Y ASHTO PARA LA ZONA EN ESTUDIO.	74
TABLA 15 CÁLCULO DE SECCIÓN DE CONDUCTO (RECTANGULAR).	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 CÁLCULO DE CAUDAL (MÉTODO RACIONAL)	19
ECUACIÓN 2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (OS.060)	23
ECUACIÓN 3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SEGÚN KIRPICH.....	24
ECUACIÓN 4 FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION	24
ECUACIÓN 5 TIEMPO DE FLUJO (OS.060)	25
ECUACIÓN 6 ECUACIÓN DE MANNING	27
ECUACIÓN 7 CONTENIDO DE HUMEDAD	27
ECUACIÓN 8 CONTENIDO DE HUMEDAD * (%)	27
ECUACIÓN 9 CONTENIDO DE SALES EN PPM.....	28
ECUACIÓN 10 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)	29
ECUACIÓN 11 COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)	30
ECUACIÓN 12 MATERIAL RETENIDO %	30
ECUACIÓN 13. % PASANTE DE TAMIZ.....	30
ECUACIÓN 14. LÍMITE LÍQUIDO (MULTIPUNTO)	30
ECUACIÓN 15. LÍMITE PLÁSTICO	31
ECUACIÓN 16. ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	32
ECUACIÓN 17. DENSIDAD HÚMEDA (P_M)	34
ECUACIÓN 18. VOLUMEN DEL MOLDE (PULG-PIE).....	34
ECUACIÓN 19. VOLUMEN DE MOLDE (SIST. INTERNACIONAL)	34
ECUACIÓN 20. DENSIDAD SECA (P_D).....	35
ECUACIÓN 21. PESO UNITARIO SECO (γ_D)	35
ECUACIÓN 22. CONTENIDO DE AGUA (SATURACIÓN 100%)	35
ECUACIÓN 23. ENERGÍA DE COMPACTACIÓN.....	36
ECUACIÓN 24. % HUMEDAD A AÑADIR	36
ECUACIÓN 25. % EXPANSIÓN	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	56
ANEXO B. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	57
ANEXO C. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	66
ANEXO D. CÁLCULO DE ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE AGUA (TUBERÍAS)	75
ANEXO E. EXPEDIENTE TÉCNICO.....	76
ANEXO F. MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTUDIO IDRÓLIGO.....	93

RESUMEN

Las intensas precipitaciones, producto de fenómenos naturales (fenómeno del Niño) provocan inundaciones que a su vez originan daños a nivel socio-económico. Como respuesta a la mencionada problemática se plantearon los siguientes objetivos: Se obtuvo el relieve del terreno mediante un levantamiento topográfico, se estimó el caudal de escurrimiento superficial, características físicas del suelo de la zona en estudio, calculó de la sección del elemento de transporte (cunetas) para la evacuación del agua superficial y finalmente se realizó el expediente técnico; en base al estudio realizado se desarrolló el “Diseño de la Red de Drenaje Pluvial Urbano” con el fin de satisfacer el exceso de agua pluvial, mitigando los daños ya mencionados.

Mediante un enfoque cuantitativo de tipo exploratorio, se logró calcular el volumen de agua que discurre por las vías urbanas, debido a que se recolectó parámetros; como fue el coeficiente de escorrentía, para ello se tuvo ciertas consideraciones como son características de la superficie, pendiente del terreno, intensidad de lluvia (considerando el periodo de retorno) el tipo de arena urbana entre otros, otro parámetro fue los datos hidrológicos (precipitaciones) proporcionada por el organismo competente (SENAMHI), logrando así elaborar la curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF). Obtenidos los parámetros ya mencionados se procedió a la aplicación del método racional, con dicho método se obtuvo el caudal de diseño.

Mediante la realización de la investigación, plantea la solución de las inundaciones por medio del expediente técnico cuyo presupuesto es de nueve millones.

PALABRAS CLAVE: Red de drenaje pluvial, caudal, coeficiente de escorrentía, intensidad de lluvia.

ABSTRACT

The intense precipitation, product of natural phenomena (phenomenon of child) lead to flooding which in turn causes damage to socio-economic level. In response to the above-mentioned problem is plantearón the following objectives: We obtained the terrain through a topographic survey, it was estimated the flow of surface runoff, physical characteristics of the soil of the area under study, constructed in the section of the transport element (ditches) for the evacuation of shallow water and was finally carried out the technical dossier; based on the study was developed the "Design of the Network of Storm Drains Urban" in order to meet the excess rainwater, mitigating the damage already mentioned.

Using a quantitative approach of exploratory, managed to calculate the volume of water that runs through the urban roads, due to collected parameters; as was the runoff coefficient, for this they had certain considerations such as the characteristics of the surface, the field slope, intensity of rain (considering the period of return) the type of sand urban among others, another parameter was the hydrological data (precipitation) provided by the competent body (SENAMHI), thereby develop the curve of intensity, duration and frequency (IDF). Obtained the parameters already mentioned is proceeded with the implementation of rational method, with that method is obtained the design flow.

Through the completion of the investigation, raises the solution of floods through the technical file whose budget is nine million.

KEYWORDS: Network of storm drains, flow, runoff coefficient, intensity of rain.

Capítulo I
INTRODUCCIÓN

I. Introducción

1.1 Situación problemática

1.1.1 A nivel internacional

En las últimas décadas la ciudad de Cali ha tenido un crecimiento acelerado. De acuerdo al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de EMCALI (2007) hacia la mitad del siglo pasado cuando se realizó la instalación de su sistema de alcantarillado, no se hizo una proyección adecuada del crecimiento que la ciudad tendría, por lo que prontamente la infraestructura establecida dejó de ser suficiente para las necesidades de drenaje de Cali.

Tal crecimiento poblacional implicó, además de un crecimiento en las aguas residuales a ser tratadas, un aumento en las zonas impermeabilizadas de la ciudad debido a procesos de pavimentación y construcción de vivienda. Este fenómeno, al impedir la infiltración de las aguas de lluvias a la tierra, provocó un crecimiento significativo en los niveles de agua estimados para circular al interior del sistema de alcantarillado (Fernanda & Carreño, 2015).

Algunas de las consecuencias que han tenido sobre el sistema hidrológico los procesos de urbanización en Andalucía han sido, además del importante incremento de la demanda del recurso y consecuentemente de los volúmenes de depuración de aguas, la canalización, soterramiento y ocupación de cauces y la impermeabilización de superficies (Thomas, 2014).

En concreto, el sellado creciente de las superficies generado por los desarrollos urbanísticos ha modificado la capacidad natural del suelo para retener e infiltrar las aguas pluviales. Esta alteración tiene como consecuencias inmediatas un aumento importante del volumen, los caudales punta y la velocidad de las aguas de escorrentía, que aumenta el número y gravedad de las inundaciones sobre todo de las zonas más vulnerables, sobrecarga las redes unitarias con el consecuente aumento de gastos económicos y energéticos y se convierte en una fuente de contaminación difusa (Thomas, 2014).

Por otra parte, durante los últimos treinta años, los episodios de sequía y escasez de agua, por un lado y de inundaciones, por otro, han aumentado en la Unión Europea de forma importante en frecuencia e intensidad, mostrando las últimas tendencias un crecimiento significativo de la inundación en toda Europa (Thomas, 2014).

Los procesos de crecimiento y expansión de las ciudades traen consigo una serie de cambios y alteraciones de las condiciones naturales al aumentar las superficies impermeables lo cual genera problemas con el drenaje y la gestión de las aguas de lluvia debido al aumento en los caudales de escorrentía, que se agudizan con la limitada capacidad de los colectores existentes, y el aumento en las intensidades de lluvias, traducido en inundaciones y pérdidas económicas para las comunidades (Martinez, 2013)

Ante este panorama se hace cada vez más necesario afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva diferente a la convencional, que combine aspectos hidrológicos, ambientales, económicos y sociales, lográndose como resultado modelos de desarrollo sostenibles y amigables con el ambiente (Martínez, 2013).

1.1.2 A nivel nacional

El desarrollo urbano altera la cobertura vegetal provocando varios efectos que afectan los componentes del ciclo hidrológico natural. Con la impermeabilización del suelo a través de tejados, calles, veredas y patios, el agua que previamente era infiltrada, pasa a escurrir por los conductos de desagüe aumentando el escurrimiento superficial. El volumen que escurría lentamente por la superficie del suelo y quedaba retenido por las plantas, con la urbanización pasa a escurrir en los canales, exigiendo mayor capacidad de escurrimiento de las secciones (Pluvial & Urb, 2013).

La ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre, está ubicada en el norte del Perú a 2750 m.s.n.m.; en los 7°09'26" Latitud Sur y 78°31'31" Longitud Oeste de Greenwich. Actualmente tiene aproximadamente 188 363 habitantes y su tasa de crecimiento poblacional es de 3.5% en zona urbana y 1.3% en zona rural. El clima es seco, templado y soleado; durante el día es soleado y en las noches frío. Temperatura media anual 13°C (máxima media 21.4° y mínima media 5°C) Estación de lluvias de diciembre a marzo (INEI, 2000).

La precipitación pluvial promedio anual en la Ciudad de Cajamarca es de 620 mm, con tres períodos, uno lluvioso con el 55% de la precipitación anual (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), un período intermedio de 36% de la precipitación anual (Abril, Setiembre, Octubre y Noviembre) y un período seco con 9% de la precipitación anual (Mayo, Junio, Julio y Agosto). (SENAMHI-CAJAMARCA, 2012). En tiempos de alta precipitación de lluvias, los niveles de esta alcanzan índices elevados lo que causa serios problemas a la población cajamarquina por un ineficiente sistema de drenaje pluvial, la

sobrecarga pluvial propicia inundaciones en zonas topográficamente bajas y erosiones en los cursos de agua por el incremento de la velocidad de escorrentía, impactando desfavorablemente en las superficies expuestas de edificaciones e infraestructura vinculadas a estos espacios (INDECI, 1993). Este fenómeno se observa mayormente en tiempos de lluvia en algunas áreas o zonas de la ciudad de Cajamarca (De Grado, Zubiri, Supervisor, & Prada, 2014)

1.1.3 A nivel local

En los años venideros y con el cambio climático que cada vez es más frecuente y con mucha mayor intensidad, adicionalmente a ello el crecimiento demográfico no regulado, la pérdida de áreas permeables (áreas verdes) trae como consecuencia que las aguas pluviales provoquen daños a nivel socio-económico. Respecto a lo económico la contribución de las aguas de lluvia produce el colapso de las redes de alcantarillado, por motivo de la inexistente red de drenaje pluvial, en la urbanización La Pradera y los Cedros de la Pradera ubicada en los 6° 46' 43" Latitud Sur y 79° 52' 50" Longitud Oeste, tiene como referencia la Universidad San Martín de Porres - Filial Norte-Chiclayo, el exceso de agua almacenada en las vías urbanas dan como resultado el difícil y en ocasiones el inaccesible tránsito vehicular y peatonal, sumado a éste el deterioro parcial o definitivo de la infraestructura vial urbana (p.ej. calles, avenidas, pasajes, veredas, etc.) y edificaciones (p.ej. casas, colegios, edificios multifamiliares, etc.)

Para concluir en el aspecto social, las aguas de lluvia traen consigo enfermedades tales como: Zika, Chikungunya, Plagas y Dengue, siendo esta última la que registra 688 pacientes, 571 casos probables y dos pérdidas humanas así lo informa el último reporte (Junio de 2017) del Instituto Nacional de Defensa Civil (Índice).



Figura 1 Delimitación del área en estudio en Urb. La Pradera y los Cedros de la Pradera, con una extensión de 13.80 hectáreas.



Figura 2 Vías urbanas en Urb. La Pradera y los Cedros de la Pradera con inexistente Red de Drenaje Pluvial Urbano.

1.1.4 Objeto de estudio

La presente investigación tuvo como objeto de estudio las inundaciones producidas por efecto del fenómeno del niño costero.

1.1.5 Delimitación de estudio

La zona en estudio tuvo como lugar la urbanización La Pradera y los Cedros de la Pradera, ubicada en los 6°46'48.39" Latitud Sur y 79°52'52.34" Longitud Oeste como inicio del vértice del área en estudio delimitándose con la Universidad San Martín de Porres – Filial Norte - Chiclayo y en los 6°46'46.13" Latitud Sur y 79°53'4.32" Longitud Oeste como límite de la zona en estudio, delimitado con el Pueblo Joven Juan Pablo Segundo, teniendo una extensión de 13.80 hectáreas y una área de influencia de 4.11 hectáreas.

1.1.6 Formulación del problema

¿Cómo diseñar la red de drenaje pluvial urbano de la urb. La Pradera, distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque?

1.5 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar la red de Drenaje Pluvial Urbano en la Urb. La Pradera - Distrito de Pimentel - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar un levantamiento topográfico (Planimetría y Altimetría) del área a diseñar la red de drenaje pluvial.
2. Estimar los caudales de escurrimiento máximo de diseño, aplicando el método racional. Además de obtener las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).
3. Elaborar un estudio de mecánica de suelos (EMS) con las NORMA TÉCNICA PERUANA N.T.P.
4. Calcular la sección y el material más apropiado de sumideros, vertederos y canales para el transporte, recolección y evacuación de aguas de lluvia.
5. Elaborar el expediente técnico del estudio de investigación realizado.

1.3 Justificación

Las intensas precipitaciones, sumadas a la falta de un plan de crecimiento poblacional urbano y a la inexistente red de drenaje pluvial urbano, conllevan a la necesidad de desarrollar el presente trabajo de investigación, “Diseño de la red de drenaje pluvial en la urb. La Pradera- Distrito Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque”, que atenderá la necesidad de recolectar, transportar y evacuar las aguas de

lluvia de tal manera que permita mitigar los daños causados producto del estancamiento de las aguas que son el principal factor de deterioro y posterior colapso de la infraestructura vial urbana, además del colapso de la infraestructura sanitaria las cuales no están diseñadas para atender la contribución de las aguas de lluvia. Cabe mencionar también que las aguas de lluvia son un foco infeccioso debido a que éstas se encuentran estancadas por un prolongado tiempo, originando enfermedades que podrían causar víctimas mortales.

El diseño se basó en los parámetros técnicos, estipulados en el R.N.E OS.060. Por una parte en las consideraciones hidráulicas para el cálculo del caudal de diseño se aplicará el método racional aplicable para áreas de la cuenca menor o igual a 13 km², para la captación y el transporte de aguas de lluvia que discurren en calzadas y aceras la norma contempla el uso de cunetas que a su vez conducen a zonas más bajas donde los sumideros cumplen la función de captar el agua y conducirlo hacia el alcantarillado pluvial, de no existir éste se preverá la evacuación buscando verter el agua en algún cauce natural como ríos o acequias, etc. o artificial como canales siempre y cuando no se afecte la calidad del uso de agua.

La capacidad de las cunetas está supeditada a la sección transversal de la misma pendiente, rugosidad y tipo de material con la cual se construyen, para tal fin se empleará la ecuación de Manning, por tal motivo se deberá cumplir con la recolección, transporte y evacuación de aguas de lluvia a través de un sistema de red de conductos cerrados (tubería PVC), abiertos (cunetas) y colectores que sean capaces de satisfacer la necesidad de la población.

1.4 Antecedentes

1.4.1 A nivel internacional

El cambio climático sumado al crecimiento poblacional desordenado genera un aumento de áreas impermeables.

El aumento progresivo de los asentamientos y pueblos jóvenes en la periferia de la ciudad hace que disminuyan las superficies naturales y áreas libres, generando pérdidas de superficie permeable como consecuencia de las urbanizaciones y así modificando los recursos naturales de la escorrentía superficial que causan problemas de inundación o

humedecimiento de muros de viviendas construidas de material rústico (tapia o adobe) generalmente a las partes más bajas de la población.(Llanco Sedano, Humberto BACH SICUS QUISPE, Rivelinho ASESOR, Guzman Ibañez, & Salvador, 2013, Pag.11)

Ubicar los puntos vulnerables y la concurrencia de fuertes precipitaciones es de suma importancia.(Fernanda & Carreño, 2015) sostiene:

Para la disminución en la probabilidad de inundaciones sectoriales en la ciudad de Cali, por colapso del sistema de alcantarillado pluvial durante eventos de fuertes lluvias, se empleará una metodología mixta en la que se investigaron las condiciones propias de Cali que la convierten en una ciudad altamente vulnerable a sufrir inundaciones, además de realizar un trabajo de campo directo con el personal encargado del sistema de drenaje de la ciudad para identificar posibles puntos de intersección. Llegando a la conclusión, que la capacidad de absorción del suelo de Cali, ante eventos de lluvia, es mínima y su sistema de drenaje pluvial insuficiente. Por lo anterior resulta necesaria la implementación de un sistema con la capacidad de aumentar los niveles de captación de aguas de lluvia de la ciudad para disminuir la probabilidad de inundaciones y evitar el colapso de la red de alcantarillado pluvial.

Este proyecto pretende la implementación de un sistema urbano de drenaje sostenible industrial por medio de una intervención superficial a partir de materiales y métodos de fabricación convencionales con el fin de obtener un producto de bajo costo y alta replicabilidad. (Pag.10).

Comentario:

En la ciudad de Cali (Colombia) ya se cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, el problema que se genera es que el mencionado sistema se ha vuelto insuficiente debido a la capacidad permeable de los suelos de Cali. Surge ahí la necesidad de la investigación de incrementar el volumen de captación del sistema existente con la finalidad de evitar inundaciones y el colapso del sistema existente.

1.4.2 A nivel nacional

Las altas precipitaciones producen inundaciones en algunos sectores de la ciudad de Cajamarca, muy específicamente en las Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa. Para ello se evaluó el diseño hidráulico y lo que compete en la operación y mantenimiento del sistema

de drenaje, con el fin de determinar cuan eficiente es su sistema , y si es capaz de atender la necesidad de las altas lluvias producidas en dicha ciudad (De Grado et al., 2014).

1.4.3 A nivel local

La construcción de una carpeta a base de pavimento flexible, rígido y semirrígido, donde se describirá los estudios de topografía, suelos, tráfico e hidrología que serán necesarios para el análisis y diseño de los pavimentos como también estudios paralelos de drenaje. (Jovenes, Sur, Distrito, Victoria, & Chiclayo, n.d.)

1.4.4 Estado del arte

En la ciudad de Estados Unidos para pequeñas áreas se utiliza un sistema de drenaje superficial de lluvias, en la cual consiste en unos canales pre-fabricados de sección rectangular de aproximadamente 30 cm de ancho de solera, los cuales son fáciles de instalar ya que cuentan con pernos de sujeción entre un cuerpo y el otro, haciendo fácil el montaje y desmontaje, logrando así un método práctico de instalación de canales para la evacuación de aguas de lluvia.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Bases teóricas

1.5.1.1 Variables Dependientes: Diseño de Drenaje pluvial

Método racional

a) Éste método es el más usado para zonas urbanas de áreas pequeñas, su principal utilización data con una antigüedad de más de 100 años, y se sigue utilizando debido a que es bastante práctica y fácil de emplear, siendo muy próxima a los valores. (Os, 2006). Ésta viene dada en la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 \sum_{j=1}^m C_j I A_j \quad \dots(1)$$

Ecuación 1 Cálculo de Caudal (Método Racional)

Donde:

Q es el volumen pico m^3/s , **I** la intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora, **A_j** es la superficie de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en km^2 , **C_j** es el coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas, y **m** es el número de subcuencas drenadas por un alcantarillado.

b) Las subcuencas están definidas por las entradas o sumideros a los ductos y/o canalizaciones del sistema de drenaje.

c) La cuenca está definida por la entrega final de las aguas a un depósito natural o artificial, de agua (corriente estable de agua, lago, laguna, reservorio, etc.).(Os, 2006).

Coefficiente de Escorrentía

La elección del valor del coeficiente de escorrentía deberá sustentarse en considerar los efectos de:

Características de la superficie.

- Tipo de área urbana.
- Intensidad de lluvia (teniendo en cuenta su tiempo de retorno).
- Pendiente del terreno.
- Condición futura dentro del horizonte de vida del proyecto.

Se deberá tomar en cuenta otros efectos que considere apreciables: proximidad del nivel freático, porosidad del subsuelo, almacenamiento por depresiones del terreno, etc.

En las tablas 1, 2, 3 pueden usarse para determinar los coeficientes de escorrentía.

Para el caso de áreas de drenaje heterogéneas será estimado como un promedio ponderado de los diferentes coeficientes correspondientes a cada tipo de cubierta (techos, pavimentos, áreas verdes, etc.) donde el factor de ponderación es la fracción del área de cada tipo al área total.(Os, 2006).

Tabla 1

Coefficiente de escorrentía por superficie para diferentes periodos de retorno.

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ARENAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% de área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61

Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
ARENAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: R.N.E OS.060

Tabla 2

Coefficiente de escorrentía para superficies urbanas.

Características de la superficie	Coefficiente de Escorrentía
Calles	
Pavimento Asfáltico	0.70 a 0.95
Pavimento de concreto	0.80 a 0.95
Pavimento de Adoquines	0.70 a 0.85
Veredas	0.70 a 0.85
Techos y Azoteas	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0.05 a 0.10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0.10 a 0.15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0.13 a 0.17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0.18 a 0.22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.25 a 0.35

Tabla 3

Coefficiente de escorrentía por tipo de suelo, topografía y vegetación.

Topografía y Vegetación	Tipo de Suelo		
	Tierra Arenosa	Limo arcilloso	Arcilla Pesada
Bosques			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Pronunciado	0.30	0.50	0.60
Pradera			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Pronunciado	0.22	0.42	0.60
Terrenos de cultivo			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Pronunciado	0.52	0.72	0.82

Fuente: R.N.E OS.060

Nota:

Plano (0 - 5%) Pendiente

Ondulado (5 – 10%) Pendiente

Pronunciado >10% Pendiente

Intensidad de la lluvia

a) La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de la lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta el punto, y cuyo período de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.(Os, 2006).

Es decir que para determinarla usando la curva intensidad-duracion-frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana del estudio, se usa una duracion igual al tiempo de

concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del período de retorno del diseño de la obra de drenaje.

- b) La ruta de un flujo hasta un punto del sistema de drenaje está constituido por:
- La parte donde el flujo fluye superficialmente desde el punto más remoto del terreno hasta su punto de ingreso al sistema de ductos y/o canalizaciones.
 - La parte donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos y/o canalizaciones desde la entrada en él hasta el punto de interés.
- c) En correspondencia a las partes en que discurre el flujo, el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta un punto del sistema de drenaje es la suma de:
- El tiempo de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones, t_0 .
 - El tiempo del flujo dentro de alcantarillas y canalizaciones desde la entrada hasta el punto, t_f , Siendo el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta el punto de interés. (Os, 2006), es la suma de:

$$t_c = t_0 + t_f \quad \dots (2)$$

Ecuación 2 Tiempo de Concentración (OS.060)

- d) La selección de la ecuación idónea para evaluar t_0 será determinada según ésta, sea pertinente al tipo de escorrentía superficial que se presente en cada subcuenca. Los tipos que pueden presentarse son el predominio de flujos superficiales, tipo lámina o el predominio de flujos concentrados en correnteras o un régimen mixto.
- e) La tabla 4 informa acerca de la pertinencia de cada fórmula para cada una de las formas en que puede presentarse el flujo superficial. (Os, 2006).

Tabla 4

Resumen de ecuaciones de tiempo de concentración.

Método	Ecuación	Flujo Tipo Lamina				Flujo concentrado en corrientas o canales				Flujo concentrado en tubería			
		Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada	Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada	Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada
Eagleson									X	X	X	X	
Federal Aviation		X	X	X									
Henderson & Wooding		X	X	X	X								
Kerby Hattaway		X	X	X									
Kirpich (TN)							X	X					
Kirpich (PA)							X	X					
SCS, Lag			X	X									
SCS, Vel			X	X									
Van Sickle			X	X									

Fuente: R.N.E OS.060

De acuerdo a la tabla N° 4 se empleó la fórmula de Kirpich y Federal Aviation Administration para determinar el Tc:

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * s^{-0.385} \quad \dots(3)$$

Ecuación 3 Tiempo de Concentración según Kirpich

Donde:

L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m)

$$T_c = 0.7035 * \frac{(1.1-C)*L^{0.50}}{s^{0.333}} \quad \dots(4)$$

Ecuación 4 Federal Aviation Administration

Donde:

C = Coeficiente de Escorrentía (tabla 1a OS.060)

L = Longitud superficial del flujo (m)

S = Pendiente de la superficie (m/m)

- f) En ningún caso el tiempo de concentración debe ser inferior a 10 minutos.
- g) El tiempo de flujo, t_f , está dado por la ecuación:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} \quad \dots(5)$$

Ecuación 5 Tiempo de Flujo (OS.060)

Donde:

L_i = Longitud del y n-ésima conducción (ducto o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo.

V_i = Velocidad del flujo en el ducto o canalización.

- h) En cualquier punto de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones, al menos una ruta, sólo tiene tiempo de ingreso al sistema de ductos, t_0 . Si hay otras rutas estas tienen dos tipos de tiempos t_0 y t_f .
- i) El tiempo de concentración del área que se drena hasta un punto de interés en el sistema de drenaje es el mayor tiempo de concentración entre todas las diferentes rutas que puedan tomar los diversos flujos que llegan a dicho punto.

Área de drenaje

- a) Debe determinarse el tamaño y la forma de la cuenca o subcuenca bajo consideración utilizando mapas topográficos actualizados. Los intervalos entre las curvas de nivel deben ser lo suficiente para poder distinguir la dirección del flujo superficial.
- b) Deben medirse el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y las sub-áreas de drenaje que contribuyen a cada uno de los puntos de ingreso a los ductos y canalizaciones del sistema de drenaje.

- c) El esquema de la divisoria del drenaje debe seguir las fronteras reales de la cuenca, y de ninguna manera las fronteras comerciales de los terrenos que se utilizan en el diseño de los alcantarillados de desagües.
- d) Al trazar la línea divisoria del drenaje deberán atenderse la influencia de las pendientes de los pavimentos, la localización de conductos subterráneos y parques pavimentados y no pavimentados, la calidad de pastos, céspedes y demás características introducidas por la urbanización.(Os, 2006).

Período de Retorno

- a) El sistema menor de drenaje deberá ser diseñado para un período de retorno entre 2 y 10 años. El período de retorno está en función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños.
- b) El diseñador podrá proponer períodos de retorno mayores a los mencionados según su criterio le indique que hay mérito para postular un mayor margen de seguridad debido al valor económico o estratégico de la propiedad a proteger.
- c) Para sistemas de Drenaje Mayor, se podrá aplicar el método Racional siempre que el área en estudio sea menor a 13 km², cuyo Período de Retorno no deberá ser menor de 25 años (Os, 2006).

Información Pluviométrica

Cuando el estudio hidrológico requiera la determinación de las curvas intensidad-duración- frecuencia (IDF) representativas del lugar del estudio, se procederá de la siguiente manera:

- a) Si la zona en estudio está en el entorno de alguna estación pluviográfica, se usará directamente la curva IDF perteneciente a esa estación.
- b) Si para la zona en estudio sólo existe información pluviométrica, se encontrará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación, y luego junto con la utilización de la información de la estación pluviográfica más cercana se estimaran las precipitaciones para duraciones menores de 24 horas y para el periodo de retorno que se requieran. La intensidad requerida quedará dada por $I_{(t,T)} = P_{(t,T)}/t$, donde $I_{(t,T)}$ es la intensidad para duración t y periodo de retorno T requeridos; y $P_{(t,T)}$ es la precipitación para las mismas condiciones. (Os, 2006).

Consideraciones Hidráulicas para un Sistema de Drenaje Mayor

Formula de Manning para la determinación de parámetros hidráulicos, como tirante, espejo de agua, ancho de solera la cual se detalla a continuación:

$$V = \frac{R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n} = Q = V * A = \quad Q = \frac{A * R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad \dots(6)$$

Ecuación 6 Ecuación de Manning

Donde:

Q = Caudal esorrentía superficial (m³/s)

V = Velocidad media de desplazamiento (m/s)

Rh = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de la canalización

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Sección transversal de la canalización

1.5.1.2 Variables Independientes

Suelos

Contenido de humedad (MTC E 108-2000)

Basado en la norma ASTM D2216 cuyo objeto es el de determinar la humedad o contenido de humedad de un suelo. Entiéndase éste como la relación del peso del agua en una determinada masa del suelo al peso de las partículas sólidas, expresada en %. El método de cálculo está dado por la siguiente expresión:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad \dots(7)$$

Ecuación 7 Contenido de Humedad

Ó también viene dada por otra expresión:

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 \quad \dots (8)$$

Ecuación 8 Contenido de Humedad * (%)

Siendo:

W = Contenido de humedad (%)

Mcws = Peso del contenedor más el suelo húmedo (gr)

Mcs = Peso del contenedor más el suelo secado al horno (gr)

Mc = Peso del contenedor (gr)

Contenido de Sales (NTP 339.52 2002)

El contenido total de sales solubles de un suelo, se determinara con una muestra preparada con una relación suelo agua de 1:5. Las ecuaciones para el cálculo se expresan a continuación:

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) * D}{E} * 10^6 \quad \dots(9)$$

Ecuación 9 Contenido de Sales en ppm

Donde:

SS = Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)

(m₂-m₁) = Peso del residuo de evaporación en gr

D = Relación de la mezcla suelo: agua

E = Volumen de extracto acuoso evaporado, mL

Granulometría (Normas ASTM C136 Y ASTHO T27)

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra.

Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría).

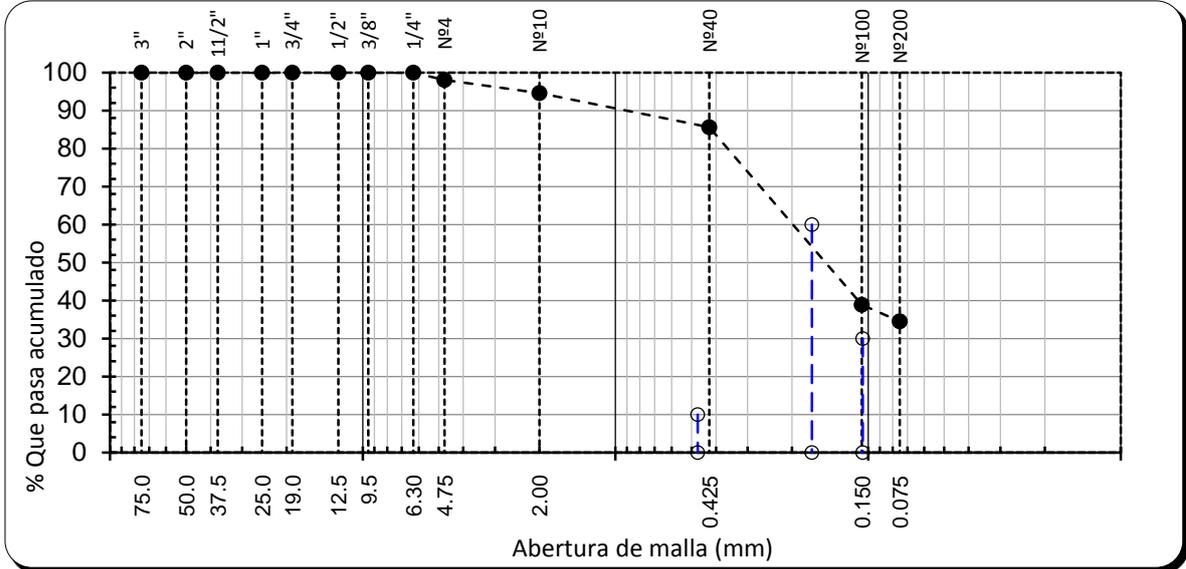


Figura 3 Curva Granulométrica

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, donde el porcentaje que pasa es graficado en las ordenadas y el diámetro de las partículas en las abscisas. A partir de la curva anterior, se pueden obtener diámetros característicos tales como el D10, D30, D60, D85, etc. El D se refiere al tamaño del grano, o diámetro aparente de la partícula y el subíndice (10, 30, 60, 85) se denota el porcentaje de material más fino.

Un indicador de la variación del tamaño de los granos presentes en la muestra se obtiene mediante el coeficiente de uniformidad (Cu) definido como:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \dots(10)$$

Ecuación 10 Coeficiente de Uniformidad (Cu)

Un valor grande de Cu indica que los diámetros D60 y D10 difieren en tamaño apreciable.

También existe otro parámetro y es el coeficiente de curvatura (Cc), el cual es una medida de la forma de la curva entre D60 y el D10 y se define:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} * D_{10})} \quad \dots(11)$$

Ecuación 11 Coeficiente de Curvatura (Cc)

Para el cálculo del material retenido en cada malla respecto del peso seco de la muestra original.

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{PESO TOTAL} - \text{PESO QUE PASA}}{\text{PESO TOTAL}} * 100 \quad \dots(12)$$

Ecuación 12 Material Retenido %

El porcentaje que pasa cada tamiz restando de 100% el porcentaje retenido acumulado en dicha malla.

$$\% \text{ PASA} = 100 - \% \text{ RETENIDO ACUMULADO} \quad \dots(13)$$

Ecuación 13. % Pasante de Tamiz

Con los datos obtenidos, se construye la curva granulométrica (Fig. N°3).

Consistencia

Determinación del Límite Líquido de los Suelos (MTC E110-2000)

Es el contenido de humedad el cual es expresado en porcentaje de una muestra de suelo la cual es secada al horno, dicha muestra se encuentra entre el estado plástico y el estado líquido.

Para la determinación del límite líquido por el método de multipunto se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} * 100 \quad \dots(14)$$

Ecuación 14. Límite Líquido (Multipunto)

Posteriormente a la aplicación de la ecuación (13) se trazara una “curva de fluidez” que representa la relación entre el contenido de humedad y su correspondiente número de golpes en la copa de casa grande. (Fig. 4).

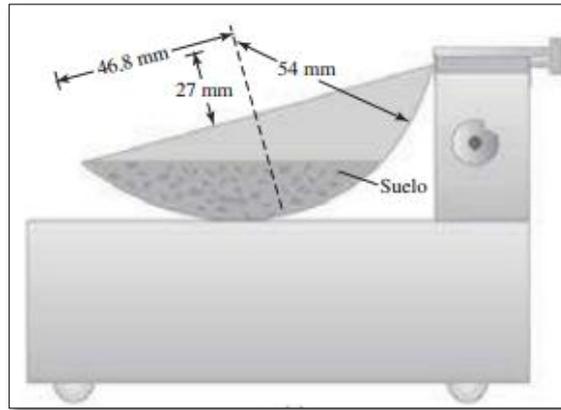


Figura 4 Copa de bronce o copa Casagrande (Braja M.Das Pag.28)

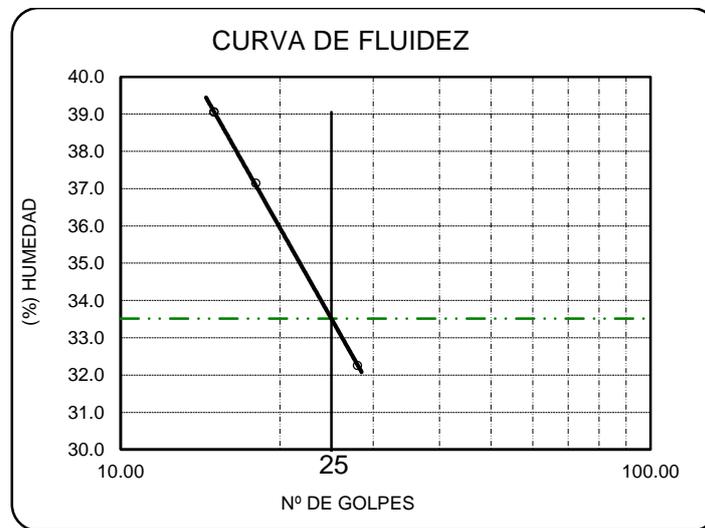


Figura 5 Curva de fluidez.

Determinación del Límite Plástico (L.P) e Índice de plasticidad (IP) (MTC E111-2000)

Se denomina Límite Plástico (L.P) a la humedad mínima con la que se puede elaborar barras de material de aproximadamente 3.2 mm (1/8") de diámetro, la fórmula de cálculo se presenta a continuación:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} * 100 \quad \dots(15)$$

Ecuación 15. Límite Plástico

Para el cálculo del Índice de plasticidad conociendo el Límite Líquido e Índice de Plasticidad se calcula:

$$IP = L.L - L.P \quad \dots(16)$$

Ecuación 16. Índice de Plasticidad

Si el L.L o el L.P no puedan determinarse, el índice de plasticidad I.P se informa como NP (No Plástico).

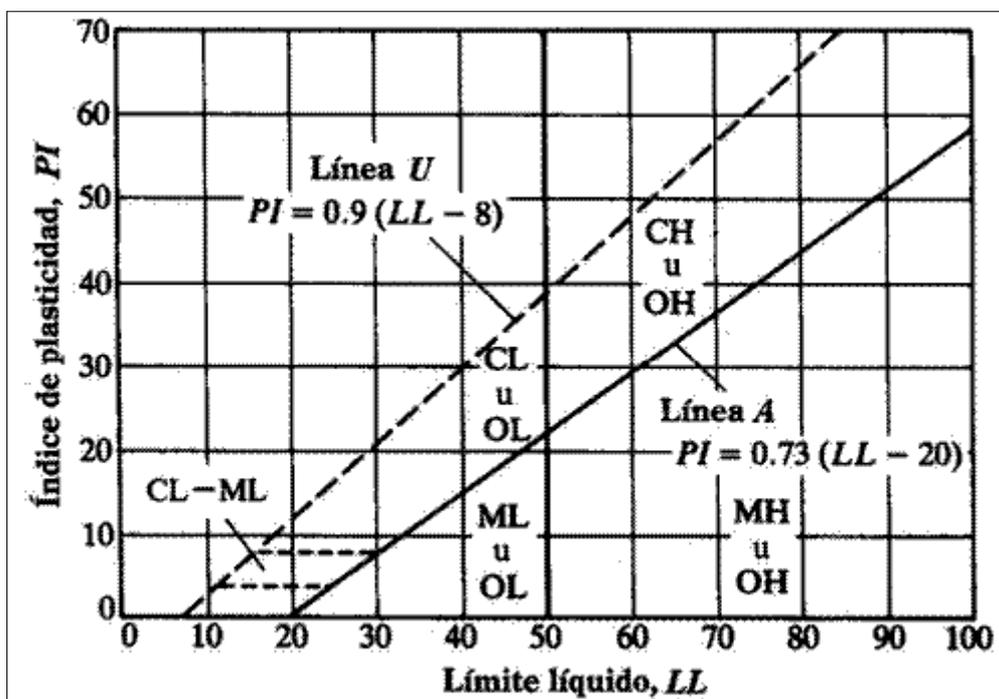


Figura 6 Carta de Plasticidad. (Braja M.Das Pag. 34)

Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (56000 pie-lb/pie³ [2700 KN-m/m³]) MTC E 115-2000

Ensayo que se emplea para la determinación de la relación entre el contenido de agua y Peso Unitario Seco de los suelos, llamada curva de compactación.

Dicha relación se obtiene compactando en un molde de 4 o 6 pulgadas (101.6 o 152.4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44.5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457mm), produciendo una Energía de Compactación de 56000 lb-pie/pie³ (2700KN-m/m³). (Os, 2006)

Metodologías:

1.-Método A

- 1.1.-Utilización de molde de 4" de diámetro (101.6mm).
- 1.2.- Del material a emplear todo lo que pasa por el tamiz N° 4(4.75mm).
- 1.3.-Número de capas igual a 5.
- 1.4.-25 golpes por capa.
- 1.5.-Se emplea el presente método solo cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4(4.75mm).

2.-Método B

- 2.1.-Utilización de molde de 4" de diámetro (101.6mm).
- 2.2.-Del material a emplear todo lo que pasa por el tamiz de 3/8" (9.5mm).
- 2.3.-Número de capas igual a 5.
- 2.4.- 25 golpes por capa.
- 2.5.-Se emplea el presente método solo cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4(4.75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8" (9.5mm).

3.-Método C

- 3.1.-Utilización de molde de 6" de diámetro (152.4 mm).
- 3.2.- Del material a emplear todo lo que pasa por el tamiz de 3/4" (19.0 mm).
- 3.3.-Número de capas igual a 5.
- 3.4.- 56 golpes por capa.
- 3.5.- Se emplea el presente método solo cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 3/8" (9.53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4" (19.0 mm).

Cálculos:

-Primero se determinara el contenido de humedad W (%) Ecuación (6) ó (7).

-Para la determinación del Peso Unitario Seco, se calculará la densidad húmeda (Ec. 16), la densidad seca (Ec.19) y finalmente el Peso Unitario Seco (Ec 20).

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 * V} \quad \dots(17)$$

Ecuación 17. Densidad Húmeda (ρ_m)

Donde:

ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³)

Adicional mente a esto para el cálculo del volumen del molde V se aplicara dos procedimientos; el primero mediante el método de llenado de agua y el segundo es mediante el método de mediciones lineales, aplicando la ecuacion (17) en pulgadas-pie y (18) para Sistema Internacional.

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad \dots(18)$$

Ecuación 18. Volumen del Molde (pulg-pie)

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad \dots(19)$$

Ecuación 19. Volumen de Molde (Sist. Internacional)

Donde:

V = Volumen de molde, pie³ (cm³)

h = Promedio de altura, pulg. (mm)

d_t = Promedio de diametro de la parte superior, pulg. (mm)

d_b = Promedio de diametro de la parte inferior, pulg. (mm)

1/1728 = constante para convertir pulg.³ a pie³

1/10³ = constante para convertir mm³ a cm³

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad \dots(20)$$

Ecuación 20. Densidad Seca (ρ_d)

Donde:

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (kg/m³)

w = contenido de agua (%)

Finalmente se obtiene :

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \quad \text{en lbf/ft}^3$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \quad \text{en kN/m}^3 \quad \dots(21)$$

Ecuación 21. Peso Unitario Seco (γ_d)

Para el cálculo de los puntos de gráfico de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad \dots(22)$$

Ecuación 22. Contenido de agua (Saturación 100%)

Donde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa de 100 (%).

γ_w = Peso unitario del agua 62.43 lbf/pie³ ó (9.80 kN/m³).

γ_d = Peso unitario seco del suelo.

G_s = Gravedad específica del suelo.

La energía de compactación por volumen unitario de suelo para un ensayo de proctor modificado se calcula con la siguiente ecuación, así lo establece el Dr Braja M. Das en su libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pag. 59).

$$E = \frac{(N^{\circ}Golpes * Capa)(N^{\circ}Capas)(Peso\ del\ pisón)(Altura\ de\ caída\ del\ pisón)}{Volumen\ de\ molde} \quad \dots(23)$$

Ecuación 23. Energía de Compactación

CBR de los Suelos MTC E 132-2000

El CBR proveniente de las siglas en inglés (California Bearing Ratio). Que es un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte. El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pudiendo también operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

El mencionado índice es aplicable para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

Éste modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario-Humedad, usando un equipo modificado.

Cálculos

Humedad de compactación es el “x” % de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calculará a través de la ecuación (23).

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \quad \dots(24)$$

Ecuación 24. % Humedad a Añadir

Donde:

H = Humedad prefijada

H = Humedad natural

Para el cálculo de la expansión se aplica la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Éste valor se refiere en “x” % con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5”). (Ec.24)

Donde:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \quad \dots(25)$$

Ecuación 25. % Expansión

Siendo:

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto % de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón, cuyas características se muestran en siguiente tabla:

Tabla 5

Presión ejercida para una muestra patrón.

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/pulg ²
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Fuente: MTC E 132-2000

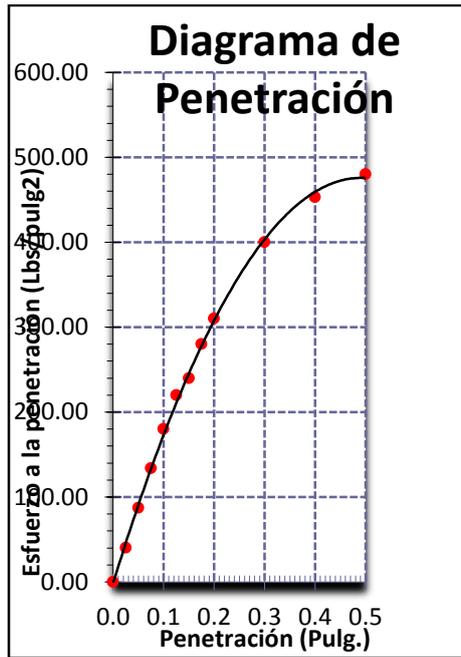


Figura 7 Diagrama de Penetración.

Normatividad

Normatividad Técnica

OS.060 Drenaje pluvial Urbano

En la mencionada norma técnica se da a conocer los criterios generales de diseño que puedan permitir la elaboración de un proyecto de Drenaje Pluvial Urbano.

CE.010 Pavimentos Urbanos

Norma que tiene por objeto establecer requisitos mínimos para la construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde el punto de vista de Mecánica de suelos e Ingeniería de Pavimentos con el fin de garantizar durabilidad, haciendo un correcto uso de los recursos, para lograr un correcto funcionamiento de pistas, aceras a lo largo de su vida de servicio.

OS.100 Infraestructura Sanitaria para Poblaciones Urbanas

Manual de Ensayos de Materiales EM 2000

Esta norma regula las condiciones que deben poseer los Técnicos en laboratorio así como los equipos para la ejecución de los ensayos, y la presentación de informes en los proyectos contratados por el MTC.

G0.50 Seguridad durante la Construcción

La cual tiene por objeto establecer lineamientos técnicos necesarios que garanticen las actividades y procesos en la construcción sin que dichas actividades y procesos conlleven a accidentes y enfermedades ocupacionales en la práctica.

Normatividad Legal

Código Sanitario del Perú – D.L 17505

Ley General de Aguas y su Reglamento – D.L 17752 del 24.07.90

Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento.

Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

a. Impacto Ambiental

De acuerdo a ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, mediante el artículo N°2 establece que todo proyecto de inversión pública o privado que involucren actividades de construcción u obras que puedan causar impactos ambientales negativos están sujetas a la mencionada ley, además de establecer que no podrá iniciar ningún proyecto sin antes contar con una certificación ambiental, expedida por la autoridad competente. No podrá ser expedida por ninguna autoridad nacional, sectorial, regional o local.

El artículo N°4 estipula que todo proyecto se debe categorizar según el riesgo ambiental.

Categoría I - Declaración de Impacto Ambiental.- Incluye aquellos proyectos cuya ejecución no origina impactos ambientales negativos de carácter significativo.

Categoría II - Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado.- Incluye los proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos

pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medida fácilmente aplicables.

Los proyectos de esta categoría requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d).

Categoría III - Estudio de Impacto Ambiental Detallado.- Incluye aquellos proyectos cuyas características, envergadura y/o localización, pueden producir impactos ambientales negativos significativos, cuantitativa o cualitativamente, requiriendo un análisis profundo para revisar sus impactos y proponer la estrategia de manejo ambiental correspondiente.

Los proyectos de esta categoría requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d).

b. Gestión de riesgos

De acuerdo a la ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado y a su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N 350-2015-EF, cuya finalidad es establecer, precisar y uniformizar criterios que deben ser tomados por las entidades para la implementación de gestión de riesgos en la planificación de ejecución de obras, logrando así una máxima eficiencia en las inversiones de obras públicas.

La mencionada norma establece un enfoque con al menos cuatro procesos a tomar cuenta:

a) Identificar riesgos:

En el presente proceso se busca prever los siguientes riesgos:

1. Deficiencia u omisión en la ejecución de las vías de los conductos y/o vías de la zona en estudio.
2. Inadecuada toma de niveles (cotas) para el planteamiento de pendientes debido al lineamiento requerido para el Sistema de Evacuación por Gravedad.
3. Daños fortuitos que afecta la funcionalidad de las Redes de Agua y/o Alcantarillado como consecuencia de rotura de tuberías matriz; por consecuencia la inundación en la zona de ejecución del proyecto.
4. Accidentes de trabajo, tránsito producto del cierre de vías en la ejecución del proyecto.

b) Analizar riesgos

En base a la identificación de riesgos se determinó la clasificación en función de probabilidad de ocurrencia e impacto como alta, moderada o baja prioridad. Ver anexo N° 15.

c) Planificar la respuesta a riesgos

1. Comprobación, rigurosidad y replanteo en el proceso de ejecución de conductos y vías de la zona en estudio.
2. Verificación y replanteo de pendientes para el óptimo el Sistema de Evacuación.
3. Conocimiento, emplazamiento de la red matriz de agua y alcantarillado.
4. Medidas de control contra accidentes como: charlas, uso adecuado de equipos de protección individual y colectiva, señalizaciones, accesos y toda aquella medida que permita delimitar el área de trabajo.

d) Asignar riesgos

En cada identificación de riesgo y grado de implicancia de cada uno de ellos se le delegará a las partes involucradas en el desarrollo integral del proyecto (entidad o contratista). Ver anexo 16

c. Métodos de costos y presupuestos

Para conseguir un adecuado Sistema de Presupuestos se necesita contar con el manejo financiero del proyecto a ejecutar, para ello se dispondrá de un Ingeniero en metrados, costos y planificación encargado de la determinación de costos y disposición de recursos necesarios a aplicarse en el proyecto en mención.

1.5.2 Definición de Términos

Las presentes definiciones que se nombrarán se basan de acuerdo a la norma.(Os, 2006).

Alcantarilla.- Orificio ubicado por debajo del nivel del suelo que se utiliza para transportar las aguas de lluvia o aguas servidas o en su defecto ambas.

Alcantarillado Pluvial.- Grupo de alcantarillas para conducir las aguas de lluvia.

Alineamiento.- Es la dirección que persigue el eje del elemento conductor con respecto al plano horizontal.

Base.- Estrato del suelo apisonado, que se sitúa por debajo de la carpeta de rodamiento de un pavimento.

Berma.- Región lateral pavimentada o no de las vías o calzadas, empleadas para ejecutar estaciones de necesidad y no ocasionar detención del flujo de vehículos.

Bombeo de la Pista.- Plano inclinado en sentido perpendicular al sentido de la vía medida a partir del eje de la vía con que termina una zona de rodadura vehicular, se manifiesta en porcentaje.

Buzón.- Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20m de circunferencia. Son fabricados en mampostería o con componentes de concreto, prefabricados o construidos en el lugar, puede tener revestimiento 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.

Son utilizados para cuando se modifican los diámetros, cuando cambian de dirección, mayor o menor inclinación además de las tareas de vigilancia, limpieza y conservación general de los elementos que lo conforman.

Calzada.- Fracción del elemento de rodadura de los vehículos.

Canal.- Vía abierta o sellada que conduce el flujo de agua proveniente de las precipitaciones.

Captación.- Estructura que acepta el ingreso de las aguas de lluvia con dirección al ingreso del sistema de drenaje.

Carga Hidráulica.- Adición de las cargas de velocidad, presión y posición.

Coefficiente de escorrentía.- valor que muestra la porción de las lluvias que discurre sobre la superficie.

Coefficiente de fricción.- Valor que obtienen las superficies de los orificios que transportan las aguas.

Corte.- Sección de corte.

Cuenca.- Es una zona del terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un punto determinado.

Cuneta.- Elemento hidráulico a cielo abierto que recorre toda la longitud de la vía que sirve para conducir las aguas, provenientes de las precipitaciones, la ubicación de estos elementos está por lo general en la parte exterior de la orilla de la calzada.

Cuneta Medianera.- (Mediana Hundida) cuneta situada en el sector del centro de una carretera de dos vías (ida y vuelta) y su nivel está por debajo de la carpeta de rodamiento de la carretera.

Derecho de Vía.- Franja de terreno, que utiliza la autoridad para efectuar algún ensanche de vía.

Dren.- Canal o tubería que sirve para drenar.

Drenaje.- Evacuar la acumulación de agua que discurre sobre el terreno que no se utiliza.

Drenaje urbano.- Evacuación de agua de poblaciones o ciudades sin afectar o alterar los parámetros urbanísticos.

Drenaje urbano mayor.- Comprende un sistema que se diseña para eliminar caudales que se producen con escasa recurrencia. Algunas veces se usa pistas limitadas por los sardineles de las aceras, como forma de conductos de eliminación de las aguas.

Drenaje urbano menor.- Sistema de alcantarillado pluvial que elimina volúmenes de agua que se producen con una recurrencia de entre 2 a 10 años

Duración de la lluvia.- Es el transcurso del tiempo, desde que inicia y finaliza la lluvia y en su mayoría se expresa en minutos.

Eje.- Recta que dista el punto medio de una estructura, que puede ser un canal o un conducto.

Frecuencia de lluvias.- Referente a la cantidad de repeticiones de las precipitaciones en un lapso de tiempo establecido, se podría expresar como la recurrencia de las aguas de lluvia.

Filtro.- Es un cuerpo natural o preparado que se dispone de tal forma que es capaz de interrumpir el paso de material fino que con el tiempo pueden llegar a obstaculizar los ductos, volviendo ineficiente a éstos.

Flujo uniforme.- Se considerara flujo uniforme si solo si en toda la sección no se ve alterada sus líneas de corriente.

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

Intensidad de la lluvia.- Hace referencia a las precipitaciones sobre una determinada área y se cuantifica en milímetros por hora (mm/hora) o además en litros por segundo por hectárea (l/s/Ha).

Lluvia efectiva.- Fragmento de las lluvias que discurrirá sobre la superficie. Además de ser un volumen de estas aguas como residuo, consecuencia de haber infiltrado en el subsuelo, evaporado o acumulado en ciénaga.

Mediana.- Fragmento que sirve para separar una vía (ida y vuelta)

Montante.- Conducto en sentido vertical que sirve para eliminar las aguas de las lluvias de los pisos más altos a los pisos más bajos.

Pavimento.- Estructura compuesta por capas una sobre otra por diferentes componentes cuya finalidad es la de resistir las cargas de los vehículos.

Pelo de agua.- Línea que establece el agua en un determinado canal.

Pendiente longitudinal.- Es el declive que tiene el canal con referencia a su eje a lo largo de su recorrido.

Pendiente transversal.- Es el declive que tiene el canal formando un ángulo recto entre el eje del largo de su recorrido y el declive de éste.

Periodo de retorno.- Ciclo con la cual un evento se repite con una determinada magnitud, es un intervalo de frecuencia promediada para diferentes eventos que son iguales o sobrepasen la magnitud con la que se mide.

Precipitación.- Anormalidad de la atmósfera la cual estriba en aportar agua a la superficie de la tierra en modo de lluvia, granizo, llovizna o nieve.

Precipitación efectiva.- Llamada así cuando las precipitaciones no logran retenerse en la tierra y tampoco es absorbida por el subsuelo.

Rasante.- Línea que se sitúa en la parte inferior de un ducto de un sistema de evacuación de aguas de lluvia.

Revestimiento.- Capa de diferente espesor que se le incorpora a alguna superficie en el interior de un conducto, con el propósito de proteger el rozamiento de los materiales finos que son evacuados con las aguas, causando así un daño en la estructura.

Sardinel (Solera).- Extremo de una acera.

Sistemas de evacuación por gravedad.- Se le denomina así porque no necesitan de algún equipo para que las aguas puedan circular, es decir son evacuadas de manera natural.

Sumidero.- Elemento que recolecta el agua, generalmente son ubicadas en las intersecciones de las calles con el propósito de captarlas debido a los cambios de dirección.

Tiempo de concentración.- Cuando la primera gota cae desde el extremo más lejano de la cuenca cae sobre ella y recorre hacia el sumidero se le denomina tiempo de concentración. A este tiempo se le fracciona en dos: el tiempo de ingreso y el tiempo de fluencia.

El tiempo de ingreso es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más lejano hasta los sitios de admisión, llámese sumideros o bocas de torrente.

El tiempo de fluencia es del tiempo obligatorio con el que el agua hace un recorrido en dirección a los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

Tuberías ranuradas.- Conductos cerrados, de metal con orificios en la cresta del tubo, con el propósito de permitir el ingreso de las aguas de lluvia.

Velocidad de autolimpieza.- Magnitud escalar mínima que se necesita para poder arrastrar los materiales sólidos que pueden sedimentarse, causando perjuicio en la estructura.

Vereda.- Elemento que se encuentra sobre el nivel de la calzada.

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

II. Material y Métodos

2.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación es de enfoque Cuantitativa, del tipo exploratorio, para la realización de la investigación se tuvo que recolectar ciertos parámetros; como fue el coeficiente de escorrentía, para ello se tuvo ciertas consideraciones como son características de la superficie, pendiente del terreno, intensidad de lluvia (considerando el periodo de retorno) el tipo de arena urbana entre otros, otro parámetro fue los datos hidrológicos (precipitaciones) proporcionada por el organismo competente (SENAMHI), logrando así elaborar la curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF) posterior a ello se delimito la cuenca urbana, apoyado en un estudio topográfico de altimetría y planimetría, obtenidos los parámetros ya mencionados se procedió a la aplicación del método racional, (el más recomendado por la norma vigente OS0.60). Con dicho método se obtuvo el caudal de diseño, que nos sirvió para estimar la sección del conducto y si trabajara cerrado o abierto, eligiendo el más adecuado para su óptima eficiencia.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es Experimental, del tipo cuasi experimental, ya que quedará a nivel de diseño.

2.2 Método de investigación

Lógico.- Mediante la aplicación de éste método se logró seguir ciertos patrones de acuerdo a estudios realizados como por ejemplo frecuencia de precipitaciones y ocurrencia de las mismas.

Sintético.- Las inundaciones ocasionadas por las fuertes precipitaciones en ciertos periodos del año sumado a éste el incremento de áreas impermeables hacen de estas precipitaciones un problema mayor, el drenar el agua de manera eficiente resulta un mecanismo indispensable para coexistir con estos fenómenos es por este motivo la evacuación de dichas aguas a través de un sistema aislado de drenaje nos permitirá atender ésta necesidad.

2.3 Población y muestra

El diseño de la red de drenaje pluvial urbano tuvo por población el distrito de Pimentel, siendo la muestra a emplear la urb. La Pradera y los Cedros de la Pradera.

2.4 Variables

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 6

Definición de Variable Independiente.

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional
Agua pluvial	Según Juan J. Bolinaga y Luis E. Franceschi A. define como aguas pluviales a las que discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de su superficie	Las aguas producto de las precipitaciones que discurren por las calles, aceras, avenidas, pistas, generando así un cuerpo de agua.
Suelo	Según Braja M. Das el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas.	Estrato de terreno que sirve de fundación para el Sistema de Drenaje Pluvial.
Topografía del terreno	Según Antonio García Martín, Campoy y Vasques se define como la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles.	Condición y características del relieve de la zona en estudio (Topografía Llana).

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 7

Definición de Variable Dependiente.

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional
Diseño de Drenaje Pluvial	Según Juan J. Bolinaga y Luis E. Franceschi A. define el sistema de Drenaje Urbano como el conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños	Conjunto de elementos destinados a la recolección, conducción y evacuación de aguas pluviales que discurren por las calles, aceras, avenidas, pistas, generando así un cuerpo de agua.

Fuente: *Elaboración propia*

Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Sub índices	Índices	Técnicas de R.D	Instrumentos de R.D	Instrumentos de Medición
Agua Pluvial	Caudal	Coef. Escorrentía	Lamina escurrida	mm	Observación	Guía de Observación	
			Precipitaciones	mm	Observación	Guía de Observación	
		Intensidad de Precipitaciones	Precipitación	mm	Observación	Guía de Observación	Pluviómetro
			Tiempo de concentración	horas	Observación	Guía de Observación	
		Área de la cuenca	-----	Km ²	Entrevista	Cuestionario	
Suelo	Humedad	Cantidad de Agua			Observación	Guía de Observación	
	Sales	Cantidad de sales			Observación	Guía de Observación	
	Granulometría	Grava	-----	>4.75 mm	Observación	Guía de Observación	
		Arena	-----	<4.75 mm >0.075 mm	Observación	Guía de Observación	
		Finos	-----	<0.075 mm	Observación	Guía de Observación	
	Consistencia	Límite Líquido	Nº Golpes	-----	Observación	Guía de Observación	
			Cont. Humedad	%	Observación	Guía de Observación	
Límite Plástico		Unidades de moldeo (cilindros)	%	Observación	Guía de Observación		

	Densidad	Masa	-----	gr/cm ³	Observación	Guía de Observación	
		Volumen	-----		Observación	Guía de Observación	
Topografía del terreno	Pendiente	Cotas Longitud	----- -----	m.s.n.m Km	Observación	Guía de Observación	Estación total
	Coordenadas	Longitud Latitud	----- -----	UTM	Observación	Guía de Observación	
	Área de estudio	Poligonal	Longitud Ángulos	Km Gr°	Observación	Guía de Observación	

Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Sub índices	Índices	Técnicas de R.D	Instrumentos de R.D	Instrumentos de Medición	
Diseño de Drenaje Pluvial	Levantamiento topográfico	Altimetría	Cotas	m.s.n.m	Observación	G. Observ.	Estación Total, Teodolito, Nivel Top.	
		Planimetría	Longitud	Km	Observación	G. Observ.		
	E.M.S	Cont. Humedad	Cont. Humedad	-----	%	Observación	G. Observ.	
			Cont. Sales	-----	Ppm	Observación	G. Observ.	
			Límites de Atterberg	Lím. Líquido	% w	Observación	G. Observ.	
				Lím. Plástico	% w	Observación	G. Observ.	
			Granulometría	Gravas	>4.75mm	Observación	G. Observ.	
				Arenas	<4.75 mm >0.075 mm	Observación	G. Observ.	
				Finos	<0.075 mm	Observación	G. Observ.	
	California Bearing Ratio (CBR)	Proctor		Observación	G. Observ.			
	Estudio Hidrológico	Caudal	Intensidad	mm/hr	Observación	G. Observ.		
		Área	-----	Km ²	Observación	G. Observ.		
		Tiempo	-----	horas	Observación	G. Observ.		
	Estudio Hidráulico	Parámetros Hidráulicos	Rugosidad	-----		Observación	G. Observ.	
			Pendiente	m/m ó %		Observación	G. Observ.	
			Área Hidráulica	m ²		Observación	G. Observ.	
			Perímetro mojado	m		Observación	G. Observ.	
			Velocidad	m/s		Observación	G. Observ.	
			Energía	-----		Observación	G. Observ.	
	Sistema propiamente dicho	Sistema de evacuación	Gravedad	m ³ /s ó l/s		Observación	G. Observ.	

	Impacto Ambiental	Propuesta	protocolo	Positivo	Observación	G. Observ.	
		Instrumentos de Gestión Ambiental	Documentos	Negativo	Observación	G. Observ.	
	Costos y Presupuestos	Costos Directos	Metrados	-----	Observación	G. Observ.	
			Costos unitarios	-----	Observación	G. Observ.	
		Costos Indirectos	Gastos Generales	-----	Observación	G. Observ.	

2.5 Hipótesis

Se obtendrá la adecuada evacuación de las aguas de lluvia para caudales de máximas avenidas en la Urb. La Pradera mediante el diseño de la Red de Drenaje, dicha medida hará posible acabar con consecuencias perjudiciales que afectan la zona en estudio.

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

2.6.1 Técnicas de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se basó en la observación, como punto de inicio ya que sin éste no habría podido desarrollar la investigación, además de una entrevista al especialista, dando a conocer los criterios más adecuados para el correcto desarrollo de la investigación. El análisis documental nos condujo al conocimiento y la aplicación de las normas vigentes dentro del campo de aplicación de la investigación.

2.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

2.6.2.1 Guía de Observación

Las guías que se emplearon son los formatos para el estudio de Mecánica de Suelos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos por la Universidad Señor de Sipan, los cuales se presentan en los anexos de la tabla Nº 10 y se detallarán en el ítem VII Anexos.

2.6.2.2 Cuestionario

Se entrevistó al especialista ing. Pablo Valdivia Chacón, ingeniero sanitario de la Universidad Nacional de Ingeniería, quien proporcionó información para el desarrollo de la presente investigación, como la metodología para el cálculo de los coeficientes de escorrentía (C), así como también el estudio para un periodo de retorno (Tr), logrando así un estudio confiable y técnico.

2.6.2.3 Guía de Análisis Documental

Tabla 8

Guía de Análisis documental de Normatividad Vigente.

Norma	Descripción	Aplicación
OS .060	Drenaje Pluvial Urbano	Conocimiento de lineamientos y parámetros necesarios para el

		desarrollo de la investigación
CE. 010	Pavimentos Urbanos	Establece requisitos mínimos para la construcción, reparación, rehabilitación de los pavimentos urbanos en territorio nacional.
DS N 019-2009	Reglamento de la ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental	Lineamientos para la aplicación de una evaluación del impacto ambiental en la aplicación del desarrollo de la investigación.
MTC E 101-2000	Guía para el muestro de suelos y rocas. Basado en la la norma ASTM D420	En la extracción de muestras alteradas e inalteradas del EMS.
MTC E 107-2000	Análisis granulométrico de suelos por tamizado Basado en la norma ASTM D422 y ASHTO T88	Clasificación de partículas de suelo para diferentes tipo de estrato
MTC E 108-2000	Método de ensayo para determinar el cont. de humedad de un suelo. Basado en la norma ASTM D 2216	Obtención de la humedad natural en los diferentes estratos encontrados
MTC E 110-2000 MTC E 110-2000	Determinación del límite liquido de los suelos. Basado en la norma ASTM D4318 y ASHTO T 89	Nos permitió conocer el estado líquido de los suelos que se encuentra entre estado plástico y liquido el cual se expresa en %
	Determinación del límite plástico e índice de	Conocer el estado de humedad más bajo con el

MTC E 111-2000	plasticidad. Basado en la norma ASTM D4318 y ASHYO T 90	cual se pueden formar barras de suelo.
MTC E 115-2000	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-mm ²). Basada en la norma ASTM D1557	Aplicación que se utilizó para hallar la curva de compactación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos de cada estrato.
MTC E 132-2000	CBR de suelos (Laboratorio). Basado en la norma ASTM D1883 y ASHYO T193.	Se determinó la capacidad de soporte de la subrasante, así como la fundación de los elementos de conducción (cunetas). En condiciones de humedad y densidad del suelo
NTP 339.152 2002	Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea	Se obtuvo el valor del contenido de sales en cada estrato encontrado a través del EMS

Fuente: *Elaboración propia*

2.7 Validación y confiabilidad de los Instrumentos

La validación y confiabilidad de los instrumentos se realizaron con los especialistas correspondientes logrando así un grado de confiabilidad necesario para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

III. Resultados

Anexo A. Levantamiento Topográfico

3.1 Levantamiento Topográfico

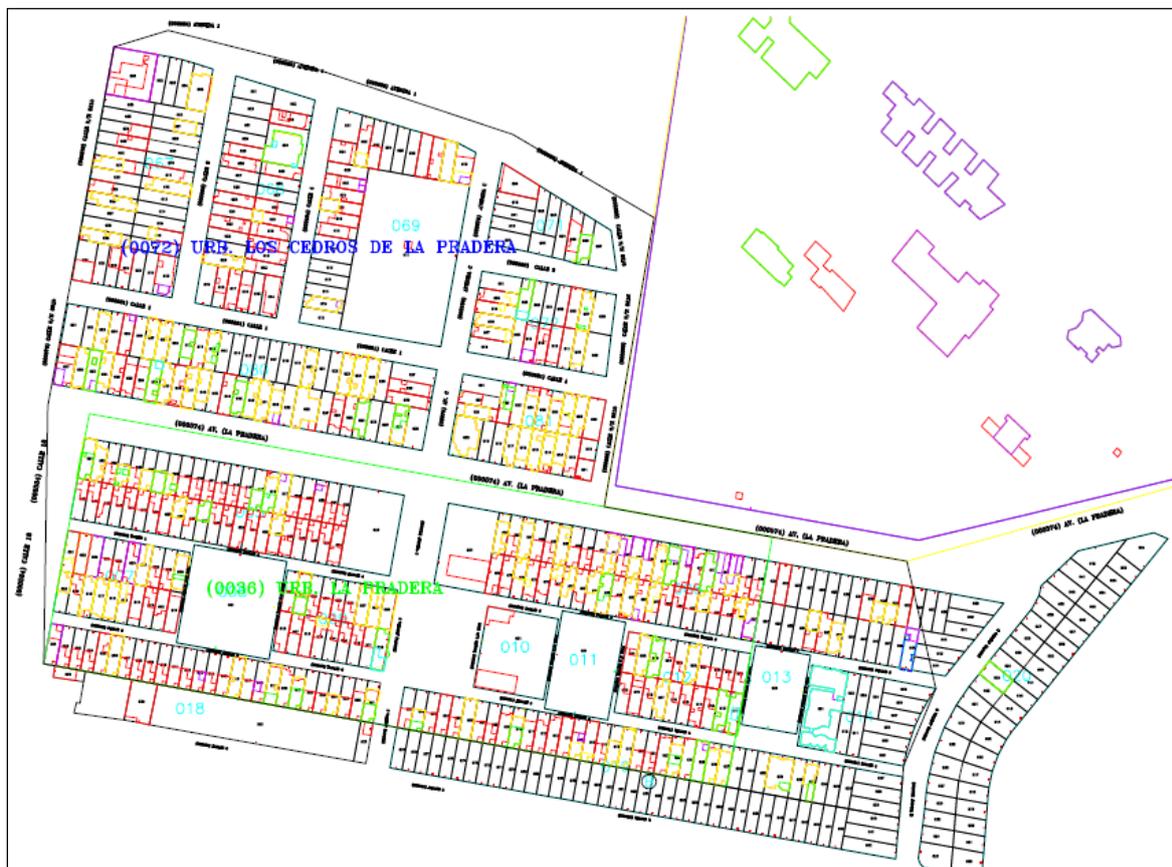


Figura 8 Área de la zona en estudio. 13.80 hc Urb. La Pradera, Los Cedros de la Pradera

Para el desarrollo de la investigación tiene como área de estudio la urbanización La Pradera y los Cedros de la Pradera la cual tiene una extensión de 13.80 hectáreas, con una área de influencia de 4.11 hectáreas las cuales tiene por coordenadas en los $6^{\circ} 46' 43''$ Latitud Sur y $79^{\circ} 52' 50''$ Longitud Oeste; no cuenta con un relieve pronunciado, es decir es una zona llana cuya diferencia de cotas no supera los 0.40 m. Al tratarse de una zona urbanizada cuenta con vías urbanas pavimentadas y servicios básicos como son Alcantarillado y fluido eléctrico. Cabe resaltar que la mencionada zona en estudio no cuenta con una Red de Drenaje pluvial, en los tiempo de altas precipitaciones como lo fue este último fenómeno (Niño Costero) desnudó la precariedad para la evacuación de las agua de lluvia afectando a toda la población.

Anexo B. Estudio Hidrológico

3.2 Estudio Hidrológico

3.2.1 Caudal de Diseño - Método Racional

Tabla 9

Cálculo de Caudales máximos (m³/s) para el área en estudio.

METODO RACIONAL (C.I.A)																
Calle	N° cuadra	Área (m2)					Coef. Escorrentía "C" (Tr=25años)				Coef. Ponderado "C"	Intensidad (mm/hr)	Área (ha)	Caudal "Q" Método Racional		
		Parcial	Concreto	Asfalto	Jardín	No Desarrollada	Concreto	Asfalto	Jardín	No desarrollada				m3/s	Lt/s	
1 (L/Der.)	1	1		65.40				0.86								
		2	28.00				0.88				0.758	48.63	0.012	0.001	1.25	
		3				28.21				0.40						
	2	1			96.36				0.86							
		2	80.06				0.88									
		3	604.13				0.88				0.658	48.63	0.154	0.014	13.64	
		4								0.40						
		5	47.99				0.88									
	3	1			155.92				0.86							
		2	145.17				0.88									

		3				123.72				0.40	0.836	48.63	0.14 2	0.016	16.0 9	
		4	1000.15				0.88									
	4	1		161.68				0.86								
		2			46.06				0.40		0.841	48.63	0.06 5	0.007	7.41	
		3	44.00				0.88									
		4	400.00				0.88									
	5	1		207.67				0.86								
		2	48.20				0.88				0.876	48.63	0.10 6	0.013	12.5 0	
		3	800.56				0.88									
	6	1		207.50				0.86								
		2	52.31				0.88				0.876	48.63	0.10 2	0.012	12.1 2	
		3	764.31				0.88									
	1 (L/lzq.)		1		65.75			0.86								
		1	2			38.84			0.40		0.728	48.63	0.01 3	0.001	1.29	
			3	27.00				0.88								
		1		277.62				0.86								
		2			72.44				0.40							
2		3	42.43				0.88									
		4			104.17				0.40		0.533	48.63	0.16 5	0.012	11.8 8	
		5	150.13				0.88									
		6				1002.23				0.40						
		1		161.42				0.86								
		2			47.91				0.40							

	3	3	43.91				0.88									
		4			104.17				0.40		0.814	48.63	0.11 5	0.013	12.6 7	
		5	794.84				0.88									
		1		474.48				0.86								
	4	2	135.74				0.88				0.512	48.63	0.25 3	0.018	17.5 2	
		3			1923.2 7					0.40						
Av.1	1	1		511.51				0.86								
		2			397.09				0.40		0.819	48.63	0.33 0	0.036	36.4 9	
		3	239.46					0.88								
		4	2150.00					0.88								
Av.2	1	1		648.50				0.86								
		2	2458.00					0.88								
		3			275.95					0.40		0.837	48.63	0.33 8	0.038	38.2 4
Av.3	1	1		1150.5 2				0.86								
		2	2458.00					0.88								
		3			275.95					0.40		0.840	48.63	0.38 8	0.044	44.0 8
Av.4	1	1		763.63				0.86								
		2	233.96					0.88				0.876	48.63	0.36	0.043	42.6 0
		3	2603.24					0.88								
8	1	1		970.64				0.86								
		2			420.27					0.40		0.721	48.63	0.13 9	0.014	13.5 5

9	1	1	1245.15				0.88									
		2			420.27			0.40		0.759	48.63	0.167	0.017	17.07		
10 (L/Der)	1	1		849.57			0.86									
		2	329.79				0.88			0.866	48.63	0.118	0.014	13.79		
10 (L/lzq)	1	1		311.90			0.86									
		2	90.38				0.88			0.877	48.63	0.179	0.021	21.23		
		3	1391.11				0.88									
11 (L/Der)	1	1	454.54				0.88									
		2		371.91				0.86			0.877	48.63	0.276	0.033	32.67	
		3	1930.01				0.88									
	2	1	454.54					0.88								
		2		1021.00				0.86			0.866	48.63	0.148	0.017	17.26	
	3	1	454.54					0.88								
		2		121.00				0.86			0.876	48.63	0.058	0.007	6.81	
		3														
12 (L/Der)	1	1		83.33			0.86									
		2		86.82				0.86			0.877	48.63	0.122	0.015	14.50	
		3	1053.84				0.88									
	2	1		435.06				0.86								
		2	240.91					0.88				0.798	48.63	0.228	0.025	24.55
		3	1230.00					0.88								

		4			371.91				0.40						
12 (L/izq.)	2	1		143.15				0.86							
		2	651.69				0.88			0.877	48.63	0.08 4	0.010	9.95	
		3	45.67				0.88								
13	1	1		361.06				0.86							
		2	230.16				0.88			0.876	48.63	0.18 2	0.022	21.5 5	
		3	1230.00				0.88								
14 (L/Der.)	1	1		92.44				0.86							
		2	92.75				0.88			0.879	48.63	0.13 9	0.016	16.5 0	
		3	1204.74				0.88								
14 (L/izq.)	1	1		129.50				0.86							
		2	67.38				0.88			0.489	48.63	0.10 3	0.007	6.81	
		3			834.32				0.40						
	2	1		139.12					0.86						
		2	80.31				0.88			0.877	48.63	0.11	0.013	13.0 1	
		3	878.13				0.88								
15 (L/izq.)	1	1		221.33				0.86							
		2	110.63				0.88			0.707	48.63	0.23 9	0.023	22.8 1	
		3	1205.61				0.88								
		4			848.97				0.40						
	2	1		88.96					0.86						
		2	104.84				0.88			0.879	48.63	0.12 2	0.015	14.5 1	

		3	1028.44				0.88								
15 (L/Der.)	1	1	1184.99				0.88								
		2			95.65			0.40		0.845	48.63	0.13 3	0.015	15.1 4	
		3	45.51				0.88								
18 (L/lzq)	1	1		128.31			0.86								
		1		237.61			0.86					0.0211 3	21.1 3		
		2	1545.00				0.88			0.877	48.63	0.17 8			
18 (L/Der.)	1	1		299.24			0.86								
		2			195.80			0.40		0.838	48.63	0.23 8	0.027	26.9 4	
		3	119.22				0.88								
		4	1766.03				0.88								
19 (L/Der.)	1	1		299.08			0.86								
		2	300.47				0.88			0.870	48.63	0.06	0.007	7.05	
19 (L/lzq.)	1	1		321.90			0.86								
		2			174.37			0.40		0.845	48.63	0.26	0.030	29.7 4	
		3	144.35				0.88								
		4	1963.48				0.88								
20 (L/lzq.)	1	1	1699.42				0.88								
		2	59.24				0.88			0.880	48.63	0.17 6	0.021	20.9 1	
20 (L/Der.)	1	1		358.02			0.86								
		2			193.59			0.40		0.847	48.63	0.30 4	0.035	34.8 2	
		3	142.82				0.88								

		4	2348.25				0.88								
21 (L/lzq.)	1	1		1291.0 0				0.86							
		2	59.53				0.88			0.861	48.63	0.13 5	0.016	15.7 1	
21 (L/Der.)	1	1		183.54				0.86							
		2			92.52				0.40		0.862	48.63	0.26 7	0.031	31.0 8
		3	102.63					0.88							
		4	2290.58					0.88							
25 (L/Der.)	1	1		159.66				0.86							
		2			55.73				0.40		0.856	48.63	0.12 6	0.015	14.6 3
		3	64.58					0.88							
		4	984.44					0.88							
25 (L/lzq.)	1	1		625.34				0.86							
		2			237.74				0.40		0.854	48.63	0.49 6	0.057	57.2 2
		3	205.86					0.88							
		4	3888.36					0.88							
28 (L/Der.)	1	1		321.90				0.86							
		2			178.55				0.40		0.843	48.63	0.24 6	0.028	28.0 2
		3	139.31					0.88							
		4	1822.21					0.88							
28 (L/lzq.)	1	1		134.90				0.86							
		2			48.00				0.40		0.855	48.63	0.10 3	0.012	11.8 9
		3	48.00					0.88							

		4	798.90				0.88									
31 (L/Der.)	1	1		299.24				0.86								
		2			167.72				0.40		0.847	48.63	0.266	0.030	30.42	
		3	150.05					0.88								
		4	2040.31					0.88								
31 (L/lzq.)	1	1		248.69				0.86								
		2	114.55					0.88			0.470	48.63	0.242	0.015	15.34	
		3			2052.19					0.40						
34 (L/Der.)	1	1		435.16				0.86								
		2	237.40					0.88			0.867	48.63	0.067	0.008	7.88	
34 (L/lzq.)	1	1		279.98				0.86								
		2			80.42				0.44		0.852	48.63	0.144	0.017	16.57	
		3	108.21					0.88								
		4	971.92					0.88								

Fuente: *Elaboración propia.*

Para el cálculo de caudales de escurrimiento se utilizó la metodología del Método Racional aplicable para áreas de cuenca urbana menor a 13 km², en el caso de la zona en estudio se cuenta con una área de 0.1791 km² haciendo posible la aplicación de dicha metodología, dando como resultado caudales máximos para un Tr (Periodo de Retorno) de 25 años un valor máximo de 315.99 lts/s.

3.2.1 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F)

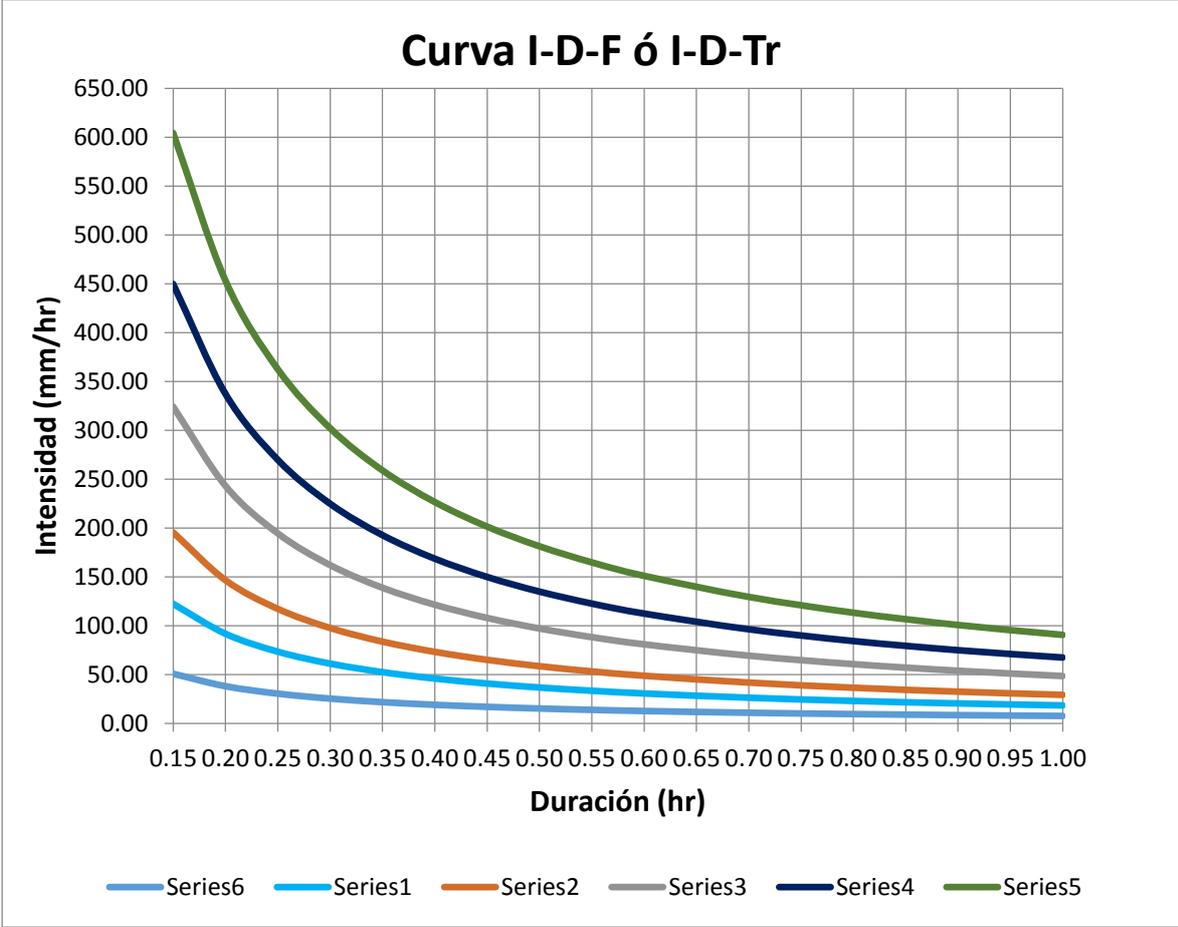


Figura 9 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.

En el Diseño de Drenaje Pluvial Urbano se basa en la aplicación de estudios básicos, como lo es la Hidrología, para tal propósito se basó en los registros históricos de precipitaciones de la estación (Lambayeque).

Para el estudio hidrológico que se realizó mediante la aplicación de métodos estadísticos como: Gumbel tipo I, Logaritmo Pearson tipo III, Distribución Normal y Logaritmo Normal dos Parámetros, en cada uno de ellos se verifico el mejor ajuste de distribución, siendo éste la de Logaritmo Normal tres parámetros, una vez comprobada la mejor distribución se

procedió a realizar la curva Intensidad- Duración-Frecuencia (I-D-F) ó Intensidad-Duración-Periodo de Retorno (I-D-Tr). En la fig. N°6 se obtuvo una Intensidad de 48.63 mm/hr para un periodo de retorno de 25 años.

Anexo C. Estudio de Mecánica de Suelos

3.3 Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

Para la exploración de suelos y posterior estudio de las características físicas y químicas de éstos nos basamos en los lineamientos que estipulan las normas técnicas vigentes, las mismas que se encuentran en el ítem 2.7.2.3 (Guía de análisis documental). Dichas normas brindan parámetros, procedimientos, metodologías y formas de cálculos para la realización de cada ensayo aplicado en la realización de la investigación. La norma OS.060 ítem 5.3 Estudio de Suelos contempla que la realización de calicatas será como mínimo 100m y no debe exceder los 500m lineales, en la investigación realizada se hizo la sumatoria de todas las calles de la zona en estudio (2400m) y se la dividió entre el rango que establece la norma (100-500m), adoptando un valor de 400, dando como resultado el número de calicatas igual a 6.

Tabla 10

Consolidado del Estudio de Mecánica de Suelos.

N° Calicata	N° Estrato	EMS									Clasificación		Anexos
		%humedad	L. Atterberg			% Sales	CBR		Proctor		SUCS	ASHTHO	
			L.L	L.P	IP		Esp.	%	Densidad	%w opt.			
1	1	15.32	33.51	19.19	14.32	0.30	(100 % MDS)	17.40	2.013	9.50	SC	A-6 (2)	Anexo 1
	(95% MDS)						10.30						
	2	18.83	23.72	17.92	5.80	0.70					SC-SM	A-2-4 (0)	Anexo 2
2	1	14.05	26.13	18.80	7.34	0.50			1.980	9.12	SC	A-2-4 (0)	Anexo 3
	2	15.99	27.44	19.76	7.68	0.40					SC	A-2-4 (0)	Anexo 4
3	1	18.11	27.44	15.55	11.89	0.40	(100 % MDS)	16.90	2.010	9.53	SC	A-4 (1)	Anexo 5
	(95% MDS)						10.30						
	2	20.99	32.52	18.80	13.73	0.10					SC	A-2-4 (0)	Anexo 6
4	1	16.91	28.68	17.67	11.01	0.50			2.023	9.17	SC-SM	A-4 (1)	Anexo 7
	2	22.20	32.28	12.53	19.74	0.30					SC	A-2-6 (1)	Anexo 8

5	1	15.35	36.24	32.28	3.96	2.30			2.10	8.95	GM	A-1-a (0)	Anexo 9
	2	17.94	19.44	15.90	3.53	1.60					CL-ML	A-4 (7)	Anexo 10
	3	24.93	30.77	21.52	9.24	2.70					SM	A-2-4 (0)	Anexo 11
6	1	18.43	32.16	16.71	15.24	0.70	(100 % MDS)	18.40	2.03	9.49	SC	A-4 (1)	Anexo 12
							(95% MDS)	11.20					
	2	15.05	29.52	16.35	13.18	0.10					SC	A-2-4 (0)	Anexo 13
	3	20.99	28.17	13.01	15.10	0.10					SC	A-4 (3)	Anexo 14

Fuente: *Elaboración propia*

3.3.1 Contenido de Humedad (N.T.P 339.127 ASTM D-2216)

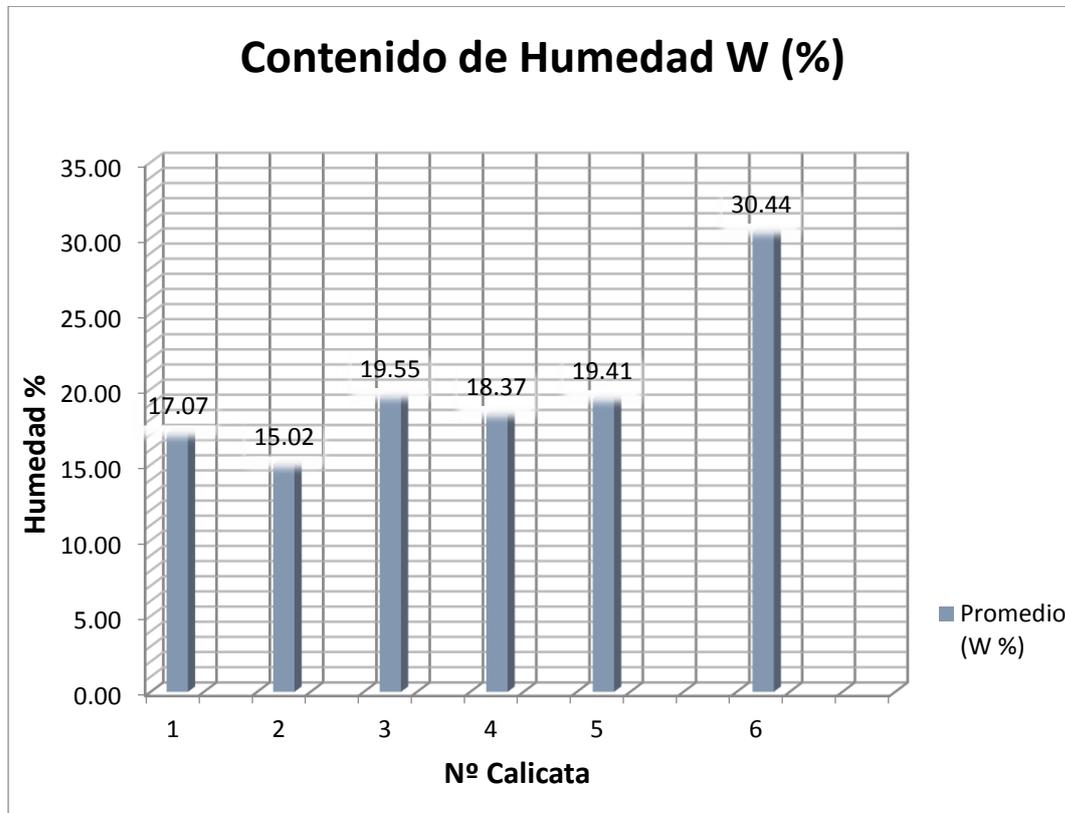


Figura 10 Consolidado de contenido de humedad (%)

De acuerdo a N.T.P 339.127 ASTM D-2216 establece el Contenido de humedad al peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólida, lo cual en la fig. N° 8 se observa el promedio del contenido de humedad de los diferentes estratos hallados en cada calicata realizada (1, 2, 3, 4, 5, 6), las cuales tenemos: para calicata 1, 2, 3, 4, 5, 6 se obtuvo 17.07%, 15.02%, 19.55%, 18.37%, 19.41% y 30.44% respectivamente, encontrándose un alto contenido de humedad en calicata 6 comparada con las demás.

3.3.2 Límites de Atterberg (MTC E111-2000 ASTM D 4318)

Tabla 11

Consolidado de Límite de Atterberg.

LIMITE DE ATTERBERG				
N° Calicata	Estrato	L.L (%)	L.P (%)	IP (%)
1	1	33.51	26.38	7.13
	2	23.72	17.92	5.80
2	1	26.13	18.80	7.33
	2	27.59	19.76	7.83
3	1	27.44	18.97	8.47
	2	24.99	19.71	5.28
4	1	25.53	18.80	6.73
	2	28.59	19.36	9.22
5	1	32.26	31.93	0.33
	2	20.45	13.94	6.51
	3	27.48	22.07	5.41
6	1	14.77	6.11	8.66
	2	20.00	12.04	7.96
	3	23.47	13.07	10.40

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo a la norma MTC E-111-2000 referenciada en la ASTM D4318 establece los procedimientos para la preparación, ejecución y lineamientos en la realización del correcto ensayo, mediante la citada normativa se determinó los Límites Líquidos, Límites Plásticos y posterior determinación del Índice de Plasticidad, en el texto de título “*Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*”, (pag.34) establece rangos de Índices de Plasticidad a través de la Carta de Plasticidad (Fig.6), donde establece que para IP menores a 20% le corresponde un suelo de baja plasticidad.

3.3.3 Contenido de Sales (N.T.P 339.152:2002)

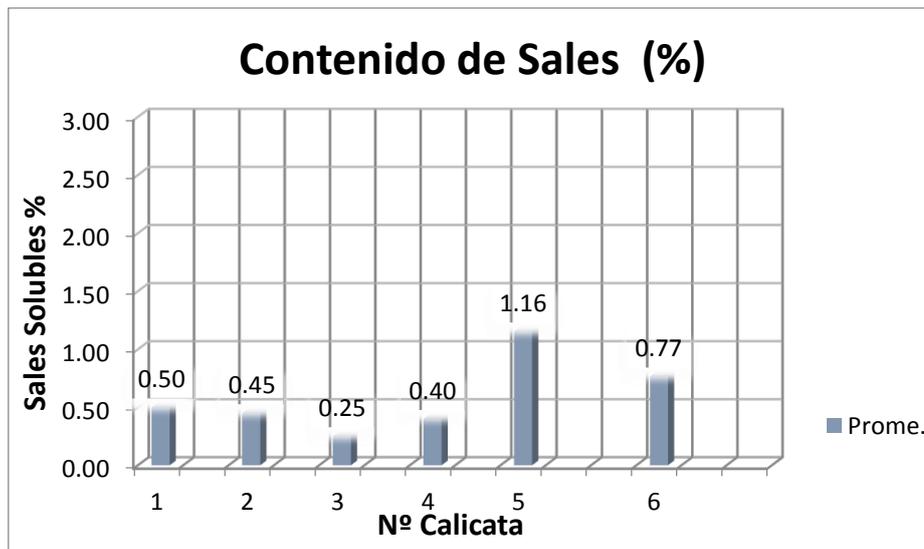


Figura 11 Consolidado de Sales solubles en suelo y agua subterránea (%)

De acuerdo a la norma N.T.P 339.152:2002 que rige los lineamientos para la determinación del contenido de sales en suelo y en agua subterránea, se obtuvieron valores tal como se muestra en la fig. N°9 que no es otra cosa que el promedio del contenido de las ya mencionadas sales para los diferentes estratos hallados en cada una de las calicatas realizadas, la cuales se obtuvieron los siguientes resultados para calicata 1, 2, 3, 4, 5, 6 son 0.50, 0.45, 0.25, 0.40, 2.18 y 0.77 respectivamente, No obstante se observó un valor pico en la calicata N°5 la cual fue 1.16 %.

3.3.4 Ensayo de Proctor Modificado (MTC E115-2000 N.T.P. 399.131)

Tabla 12

Consolidado de Ensayo de Proctor Modificado.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO				
Nº Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	Optimo cont. Humedad (%)
1	1	0.35-0.55	2.013	9.50
2	1	0.10-0.60	1.980	9.12
3	1	0.35-0.55	2.010	9.53
4	1	0.10-0.55	2.023	9.17
5	1	0.15-0.45	2.100	8.95
6	1	0.10-0.35	2.030	9.49

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo a la tabla Nº 9 del ensayo realizado mediante los lineamientos de la norma MTC E 115-2000 ó NTP 339.131 se pudo determinar los máximos valores de densidad seca que no es otra cosa que valores de máxima compactación aplicando una energía E igual a 2696 kN-m/m³ para un % máximo contenido de agua, de acuerdo a ello se obtuvo valores de 1.98 g/cm³, 8.97% como valor mínimo para calicata Nº 2 y 2.10 g/cm³, 9.45% como valor máximo para calicata Nº 5.

3.3.5 Ensayo de CBR (MTC E128-2000 ASTM D 1883)

Tabla 13

Consolidado de Ensayo de CBR (California Ratio Bearing).

ENSAYO CBR		
Nº Calicata	Espécimen	CBR (%)
1	100% MDS	17.40
	95% MDS	10.30
3	100% MDS	16.90
	95% MDS	10.30
6	100% MDS	18.40
	95% MDS	11.20

Fuente: *Elaboración propia*

La norma MTC E18 -2000 ó ASTM D 1883 que proporciona los lineamientos para la preparación, ejecución y procedimiento de cálculo para el desarrollo de ensayo CBR (California Ratio Bearing), nos permitió obtener valores CBR tal como se muestran en la

Tabla N° 10. No obstante la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, establece requisitos mínimos de los valores CBR realizados en laboratorio los cuales detallan que para pavimento flexible (presente en la zona de estudio) se deberá contar con un valor mayores o igual al 40% de CBR para un 100% de compactación de Proctor modificado para la capa de Sub base y un 80% de CBR con un 100% de compactación de Proctor modificado para la capa Base, comparándola con los valores obtenidos en la tabla N° 10, no cumpliendo para ninguna de las solicitaciones en las capas del pavimento.

3.3.6 Análisis Granulométrico por tamizado (N.T.P 339.128 ASTM D -422)

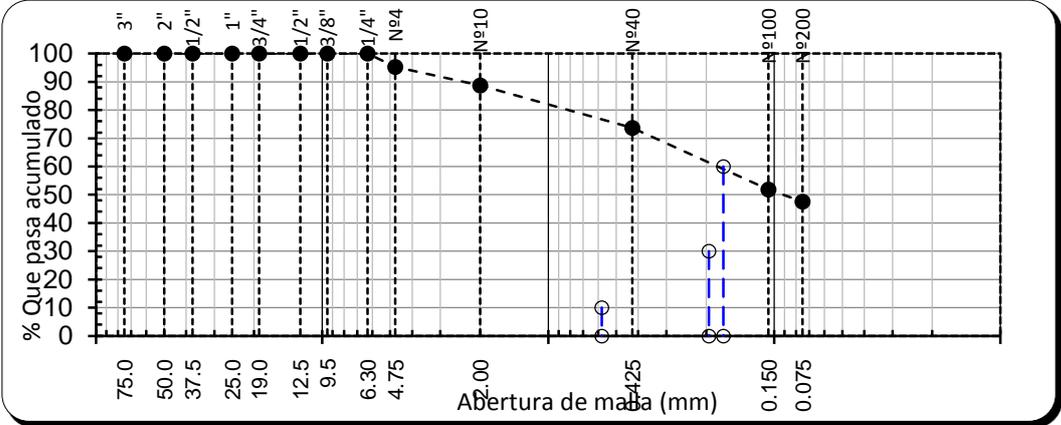


Figura 12 Representación de la distribución de partículas mediante el método de tamizado.

Tal como se muestra en la figura N° 10 la llamada curva granulométrica es la representación de los tamaños de las partículas que son retenidos en las aberturas de los diferentes números de tamices que van desde tres pulgadas (3'') de abertura 75 mm para gravas hasta la número doscientos (#200) cuya abertura es de 0.075 mm.

3.3.6.1 Clasificación de Suelos SUCS y ASHTO.

Tabla 14

Consolidado de Clasificación de suelos SUCS y ASHTO para la zona en estudio.

N Calicata	Estratos	Clasificación		Anexos
		SUCS	ASHTO	
1	1	SC	A-6 (2)	Anexo 1
	2	SC-SM	A-2-4 (0)	Anexo 2
2	1	SC	A-2-4 (0)	Anexo 3
	2	SC	A-2-4 (0)	Anexo 4
3	1	SC	A-4 (1)	Anexo 5
	2	SC	A-2-4 (0)	Anexo 6
4	1	SC-SM	A-4 (1)	Anexo 7
	2	SC	A-2-6 (1)	Anexo 8
5	1	GM	A-1-a (0)	Anexo 9
	2	CL-ML	A-4 (7)	Anexo 10
	3	SM	A-2-4 (0)	Anexo 11
6	1	SC	A-4 (1)	Anexo 12
	2	SC	A-2-4 (0)	Anexo 13
	3	SC	A-4 (3)	Anexo 14

Fuente: *Elaboración propia*

En la figura N°11 se observó el tipo de suelo hallado de la zona en estudio siendo éste donde predominó una arena arcillosa (SC) de acuerdo a la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), por otro lado la clasificación de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte (ASHTO) la divide en dos grandes grupos los cuales son: Para materiales granulares (35% o menos pasa por la malla N°200) A-1, A-2 y A-3 dividiéndose a su vez en sub grupos (a,b,4,5,6 y 7) y materiales limo-arcilla (más del 35% de la muestra que pasa la malla N°200) A-4, A-5, A-6 y A-7 denomina a un A-2-4 (0) como una arena limosa o arcillosa.

Anexo D. Cálculo de elementos de transporte de agua (Tubería)

3.4. Cálculo de elementos de transporte de agua (Tubería)

Tabla 15

Cálculo de sección de conducto (Circular).

N° Elem.	Caudal		Descripción	Parámetros iniciales			∅ tub.			Area	yc	Caudal Q		Condición
	Q (l/s)	Qm3/s		v (m/s)	s %	n	(m)	pulg.	com.	m2	m	m3/s	lt/s	Qcal>=Qreq.
1	121.42	0.121	Sumidero Calle 1 cdra 6 L/Der	2	0.025	0.013	0.267	10.5	12	0.073	0.256	0.146	145.9	cumple
1	137.53	0.138	Sumidero Calle 1 cdra 6 L/Der	2.1	0.025	0.013	0.287	11.3	12	0.073	0.271	0.153	153.2	cumple
1	108.48	0.108	Sumidero Calle 1 cdra 5 y 6 L/lzq	2	0.025	0.013	0.267	10.5	11	0.061	0.248	0.123	122.6	cumple
1	73.36	0.073	Sumidero Calle N° 25 L/Der	1.6	0.015	0.013	0.280	11.02	12	0.073	0.212	0.117	116.7	cumple
1	64.26	0.064	Sumidero Calle N° 25 L/lzq	1.6	0.015	0.013	0.28	11.02	12	0.073	0.199	0.117	116.7	cumple
1	74.97	0.075	Sumidero Calle N° 28 L/Der	1.6	0.015	0.013	0.28	11.02	12	0.073	0.216	0.117	116.7	cumple
1	54.02	0.054	Sumidero Calle N° 28 L/lzq	1.2	0.01	0.013	0.246	9.703	10	0.051	0.19	0.061	60.81	cumple
1	80.42	0.080	Sumidero Calle N° 31 L/Der	1.7	0.02	0.013	0.247	9.728	10	0.051	0.246	0.086	86.14	cumple
1	72.34	0.072	Sumidero Calle N° 31 L/lzq	1.7	0.02	0.013	0.247	9.728	10	0.051	0.215	0.086	86.14	cumple

Fuente: *Elaboración propia*

Para el cálculo de la sección de conductos se aplicó la ecuación de Manning (Ec. 6) con el cual se determinó los parámetros hidráulicos de los conductos cerrados (tuberías) como tirante normal área hidráulica velocidad, entre otros siendo estas variables de acuerdo al caudal a transportar y evacuar.

Anexo E. Expediente Técnico

3.5 Elaboración del Expediente Técnico

Expediente Técnico

1.- Resumen ejecutivo: Debido a las fuertes precipitaciones y una inadecuada red de drenaje pluvial y las deterioradas vías, se elaboró un sistema capaz de cumplir y satisfacer las necesidades de la zona en estudio para ello se planteó la construcción de nuevas vías con pendientes adecuadas (1% a 5%) que satisfagan la evacuación de la escorrentía superficial, además de precisar los parámetros vigentes para mejorar el sistema de transitabilidad de peatones, vehículos y drenaje pluvial en la Urb. La Pradera – Distrito de Pimentel – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque.

2.- Memoria Descriptiva: En la urb. La Pradera y los Cedros de la Pradera (Lambayeque) se cuentan con vías asfaltadas, las cuales debido a las intensas lluvias se vieron afectadas, para se formula la implementación de una red de drenaje pluvial urbano la cuenta está compuesta de cunetas de sección rectangular cuyas pendientes satisfacen la necesidad de evacuar las aguas de lluvia de manera segura y optima, los cruces de calles y avenidas se aplicara el uso de rejillas para asegurar la transitabilidad vehicular y peatonal.

3.- Especificaciones Técnicas: Los parámetros empleados para el desarrollo del proyecto se tomaron las normas vigentes en nuestro país, para la construcción de la geometría de vías se respetó parámetros del manual de Diseño geométrico de carreteras 2018, así como los ensayos para los estudios de suelos, también se tomó en consideración la CE 0.10 de Pavimentos urbanos, la OS 0.60 Drenaje Pluvial Urbano considerando todos los lineamientos que la mencionada contempla todo esto se refleja en el proyecto desarrollado de la Red de Drenaje Pluvial Urbano en Urb. La Pradera-distrito de Pimentel-Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque.

4.- Impacto Ambiental: El presente proyecto no tiene impacto ambiental considerable, puesto que las intervenciones no alteran los componentes del ecosistema, como del medio físico urbano, debido a que este ya se encuentra debidamente lotizado de acuerdo a parámetros urbanos correspondientes de la ciudad.

Sin embargo tendrá impacto en el medio social, puesto que promoverá y dinamizará las actividades comerciales, sociales de la Urb. La Pradera del distrito de Pimentel

Los impactos ambientales que se generarían durante la ejecución de los trabajos son:

Fuertes ruidos por el trabajo con maquinaria pesada, y elevados niveles de polvo generado por el movimiento de tierras para conformación de base y corte de pavimentos encontrados en la zona.

Las acciones de mitigación a realizar para minimizar dichos impactos son las siguientes

Acciones de riego antes, y después de realizado el movimiento de tierras en el proceso de carguío.

Para mitigar los ruidos elevados de la operación de maquinaria pesada temporal, se establecerá el trabajo en jornadas de 8 horas diarias al día, aprovechando que en éste horario la población adulta se encuentra fuera de sus viviendas en sus centros de trabajo y la población infantil está en sus centros educativos para el proyecto de la Red de Drenaje Pluvial Urbano en Urb. La Pradera

5.- Metrados: Para el desarrollo del Diseño de la Red de Drenaje Pluvial Urbano en urb. La Pradera el proyecto presentó un total de 2836 m. de veredas, así como también 2675 m. de vías y 2675 m de cunetas la cual servirá para evacuar las aguas de lluvia en caso de que éstas se presenten.

6.- Presupuesto: Establecer de qué está compuesta (composición cualitativa) y cuántas unidades de cada componente se requieren (composición cuantitativa) para, finalmente, aplicar precios a cada uno y obtener su valor en un momento dado.

6.1.- Presupuesto Referencial: El monto total de proyecto a la presente fecha (julio de 2018) es de S/.9' 057,497.75

6.2.- Presupuesto Analítico: Comprende el presupuesto desagregado por especialidad aquí encontramos el costo de vías así como el de cunetas.

7.- Fórmula Polinómica: Se contempla dicha fórmula para el cálculo y valor de los reajustes en los precios (si lo existiera) que experimentan los presupuestos de obra en el tiempo, el presente proyecto está compuesto de cuatro monomios los cuales se detallan en el desarrollo del expediente realizado.

8.- Análisis de Precios Unitarios: APU es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda de una situación relacionada con una actividad llevada a cabo en el proyecto. También considerada como una unidad dentro del concepto "Costo de Obra"

9.- Cronograma: Representación gráfica de actividades llevadas a cabo en el proyecto de Red de Drenaje Pluvial en Urb. La Pradera-Distrito de Pimentel-Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque en función al tiempo el cual será de 120 días calendario.

10.- Estudios Básicos

10.1.- Estudios topográficos: La zona en estudio se encuentra en los 6°46'48.39" Latitud Sur, 79°52'52.34" Longitud Oeste y en los 6°46'46.13" Latitud Sur y 79°53'4.32" Longitud Oeste la topografía se considera llana debido a q las pendientes no superan el 10%.

10.2.- Estudio de suelos: Se realizó diferentes ensayos para conocer y entender el comportamiento del material en su forma natural del terreno de fundación, hallando como composición predominantes los limos y arcillas (LM) según la clasificación SUCS, también el nivel de agua subterránea (Napa freática) se encontró elevada es decir a 1.20 m aproximadamente es decir un contenido de humedad elevada, todo esto se realizó con el fin de desarrollar la Drenaje Pluvial en Urb. La Pradera-Distrito de Pimentel-Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque

10.3.- Estudio hidrológico: La cuenca del Rio Chancay no tiene mayor influencia en la zona de estudio, pero por la topografía, se convierte en una zona inundable cuando se producen eventos naturales (Fenómeno del Niño), para la estimación de caudales de diseño se realizó un estudio hidrológico, a través de métodos estadísticos para poder conocer el volumen de agua a evacuar.

10.4.- Estudio Hidráulico: Se optó por un sistema de cunetas de sección rectangular cuyas velocidades varían en diferentes tramos.

10.5.- Estructura de pavimento: La estructura del pavimento cuenta con base, sub base y una carpeta de rodadura de 2" el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico del proyecto a ejecutar.

11.- Planos: Se presentaron planos de ubicación, del área con proyecto, así como los desarrollos y detalles de vías, veredas y cunetas.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

IV. Discusión

1.- La norma OS.060 establece que las pendientes mínimas de diseño de acuerdo a los diámetros, deberá cumplir una velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno. (f.9. Pendiente mínima). Por otro lado en el ítem 6.4.2 de la mencionada norma establece que para pendientes iguales o mayores a 2% tendrán una depresión mínima de 15 cm y se reducirá a 10 cm cuando la pendiente sea menor a 2%. En la zona en estudio de acuerdo a la topografía realizada se encontró pendientes menores a 2% en determinadas zonas y mayores a 2% en otras, por este motivo se planteó un sistema con dos tipos de conductos; es decir tramos que trabajarán con tubería (conductos cerrados) y otros que serán con cunetas (conducto abierto). Logrando así una mayor eficiencia en toda la red de drenaje.

2.- En el estudio hidrológico y cálculo de caudales de escurrimiento se aplicó el método Racional tal como lo establece la norma OS.060 para un área de drenaje menor a 13 km². No obstante se hizo una comparación con otros métodos empíricos como son: método de Kresnik, Dikens, Fanning y Mac Math dando como resultado que cada uno de ellos difiere del método aplicado en la investigación (Método Racional).

Se planteó las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) dichas curvas nos permitieron obtener una intensidad de 48.03 mm/hr para un periodo de retorno de 25 años, para un Tc (tiempo de concentración) igual a 60 minutos (1 hora) hallados según la fórmula de Kirpich.

3.- Para el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se determinó características físicas mecánicas de los mismos por medio de diferentes ensayos ya normados. Los valores encontrados permitieron a la investigación a conocer las condiciones en las que se encuentran los suelos del área en estudio y lograr así plantear medidas para la mejora de éstos por citar un ejemplo el contenido de humedad por encima del 15%, como consecuencia del nivel de la napa freática que se determinó a 1.20 m aproximadamente en 5 de las 6 calicatas realizadas, otro resultado es el de CBR y Proctor Modificado cuyos valores no cumplen con los requisitos mínimos de la norma CE.010 tabla N° 30 del ítem 4.3.2 (Pavimentos Urbanos) cabe mencionar que el muestreo y posterior obtención del material estudiado se realizó en las jardineras que se ubican en un costado de la vía donde se plantea el diseño de la Red de Drenaje Pluvial Urbano, lo cual no se puede afirmar en las condiciones que se encuentran las vías, pero si tener una referencia muy cercana.

4.- En la estimación del elemento conductor de las aguas de lluvia, llámese cunetas o tuberías tienen un elemento en común que para ambos casos el Sistema de Evacuación es por

Gravedad, es decir está en función de la pendiente y puntos de recolección y de vertido, en el caso de tuberías presenta dificultades ya que se debe garantizar una velocidad mínima de 0.90 m/s trabajando a tubo lleno con el objetivo de evitar sedimentaciones de las partículas finas y gravas que se encuentran sobre la superficie que discurren las aguas de lluvia como veredas, pistas, parques, etc. en su recorrido, y evitar una velocidad excesiva de 6 m/s para el tipo de material Cloruro de Polivinilo (PVC) (OS.060 Tabla N° 3) para lograr estos requisitos se tendrá que incrementar la pendiente lo que conlleva a un incremento excesivo de pendiente de la superficie del terreno, en la elección de conductos abiertos (Cunetas), estas no invadirán la sección de berma, aquí se presenta un problema mayor debido a que en la región no hay un diseño urbano que contemple una sección para el diseño de estos tipos de proyectos.

5.- El Expediente Técnico se harán las revisiones pertinentes por especialistas capaces de demostrar y dar confiabilidad a los estudios y resultados de los mismos. Siguiendo los lineamientos y parámetros que lo estipula OSCE (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

V. Conclusiones

1.- El emplazamiento del Diseño de la Red de Drenaje Pluvial Urbano, cuenta con una área de 14.81 hectáreas con un área de influencia de 4.11 hectáreas, el tipo de terreno es plano así lo clasifica la norma OS.060 tabla 1c, debido que en el estudio se encontró depresiones máximas de 0.30 m equivalente a 0.17% como máximo no superando el 5% que lo estipula la norma como pendiente Plana, no obstante para satisfacer la necesidad de evacuación se planteó pendientes que superen las encontradas en la zona en estudio.

2.- El cálculo de caudales máximos de escurrimiento superficial y su posterior conducción y evacuación se realizó con el Método Racional, siendo válido para áreas menores a 13 km², dichos caudales no superan los 200 lts/s para un Periodo de Retorno de 25 años, cabe mencionar que se trabajó como un Drenaje Urbano Mayor, que evacuan caudales con poca frecuencia de ocurrencia, como es el caso del Fenómeno del Niño cuya ocurrencia son cada 15 a años, es por ello la elección del tipo de drenaje.

3.- En la realización del estudio de Mecánica de Suelos se logró clasificarlo dando como resultado que el tipo de suelo que prepondera es el de una Arena Arcillosa de baja plasticidad, además de no cumplir con el ensayo CBR y Proctor estipulado en la norma CE.010 (Pavimentos Urbanos), por lo tanto se recomienda el mejoramiento de la zona en estudio, remplazando parcial o en su totalidad dicho material.

4.- El sistema está compuesto por una red de flujo a conducto abierto (cunetas) de sección rectangular de sección variable, para los cruces de avenidas, pasajes, calles se dispuso de rejillas con el propósito de asegurar la transitabilidad vehicular y peatonal .

5.- En la elaboración del Expediente Técnico contempla los estudios básicos y definitivos para el Diseño de la Red de Drenaje, capaces de satisfacer la necesidad de atender las necesidades de la zona afectada.

CAPÍTULO VI
REFERENCIAS

VI. Referencias

De Grado, P., Zubiri, F., Supervisor, A. M., & Prada, J. J. (2014). Facultad de Ingeniería. Retrieved from <https://www.fing.edu.uy/inco/grupos/pln/prygrado/InformePGRepositorios.pdf>

Fernanda, L., & Carreño, B. (2015). No Title.

Jovenes, P., Sur, D. E. L., Distrito, D. E. L., Victoria, D. E. L. A., & Chiclayo, P. D. E. (n.d.). Tomo 1 .,

Llanco Sedano, B., Humberto BACH SICUS QUISPE, J., Rivelinho ASESOR, Y., Guzman Ibañez, I., & Salvador, C. (2013). *Universidad Nacional De Huancavelica. LLANCO SEDANO, James Humberto.*

Martinez, G. (2013). Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenible “Suds” Como Alternativa De Control Y Regulación De Las Aguas Lluvias En La Ciudad De Palmira”, 125.

Os, N. (2006). NORMAS LEGALES, 54–77.

Pluvial, D., & Urb, D. E. L. A. (2013). Rudy Rolandy Granda Acha.

Thomas, A. P. (2014). Sostenible En La Rehabilitación Del Espacio Urbano, (Edición).

Os.060 Drenaje Pluvial Urbano

Anexos
Levantamiento Topográfico



Figura 13 Estación Total Leica TS06- Inicio Levantamiento Topográfico



Figura 14 Lectura de Cotas de Tapas de Buzones



Figura 15 Estación 1 Lectura de Cotas de tapas de Buzones (Rasante)



Figura 16 Estación 2 Cotas de rasante de calles



Figura 17 Estación 3 Cotas de Calles y Parques



Figura 18 Estación 4 Cotas de calles

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)

Exploración de Suelos



Figura 19 Excavación de Calicata (h=1.50m)



Figura 20 Excavación determinación de Estratos

Ensayos de Suelos (Laboratorio USS)



Figura 21 Extracción de muestras para su posterior pesado



Figura 22 Trituración de muestras para tamizado



Figura 23 Determinación de Limite Líquido



Figura 24 Determinación de Límite Plástico



Figura 25 Ensayo de Granulometría



Figura 26 Colocación de muestras en máquina agitadora para determinación del Contenido de Sales



Figura 27 Preparación de muestras de Sales



Figura 28 Lectura de Penetración para CBR