

**"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**

**(Creada por Ley N° 25265)**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE CIVIL (HUANCAMELICA)**



**TESIS**

**"DISEÑO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE  
SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS  
Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE  
QUINTANILLAPAMPA"**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
CIUDADES SOSTENIBLES**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
SOTO ESPINOZA, Anderson Lenin**

**ASESOR:  
MSc. Freddy Martin MARRERO SAUCEDO**

**CO - ASESOR:  
Ing. Carlos GASPAS PACO**

**HUANCAMELICA - PERÚ  
2013**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



194

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 14 días del mes de mayo del año 2013, a horas 5:00 p.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Lic. José Eduardo SALDAÑA DIAZ (PRESIDENTE)**, **Ing. Enrique Rigoberto CAMAC OJEDA (SECRETARIO)**, **Ing. Marco Antonio LOPEZ BARRANTES (VOCAL)**, **Ing. Uriel NEIRA CALSIN (ACCESITARIO)**, designados con la resolución de Decano N° 014-2013-FCI-UNH, de fecha 10 de enero del 2013, y ratificados con la Resolución de Decano N° 131-2013-FCI-UNH de fecha 09 de mayo del 2013, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "DISEÑO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA", presentado por el Bachiller **Anderson Lenin Soto Espinoza**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del M.Sc. **Freddy Martin MARRERO SAUCEDO**, Asesor y al Ing. **Carlos GASPAR PACO** como Co Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 5:50 P.M.; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO  POR..... MAYO 2013 .....

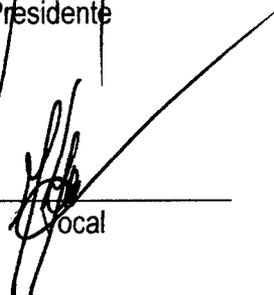
DESAPROBADO

APROBADO  POR.....

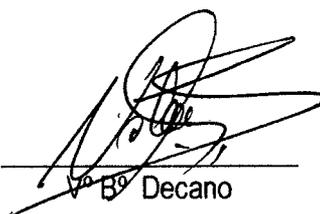
DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos a continuación:

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Bº Decano

*A mi familia en general, por el apoyo y cariño que me brindan incondicionalmente.*

*A mis amigos, por ser parte de mi vida, de mis momentos tristes y alegres, por apoyarme y nunca dejarme caer, por estar siempre ahí.*

*A Dios, por ser quien guía mi camino y ser el sendero de luz y la verdad.*

***Anderson Lenin.***

## AGRADECIMIENTO

- A mi alma Mater La Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Civil - Huancavelica.
- Al Ing. Carlos Gaspar Paco, y MSc. Freddy Martin Marrero Saucedo, que sin ayuda de ellos no habría sido posible la realización de este trabajo.
- A mis padres, cuya orientación y ejemplo nos han guiado por el camino correcto.
- A mis hermanos, por sus buenos deseos, apoyo y compañía.
- Al Bachiller Anderson L. Condori Paytan, por su apoyo técnico en la realización de los estudios hidrológicos e hidráulicos de la zona en estudio.
- A mis amigos y a todas aquellas personas que me apoyaron en la culminación de la presente.
- A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Civil – Huancavelica, por sus enseñanzas y los consejos durante los años de estudio.
- A Dios, por llevarme a su lado con alegría a lo largo de esta vida, con gozo y oportunidades para avanzar hacia nuestros objetivos y mis logros.

El Bachiller.

## ÍNDICE

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1	Planteamiento del problema.....	01
1.2	Formulación del problema.....	02
	1.2.1 Problema general.....	02
1.3	Objetivo de la investigación .....	02
	1.3.1 Objetivo general.....	03
	1.3.2 Objetivo específicos.....	03
1.4	Justificación .....	04

#### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes.....	05
2.2	Bases teóricas .....	06
	2.2.1. Origen de las aguas subterráneas.....	06
	2.2.2. Aguas subterráneas en el Perú y el mundo.....	09
	2.2.3. Dinámica de las aguas subterráneas.....	17
	2.2.4. Factores del movimiento de aguas subterráneas.....	23
	2.2.5. Relación de aguas superficiales y aguas subterráneas....	27
	2.2.6. Ley de Darcy y coeficiente de permeabilidad.....	27
	2.2.7. Drenajes sintéticos .....	29
	2.2.8. Generalidades de los sistemas de drenaje.....	30
	2.2.9. Información geológica y de suelos .....	34
	2.2.10. Criterios de diseño y análisis de drenajes subterráneas...	46
	2.2.11. Definición .....	54
	2.2.12. Sistemas de drenaje y su origen.....	55
	2.2.13. Tipos de sistema de drenaje.....	56

2.3	Hipótesis .....	58
2.4	Definición de términos.....	58
2.5	Identificación de variables.....	64
	2.5.1. Variables independientes .....	64
	2.5.2. Variables dependientes .....	64
2.5.3.	Definición operativa de variables e indicadores .....	65

### **CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1	Ámbito de estudio.....	66
3.2	Tipo de investigación.....	68
3.3	Nivel de investigación .....	69
3.4	Método de investigación.....	69
3.5	Diseño de investigación.....	69
3.6	Población, muestra, muestreo.....	70
3.7	Procedimiento de recolección de datos.....	73

### **CAPITULO IV: RESULTADOS**

4.1	Presentación de resultados.....	131
4.2.	Descripción de resultados.....	136
4.3	Discusión.....	140

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

### **ANEXOS**

### **PLANOS**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de presentar un diseño y una evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo de dren francés y tipo sintético en el sector de Quintanillapampa, distrito de Ascensión de la provincia y departamento de Huancavelica, delimitando zonas de condición crítica y habitable para evacuar el agua subterránea del sector en estudio, con el propósito de que sean tomados como referencia en futuros estudios con fines de construcción y contar con información para una adecuada gestión de obras civiles y proporcionar la construcción de viviendas en el sector mencionado. En primer lugar se realiza una revisión del contexto de la estratigrafía de los suelos; también se realiza el estudio hidrológico e hidráulico para el cálculo del caudal superficial y subterráneo que se presenta en dicho sector, luego se presenta los resultados de la investigación, teniendo en cuenta la información recopilada así como la realizada en este estudio. Donde las zonas: zona 1 y zona 2, son las que presentan condiciones más críticas, ya que presentan suelos arenosos, altamente orgánicos (turba) de niveles freáticos altos, lo que provocaría licuefacción de suelos y asentamientos diferenciales. De esta manera se pretende realizar las cimentaciones comunes rebajando el nivel freático, hasta una profundidad permitible para la construcción de viviendas y demás obras civiles, economizando de esta manera la construcción, evitando construir cimentaciones caras como: vigas, plateas o losas de cimentación, pilotes, etc.

Esta información será de gran utilidad en la planificación del crecimiento urbano del sector Quintanillapampa, de igual manera, nos permitirá conocer las propiedades y características de la zona para proponer futuras construcciones en este sector.

## ABSTRACT

This intends to present a design and a comparative evaluation of drainage systems and type of French drain synthetic type Quintanillapampa sector, district Ascension province and department Huancavelica, defining critical areas and habitable condition to evacuate groundwater sector under study, in order to be taken as reference in future studies for construction and have adequate information for management of civil works and provide housing on such matters. First we review the context of soil stratigraphy, also performed hydrologic and hydraulic study for the calculation of surface and subsurface flow that occurs in that sector, then presents the results of research, taking into the information gathered so as performed in this study. Where zones: zone 1 and zone 2, where conditions are more critical, since they have sandy soils, highly organic (peat) of high water tables, causing soil liquefaction and differential settlement. This approach is intended to perform the common foundations lowering the water table to a depth allowable for housing construction and other civil works, thus saving construction, avoiding expensive as building foundations, beams, stalls or foundation slabs, piles , etc.

This information will be useful in planning for urban growth Quintanilla Sector Pampa, likewise for the properties and characteristics of the area and propose future construction in this sector.

107

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación tiene como título: **"DISEÑO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTETICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"**, realizado con la finalidad de conocer la estratigrafía del suelo, con sus respectivas propiedades y características básicas, así mismo para obtener la permeabilidad de cada estrato y calcular el caudal necesario para evacuar. Además realizar el estudio Hidrológico e Hidráulico para determinar las máximas avenidas que afectan el Sector de Quintanilla Pampa, para captarlo y evacuarlo, de esta manera contar con información para una adecuada gestión territorial que tienda a mitigar problemas que se presenten a futuro en las diversas obras civiles. Para tal fin se llevó a cabo un trabajo previo de recopilación de información de estudios de mecánica de suelos, datos de precipitaciones (SENAMHI), y procesos constructivos realizados en el área de estudio, seguido un programa de exploración de campo y trabajos de gabinete en laboratorio para determinar las características y propiedades básicas de los suelos encontrados en las zonas críticas elegidas. Se ha observado que las construcciones actuales están en condiciones deplorables ya que en épocas de lluvia sufren la clemencia de las lluvias causando deficiencias estructurales por causa de niveles freáticos altos.

fel

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El aumento de la periferia de las ciudades, de manera descontrolada, por el éxodo rural que migra hacia las ciudades en búsqueda de empleo y mejores calidades de vida, estos barrios generalmente, están desprovistos de seguridad, de infraestructura tradicional de agua, drenaje, transporte y desagüe<sup>1</sup>.

Se realizó un estudio de tesis<sup>2</sup> en el lugar de investigación, zonificando el sector de Quintanillapampa del distrito de Ascensión, en Zona I, Zona II, Zona III y Zona IV, describiendo el tipo de suelo que se encuentra en dichas zonas y localizando los

---

<sup>1</sup> GESTION DE INUNDACIONES URBANAS, Carlo E. M. Tucsi

<sup>2</sup> Tesis: Microzonificación del Sector Quintanilla Pampa del Distrito de Ascensión, Provincia y Región de Huancavelica

185

niveles de napa freática a una altura de  $H = 1.50\text{m}$ ,  $H = 1.30\text{m}$ , no presenta napa freática y  $H = 2.00\text{m}$ , respectivamente.

En la actualidad, se viene ejecutando construcciones sin previo análisis del suelo y sin conocimiento sobre la napa freática que existe en la zona, las cuales a posterior presentaran asentamientos y agrietamientos en las estructuras, por ello es la necesidad de realizar el previo estudio, para así evacuar el agua subterránea dentro del área crítica determinada.

La elevación del agua subterránea debido a las lluvias intensas que se tiene en la ciudad de Huancavelica ha causado inundación de viviendas, aumento de la humedad en viviendas, funcionamiento inadecuado de sistemas de saneamiento in situ, sobrecarga y desbordamiento de alcantarillas, y trastornos a la infraestructura urbana. Las dificultades sociales, los riesgos a la salud y el costo económico relacionado van en aumento, pero las acciones para mitigar el problema, aunque bien intencionadas, han sido poco sistemáticas<sup>3</sup>.

De esta manera es primordial realizar un sistema de drenaje subterráneo y superficial a fin de evacuar estas aguas de las zonas críticas y habitables. Se debe considerar importante la eliminación y disminución de la napa freática ya que esto conllevará a construir estructuras con cimentaciones apropiadas que reflejen la realidad del suelo del sector en estudio.

---

<sup>3</sup> Análisis del Tesista sobre la realidad de la zona en Estudio

104

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Cómo optimizar la evacuación del agua subterránea y superficial en el Sector de Quintanillapampa en el Distrito de Ascensión?

## **1.3. OBJETIVOS:**

### **GENERAL:**

- Proporcionar un diseño y una evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo dren francés y tipo sintético en el sector de Quintanillapampa.

### **ESPECIFICOS:**

- Determinar la estratigrafía de los suelos en dicho sector.
- Recolectar toda la información necesaria (entrevistas, encuestas, documentación existente, etc.).
- Determinar las fuentes causantes que generan las inundaciones y filtraciones en dicho sector.
- Delimitar la zona tanto topográficamente y en los lugares críticos.
- Realizar diseños y cálculos para la evacuación del agua subterránea y superficial.
- Establecer diferencias tanto técnica y económicas entre los sistemas de tipo dren francés y drenaje sintético (uso de geotextil).
- Calcular los costos de instalación y diferencias en los materiales usados.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

Hasta la fecha no se encuentra una información confiable debido a la solución del agua subterránea que se encuentra en el sector de Quintanillapampa, originado por la existencia de una laguna seca, apreciándose que la napa freática esta debajo del nivel de terreno natural a una altura de 0.50 m. – 1.00m de acuerdo a los estudios realizados alrededor de dicho sector, contrastando con la visita de campo para poder verificar in situ, y se pudo constatar la presencia de humedad y aguas estancadas en gran parte del sector de Quintanillapampa, principalmente en épocas de lluvias, debido a que el suelo se satura y tiende a salir a la superficie (fenómeno tubular del agua).

La situación negativa que afecta directamente a la población de Quintanillapampa es la carencia de sistema de drenajes tanto pluvial y la eliminación de la napa freática, existiendo humedad en la zona que perjudica las viviendas en su deterioro, cuyos afectados son los pobladores de esa zona. La humedad de las viviendas afecta a la población la cual tiene presencia de enfermedades respiratorias y otras que los perjudica debido a aguas acumuladas, pues esta no solo genera malos olores, sino peligro de propagación de enfermedades a través de diversos vectores de contagio como insectos, perros vagabundos, entre otros, y que puede devenir en la propagación de enfermedades, del que los más afectados resulten ser niños en edad escolar.

Es por eso que la justificación del proyecto radica en que, si se ejecuta la opción planteada en el presente estudio, la salud de los moradores se verá beneficiada por la prestación de estos servicios, por lo tanto, se logrará mejorar su calidad de vida.

182

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

La presente investigación **“DISEÑO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DE DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA”** tiene sus antecedentes en la carencia de un sistema de drenaje, tanto pluvial y subterránea, y la existencia de humedad en la zona perjudicando las viviendas en su deterioro, cuyos afectados son los pobladores de esa zona, que se ven imposibilitados en su desarrollo urbano.

Uno de los problemas existentes en la actualidad, en el entorno de las ciudades, es la pérdida de superficie permeable como consecuencia de la urbanización que se realiza en las mismas. Esta urbanización conlleva la impermeabilización de zonas extensas

que, con anterioridad y de forma natural, eran capaces de gestionar el agua de lluvia que recibían<sup>4</sup>.

La humedad de las viviendas afecta a la población, la cual tiene presencia de enfermedades respiratorias y otras que los perjudica debido a la carencia de un sistema de drenaje, lo que en realidad se ha evidenciado durante el trabajo de campo realizado; también las aguas acumuladas, pues esta no solo genera malos olores, sino peligro de propagación de enfermedades a través de diversos vectores de contagio como insectos, perros vagabundos, entre otros, y que puede provenir en la propagación de enfermedades, del que los más afectados podrían resultar los niños en edad escolar.

## **2.2. BASES TEÓRICAS:**

### **2.2.1. ORIGEN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS:**

#### **a) Procedencia de las aguas subterráneas:**

Ellas proceden de la precipitación y la condensación, excepto otras como las aguas connatas o fósiles (sedimentarias) y las juveniles (magmáticas).

#### **➤ Aguas de precipitación:**

Las aguas de precipitación, debidas al ciclo del agua, se originan principalmente en la superficie de los mares que poseen 365 millones de km. cúbicos de agua y el 73% de la superficie de la Tierra. El siguiente gráfico muestra para una temperatura determinada cuántos gramos de agua carga un metro cúbico de aire.

---

<sup>4</sup> SISTEMAS URBANOS DE DRENAJES SOSTENIBLE (SUDS).

100

Conociendo la superficie de la cuenca entera se mide el índice pluviométrico, el índice de salida de agua y el déficit de salida de agua. El índice pluviométrico está dado por la altura de agua en milímetros que cae sobre la cuenca en un año. El índice de salida del agua está dado por la altura en milímetros que transportan cada año los ríos y varía con el índice pluviométrico. La diferencia entre estos dos índices es el déficit de salida de agua y corresponde exactamente a la cantidad evaporada (evapotranspiración) y a la cantidad infiltrada en el suelo; éste índice es prácticamente constante pero varía mucho según la región y el clima.

➤ **Las aguas de condensación:**

Para muchos hidrólogos la condensación del vapor de agua en el interior del suelo desempeña una función poco importante en la formación de las aguas subterráneas, incluso consideran que los rocíos internos no deben intervenir en los caudales. Pero esta participación, la de las aguas de condensación internas y externas presenta características diferentes e importantes según se trate de un terreno abundantemente permeable (calizas fisuradas, por ejemplo) o de un terreno de escasa permeabilidad (arenas) o compuesto de capas porosas impregnadas de arcilla coloidal cuya naturaleza permite la fijación de agua, incluso cuando el aire superficial no alcanza un 100% de humedad.

➤ **Otros orígenes de las aguas subterráneas:**

Después de los dos principales e indiscutibles procesos de formación de las aguas subterráneas que se acaban de señalar, conviene mencionar algunos otros. Entre las aguas termales están las aguas juveniles que se han formado en profundidad sin haber estado antes en superficie. Estas representan el residuo de la consolidación de los magmas eruptivos próximos a la superficie, cuya exhalación es una solución hidratada caliente,

179

conteniendo gases a alta presión que contribuirán al rápido ascenso de las aguas.

**b) Propiedades de las aguas subterráneas:**

➤ **Temperatura:**

Las aguas subterráneas gozan, por lo general, de una constancia de temperatura que las aguas de circulación superficial no pueden poseer nunca, sometidas como están a evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y el terreno de superficie, radiación solar, etc. En las aguas de capas (porosidad primaria) tienen temperaturas que varían mucho con la extensión y penetración de la capa en el suelo. Si no hay influencia térmica de aguas superficiales, un agua de capa que circule muy lentamente por un estrato impermeable situado a 100 m de profundidad poseerá una temperatura superior en dos o tres grados a otra que se encuentre en un terreno compacto situado solamente a 30 m abajo de la superficie, según la ley del gradiente geotérmico.

➤ **La conductividad eléctrica:**

Es variada según los intercambios químicos y aportes de agua exterior, e informa sobre su riqueza en electrolitos disueltos.

➤ **La turbidez y transparencia:**

Estas propiedades de las aguas de circulación varían en muchas ocasiones con su caudal. Las aguas de capas, contrariamente permanecen transparentes casi siempre por la filtración del sistema. Las de calizas presentan características intermedias entre las aguas de circulación y las de capas, dependiendo de la evolución del terreno calcáreo. Si el color es, por regla general, muy débil, cuando están cargadas con sales de hierro, el sabor de unas aguas depende de las sales y de los gases en suspensión o

solución. El olor de las no termales, resulta, por lo general, inodoro cuando son potables o fétido, similar al del hidrógeno sulfurado, cuando proceden de charcas por la descomposición de material orgánico.

➤ **Composición:**

Desde el punto de vista químico cada fuente tiene una composición que depende de la constitución de las zonas subterráneas atravesadas y que le cede con las que ha intercambiado sustancias. Las sales alcalinas son muy frecuentes; el cloruro de sodio se encuentra casi siempre y en cantidad generalmente aceptable para la alimentación humana. Los sulfatos alcalinos son más raros. El carbonato de calcio, con el sulfato de calcio son los elementos minerales más importantes de las aguas subterráneas. La dureza del agua, por la presencia de sales alcalino-terrosas, como las de calcio y magnesio, se modifica en las diferentes regiones.

## **2.2.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL PERÚ Y EL MUNDO:**

### **a) Situación de las aguas subterráneas en el Perú:**

En forma paradójica, las aguas subterráneas son casi desconocidas y están prácticamente inexploradas en el Perú. La evaluación de los recursos hidrológicos subterráneos son muy escasos, habiéndose efectuado algunos estudios en la región costa mayoritariamente, siendo estos en: Tumbes, Alto Piura – Huanacabamba, Motupe – Olmos – La Leche, Chancay Lambayeque, Chicama, Moche – Virú – Chao, Santa – Lacramarca, Pucallpa, Nepeña – Casma – Huarney, Chancay – Huaral, Mala – Omas – Cañete, Chíncha – Pisco, Ica, Palpa – Nazca, Acari – Yauca – Puquio y Tacna. Además se han realizado estudios de aguas subterráneas con diversos fines, algunos de estos estudios realizados por el IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear) son los siguientes:

- Hidrodinámica del acuífero de Lima, en donde se determinaron los tiempos de residencia de las aguas subterráneas y se delimitó las áreas de recarga provenientes de los ríos Rímac y Chillón.
- Origen de aguas del Túnel Graton, habiéndose determinado que parte importante de esta agua proviene de la cuenca alta del río Mantaro y que las aguas del Túnel, no están conectadas con el río Blanco.
- Determinación de los tiempos de residencia y mecanismo de recarga del acuífero de Lima – sector río Chillón.
- Estudio hidrológico del Altiplano Sur, lográndose determinar los tiempos de residencia de las aguas subterráneas y su interrelación con aguas de lagunas, ríos y lluvia de la zona, asimismo se desarrolló una primera hipótesis de la hidrodinámica de los acuíferos regionales Capillune y Maure.
- Estudio del potencial geotérmico del Altiplano Sur, donde se determinó que las temperaturas de las aguas termales de la zona de Borateras son lo suficientemente altas para su explotación con fines energéticos.
- Estudio del origen de filtraciones de agua en túneles de conducción en la central hidroeléctrica Charcani-VI.
- Estudio de velocidad y dirección de flujo de aguas subterráneas en la presa Yuracmayo.
- Determinación de pérdidas en el túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Charcani V.
- Estudio del origen de aguas del manantial “Morro de Arica” en Cañete.

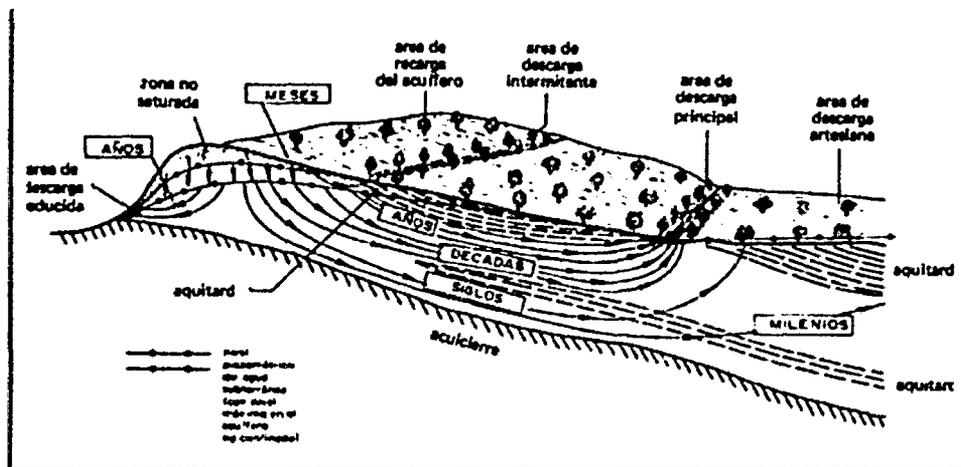
En general, el siguiente cuadro sintetiza los datos de reservas explotables y explotación actual:

**Tabla 1: Características de las cuencas de drenaje por vertiente hidrográfica**

Cuenca de drenaje	Población (%)	Disponibilidad de agua (km <sup>2</sup> )	Disponibilidad de agua per cápita (m <sup>3</sup> )	Consumo de agua en agricultura (%)
Pacífico	70	37,4	2027	53
Atlántico	26	1998,7	291703	32
Titlacaca	4	10,1	9715	13
Total	100	2046,3	77534	98

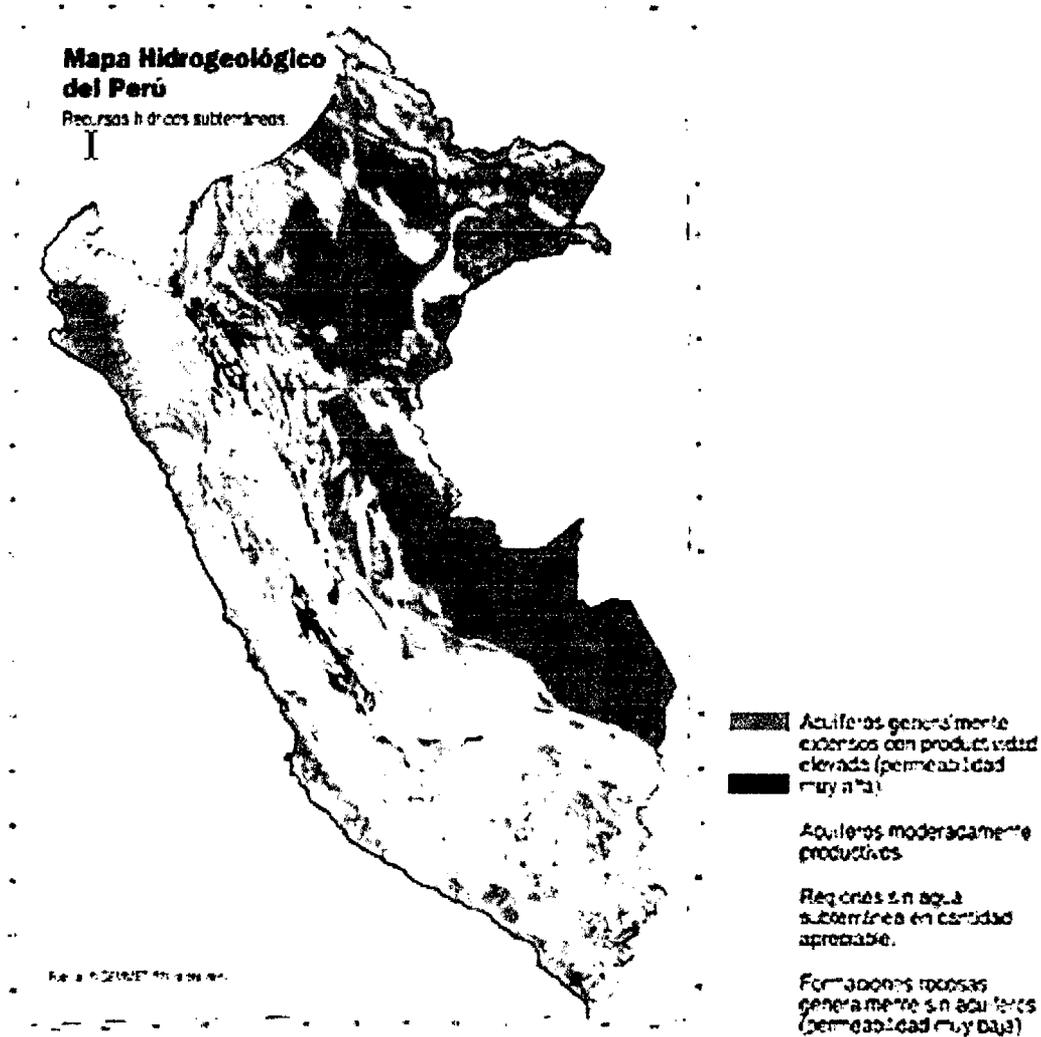
El agua subterránea tiene su propio ciclo hidrogeológico, así como sus mecanismos de recargas, que muchas veces pueden tardar miles de años, lo cual representa un recurso valioso y potencialmente útil, pero a la vez frágil, este recurso usado adecuadamente puede representar un gran impulso al desarrollo de las actividades económicas del país. El flujo del agua subterránea se muestra a continuación en la figura 1.

**Figura 1: Corte hidrogeológico mostrando el flujo del agua subterránea**



175

**Figura 2: Mapa hidrogeológico del Perú: muestra los diferentes recursos hídricos subterráneos.**



**b) Situación de aguas subterráneas en el Mundo:**

➤ **Origen**

La mayoría del agua subterránea se origina como agua meteórica que cae de precipitaciones en forma de lluvia o nieve. Si no se pierde por la

evaporación, transpiración de las plantas o escorrentía, el agua se filtra en el terreno. Al principio ciertas cantidades de agua de precipitación que cae en el suelo seco se retienen fijamente como una película en la superficie y en los micro poros de las partículas del suelo.

En un paso intermedio, las películas de agua cubren las partículas solidadas pero el aire está todavía presente en las zonas porosas del suelo. Esta zona es llamada zona insaturada o de aireación, y el agua presente es agua gravitacional.

A profundidades menores y en presencia de volumen de agua adecuada, se rellenan todos los huecos para producir una zona de saturación, el nivel superior es la mesa del agua o nivel freático (nivel del acuífero). El agua presente en las zonas de saturación se denomina agua subterránea.

La porosidad y estructura del suelo determina el tipo de acuífero y la circulación de las aguas subterráneas. El agua subterránea puede circular y almacenarse en el conjunto del estrato geológico: este es el caso de suelos porosos como arenosos, de piedra y aluvión. Puede circular y almacenarse en fisuras o fallos de las rocas compactas que no son en ellas mismas permeables, como la mayoría de rocas volcánicas y metamórficas. El agua corre a través de la roca y circula en fisuras localizadas y dispersas. Las rocas compactas de grandes fisuras o cavernas son típicamente calizas.

#### ➤ **Cantidad en la tierra**

Aproximadamente el 3% del agua total en la tierra es agua dulce. De esta un 95% constituye aguas subterráneas, 3.5% corresponde a aguas superficiales

y 1.5% a la humedad acumulada en los suelos. De todo el agua dulce existente solo un 0.36% está disponible para su consumo (*Leopold, 1974*).

El agua subterránea es una fuente importante de suministro de agua. 53% de la población de los EE.UU. recibe agua de fuentes subterráneas. El agua subterránea es además una de las principales fuentes de uso industrial y agrícola.

Estamos extrayendo agua de los acuíferos a tasas superiores a su reposición. El agua en algunos acuíferos tiene milenios de antigüedad y se sitúa debajo de algunas de las regiones más secas que existen en la actualidad en la tierra. A pesar de que las personas han extraído para su uso agua de fuentes naturales y pozos desde tempranas civilizaciones, en los últimos 50 años la multiplicación de las poblaciones hace que se necesiten más agua y alimentos provocando una mayor explotación de los recursos hídricos.

En algunas áreas costeras se han extraído tanta agua dulce de acuíferos que se ha provocado una intrusión de agua salada, provocando que las aguas de pozo sean salobres y no pueda ser usada. Para más información se puede ver en las páginas sobre intrusión de agua salada.

En algunos lugares el vaciamiento de acuíferos ha causado serios problemas de subsidencia o gran decrecimiento de las aguas de la mesa de agua:

**USA:**

San Joachim Valle, CA - 10 metros Phoenix, AZ - más de 1 metro Houston - Galveston, TX - 1 metro Milwaukee - nivel freático cae 114 metros en 1976

Ar

Chicago, IL - nivel freático cae 274 metros en 1979. Parcialmente recuperado desde entonces gracias a la disminución de las extracciones de agua. Acuífero Ogallala - algunos pozos se han secado en Oklahoma, Kansas y en Texas, donde el nivel freático ha disminuido 30 metros.

**Méjico:**

Ciudad de Méjico - el centro de la ciudad retrocede (subsistencia) 7.5metros desde 1950

Ciudad Juárez/El Paso (frontera con EE.UU.) - el acuífero que abastece a 1.5 millones de personas se espera que sea agotado en 30años.

**Libia:**

1 billón de metros cúbicos de agua al año se extrae en Libia debajo del Sahara y por medio de tuberías se extrae para abastecer granjas y ciudades del norte.

**Líbano:**

Explotación de acuíferos debajo de Trípoli que provoca una deficiencia anual de 3.8 millones de metros cúbicos.

**Yemen:**

El nivel freático cae alrededor de 2metros por año. Se ha escavado pozos hasta dos metros de profundidad.

**Baluchistan, Pakistan:**

El nivel freático cae a 3.5 metros por año

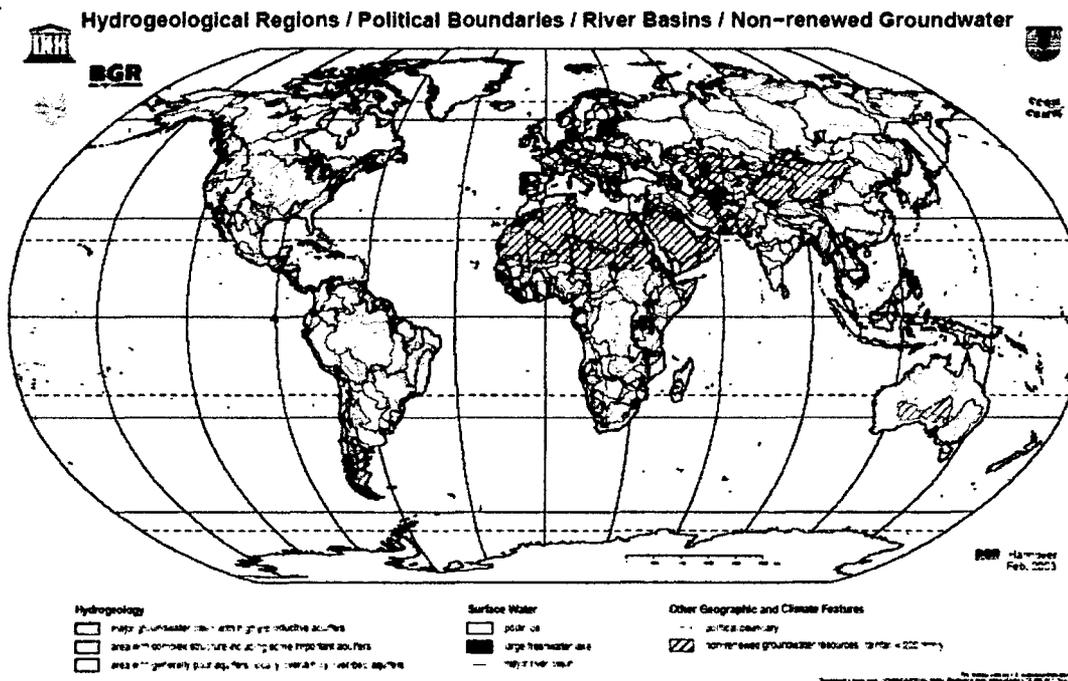
**Punjab, India y Pakistan:**

El nivel freático cae a 1 metro por año

**Norte de China:**

Nivel freático cae por 3 metros por año. El agua subterránea está afectada por ingeniería del agua: por décadas y siglos, debido al uso y disposición inadecuada de residuos en el medioambiente y áreas sub-superficiales muchas aguas subterráneas se han contaminado. Los esfuerzos para proteger la calidad y cantidad del agua subterránea se han realizado en cooperación entre agencias gubernamentales, industrias e investigadores.

**Figura 3: Mapa de distribución de las aguas subterráneas en el mundo.**



**2.2.3. DINÁMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS:**

El nivel freático no es una superficie plana ni horizontal, trata de seguir la forma del relieve aunque en forma mucho menos pronunciada. Debido a ello

el agua freática está muy comúnmente en movimiento; bajo el NAF, en la zona de saturación fluye el agua. El flujo es laminar si la porosidad es primaria y las partículas de suelo resultan finas; en caso contrario puede llegar a ser turbulento. Se inicia el flujo donde el nivel freático es alto y su descarga se produce donde el NAF es bajo, generalmente por las vaguadas.

**Figura 4: Nivel freático regional: A. bajo una montaña, B. bajo una isla. Se ilustran con flechas el flujo del agua y en línea punteada el NAF.**



#### a) El agua en el subsuelo y el nivel freático

Hay tres formas de encontrar enagua en el interior del suelo:

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| ✓ Agua gravitacional   | Agua freática                  |
|                        | Agua no freática               |
| ✓ Agua retenida        | Agua absorbida                 |
|                        | Humedad de contacto            |
|                        | Agua capilar                   |
|                        | Agua higroscópica              |
|                        | Vapor de agua en los poros     |
| ✓ Agua de constitución | Agua de la estructura mineral. |

#### ➤ El agua gravitacional

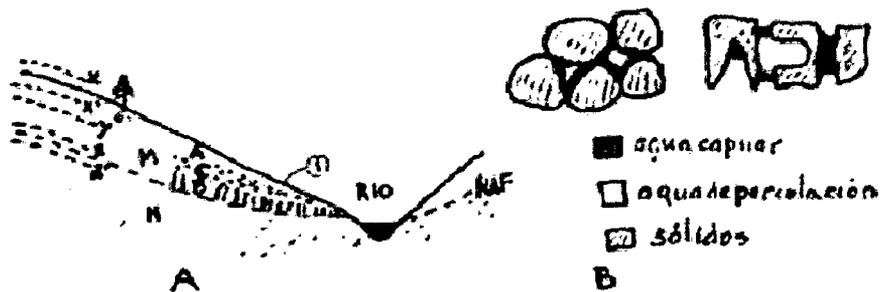
Se mueve por acción de la gravedad entre los poros e intersticios de los suelos, conformando los acuíferos. Una parte fluyendo en la zona de

saturación y otra por encima de ella buscando la zona de saturación. Esta agua explica los manantiales o nacimientos de agua como se verá adelante.

➤ **El nivel freático (NAF)**

En la fig. 5, A encontramos las zonas M y N separadas por el nivel de aguas freáticas (NAF); la parte superior M es la zona de aireación y la inferior N es la zona de saturación.

**Figura 5. Esquema del nivel freático (NAF). A. Capa freática, B. Distribución del agua.**



La zona de aireación comprende, del NAF hacia arriba: la zona de fleco capilar B, la zona de goteo C y la llamada faja húmeda A, cuyo límite superior es la superficie del suelo (1), la región XX' es la zona de vegetación (follaje y raíz) y el límite de la zona de evaporación es la línea y que se extiende más abajo de la zona radicular. La zona ZZ a su vez muestra la variación del nivel de la capa freática. En el dibujo de la derecha (distribución del agua en detalle) vemos la faja de agua colgada o de goteo; es el agua infiltrada o de precipitación que se filtra por las capas permeables del suelo y alimenta el agua subterránea. Puede quedar como agua retenida por los poros capilares (agua capilar) o descender a través de los poros o vacíos no capilares (agua de percolación).

➤ **El agua retenida**

Es el agua que queda retenida por encima de la zona de saturación del suelo gracias a fuerzas que se oponen a la acción de la fuerza de la gravedad, como la tensión superficial y la adsorción, y que no puede ser drenada. El agua absorbida es el agua de la masa de suelo, ligada a la manera de película sólida a las partículas de suelo por fuerzas físico-químicas, que tienen propiedades físicas diferentes a las del agua absorbida a la misma temperatura y presión. Las moléculas de agua que rodean una partícula coloidal se polarizan, atrayéndose iones H

➤ **El agua de constitución**

Agua de la estructura de los minerales en cantidad muy pequeña que no se puede eliminar secando el material a 110 °C. De ahí que las cerámicas hayan de ser fundidas a varios cientos de grados buscando un cambio fundamental no reversible en sus propiedades como la plasticidad.

**b) Tensión superficial y capilaridad**

Gran parte del agua retenida es por tensión superficial, que se presenta alrededor de los puntos de contacto entre las partículas sólidas o en los poros y conductos capilares del suelo, y que desempeña un papel muy importante en las formas de agua llamadas humedad de contacto y agua capilar.

➤ **Tensión superficial**

Se llama tensión superficial a la propiedad que poseen las superficies de los líquidos, por la cual parecen estar cubiertos por una delgada membrana elástica en estado de tensión. El fenómeno se debe a las fuerzas de cohesión moleculares que no quedan equilibradas en la inmediata vecindad de la superficie. Por esta vía se explica que una aguja horizontal o una cuchilla de afeitar en la misma posición, floten en el agua.

En los suelos de grano grueso, la mayor parte del agua retenida lo es por tensión superficial, que se presenta alrededor de los puntos de contacto entre las partículas sólidas o en los poros y conductos capilares del suelo. La cohesión aparente, que pueden presentar taludes de arena que se han mantenido estables, se explica por la humedad de contacto.

➤ **Capilaridad**

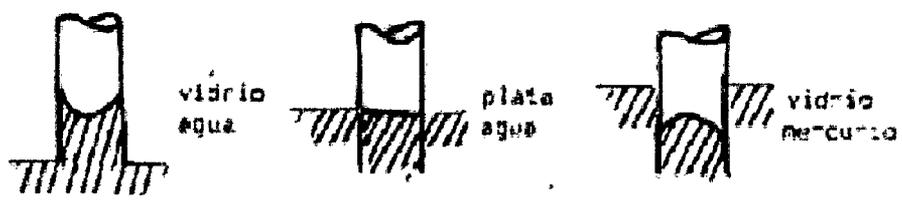
La cohesión es la atracción entre las moléculas de una misma sustancia, mientras que la adhesión es la atracción entre moléculas de diferentes sustancias. Si se sumerge un tubo capilar de vidrio en un recipiente con agua, el líquido asciende dentro de él hasta una altura determinada. Si se introduce un segundo tubo de mayor diámetro interior el agua sube menor altura. Es que la superficie del líquido, plana en su parte central, toma una forma curva en la vecindad inmediata del contacto con las paredes. Esa curva se denomina menisco y se debe a la acción combinada de la adherencia y de la cohesión. Por la acción capilar los cuerpos sólidos hacen subir y mover por sus poros, hasta cierto límite, el líquido que los moja. La altura típica que alcanza la elevación capilar para diferentes suelos es: arena gruesa 2 a 5 cm, arena 12 a 35 cm, arena fina 35 a 70 cm, limo 70 a 150 cm, arcilla 200 a 400 cm y más.

➤ **Meniscos**

Este fenómeno está relacionado con la tensión superficial y la atracción molecular. Si la atracción se efectúa entre moléculas de la misma sustancia, se habla de adherencia de cohesión en una fuerza intramolecular y la adherencia en una fuerza intermolecular. La relación entre ambas fuerzas depende de la forma del menisco y la posibilidad del ascenso capilar de un líquido. Pero los meniscos pueden tener curvaturas positivas o negativas, e incluso nulas, dependiendo de la relación de

fuerzas de atracción intermolecular e intramoleculares, es decir, de la relación de fuerzas de adhesión y cohesión respectivamente ilustraremos tres meniscos, teniendo en cuenta recipientes, de vidrio y plata, con agua y mercurio como fluidos:

**Figura 6. Meniscos. 1. Adhesión > cohesión, 2. Adhesión = cohesión, 3. Cohesión > adhesión.**



➤ **Presiones intersticiales:**

Si se considera un volumen infinitesimal de suelo, por debajo del nivel freático, es decir, en la zona de saturación, el agua que exista en su interior estará soportando una presión debida a su propio peso, igual al producto de su peso unitario por la profundidad del elemento medida desde el nivel freático. Al mismo tiempo, aunque no exista sobrecarga en la superficie del terreno, a causa del peso propio del suelo, existe una presión, la presión inter granular, transmitida de grano a grano en su esqueleto sólido, mientras que la presión soportada por el aguase llama presión intersticial. La presión total que actúa sobre el infinitesimal sumergido será la suma de la presión inter granular y de la intersticial. Las presiones intersticiales también pueden ser originadas por sobrecargas debidas a construcciones o por fuerzas debidas a vibraciones o sismos.

➤ **Ecuación de Terzaghi**

A la presión total se le denomina esfuerzo normal total  $\sigma$ , a la presión intergranular se le denomina esfuerzo efectivo  $s'$ , y a la presión intersticial se le denomina presión neutra o de poros.

$$S = S' + u$$

Esta ecuación, donde esfuerzo y presión, sin ser sinónimos en la mecánica, pueden ser intercambiados mientras se refieran a la misma magnitud, dice que, en el caso general, la presión total en un punto determinado puede dividirse en dos: la presión transmitida de grano a grano por el esqueleto mineral desde la superficie hasta el infinitesimal y la presión soportada por el agua intersticial de ese punto. Solo las presiones intergranulares pueden producir cambios de volumen en una masa de suelo, o dar origen a resistencia por fricción interna en suelos y unidades de roca, por lo que se les denomina "efectivas", efectos que no puede producir las presiones en el agua presente en los poros por sí mismas, por lo que se les llama presiones neutras o de poros.

#### **2.2.4. FACTORES DEL MOVIMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS:**

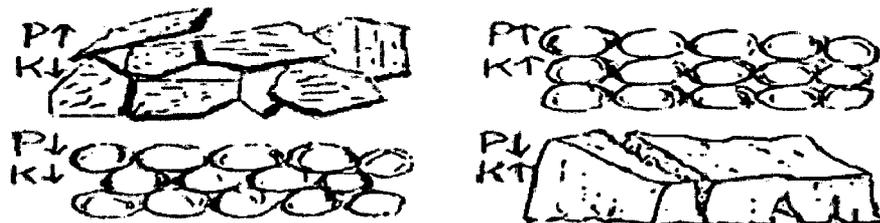
Los factores del movimiento son porosidad, permeabilidad y filtración.

**a) Porosidad.**

Alude a la cantidad de espacios vacíos dentro de la masa rocosa; la arcilla y la arena son porosas, igualmente una arenisca mal cementada o una roca fracturada o con planos de disolución, porque hay volumen de

espacios vacíos en el seno de la roca. La porosidad varía con la dimensión de los huecos y el grado de cohesión de los minerales que lo limitan.

**Figura 7. Variaciones en la porosidad (P) y en la permeabilidad (K) de materiales diferentes: arcilla y arena suelta, arriba. Arena densa y roca diaclasada abajo. La calificación es intrínseca para cada material.**



Pero podemos distinguir entre porosidad primaria y porosidad secundaria; la primaria alude a los espacios existentes entre las partículas del material, es decir, los espacios entre los granos; la secundaria alude a los espacios por el fracturamiento o por la presencia de planos de disolución dentro del material. Por ejemplo, la arcilla y la arena tienen porosidad primaria, pero un granito fracturado y una caliza o un mármol, cuyos planos de debilidad han sufrido disolución, tienen porosidad secundaria.

#### b) Permeabilidad.

La permeabilidad alude a la capacidad que tiene un material de permitir que se establezca el flujo de aguas subterráneas o cualquier fluido, a través suyo.

Ello dependerá de la porosidad y de la conexión entre las aberturas e intersticios, y del tamaño y forma de tales conductos. En otras palabras, la permeabilidad depende no solo de la porosidad de la roca, sino del tamaño

de los poros. Así resulta asociado el concepto de permeabilidad al de porosidad. Una roca puede ser muy porosa y ser impermeable como la arcilla, pues la permeabilidad depende no solo del tamaño de los poros sino también de la conexión entre ellos. En una lava vesicular por grandes que sean las vesículas si no se interconectan no habrá permeabilidad. La relativa impermeabilidad de los materiales muy fino-granulares se explica por la gran cantidad de superficie expuesta con relación al volumen de poros. Las vesículas son cavidades formadas por la salida de gases en las lavas.

➤ **La arena es porosa y permeable**

En la arena los granos son pseudo esféricos resultando los intersticios con sección transversal romboidal. Ello significa mayor eficiencia hidráulica en los conductos, por tener secciones transversales con poco perímetro para cualquier área transversal de flujo, en cada intersticio o en cada línea de flujo. Al tiempo, como los granos de arena son relativamente grandes, en la sección transversal de los intersticios o conductos, el área que ocupa el agua absorbida y el agua de la humedad de contacto no resulta significativa, quedando el área transversal disponible para el libre movimiento del agua subterránea.

➤ **La arcilla es porosa e impermeable**

Contrariamente, los granos de arcilla tienen forma de lentejuela, por ello los intersticios ya tienen poca eficiencia hidráulica. Si comparamos dos tubos o conductos con la misma área transversal, tendrá mayor eficiencia hidráulica el que menos resistencia oponga al fluido. Pero, en la arcilla, los granos adicionalmente son muy pequeños, haciendo que la atracción molecular, ejercida por las partículas sólidas sobre el agua, frene el flujo.

➤ **Las rocas porosas y permeables**

Son por excelencia aquellas en las que las aguas subterráneas adquieren su verdadero carácter de capa. Las areniscas, las arenas de diferentes naturalezas, presentan esta forma de permeabilidad. En las rocas verdaderamente permeables podemos distinguir terrenos escasamente permeables como las areniscas y terrenos altamente permeables como las calizas. Los terrenos como la creta y areniscas moderadamente cementadas pueden presentar características intermedias.

➤ **Las rocas porosas e impermeables**

Son dúctiles y se caracterizan por una gran finura de sus granos y por una capacidad particular de absorción del agua, como ocurre con las arcillas, silicatos de alúmina hidratados, que son materiales higroscópicos. Las margas y los limos presentan cualidades intermedias entre las de las arcillas y las de las arenas; conservan sin embargo y en general una impermeabilidad a la corriente.

➤ **Las rocas no porosas e impermeables**

Son rocas compactas y coherentes, cuyas fisuras resultan rápidamente rellenas por su propia descomposición. Los granitos no fisurados y los feldespatos se comportan como rocas impermeables, aunque en los granitos y los gneises se pueden acumular importantes cantidades de agua. Son numerosos los terrenos escasamente permeables, como las arenas de diferente dimensión de granos, cuya naturaleza es muy variable: arenas glauconiosas, dolomíticas, silicosas, etc.

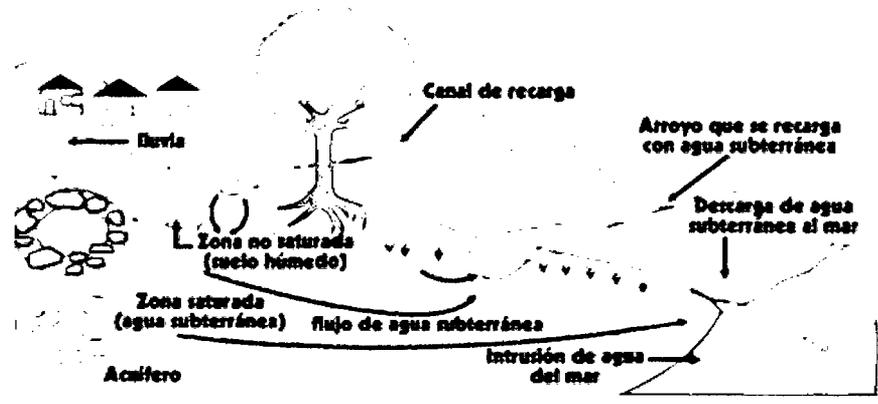
**c) Filtración:**

La filtración varía mucho, según la naturaleza del suelo, la vegetación y la estación. Un suelo arenoso y desnudo puede absorber del 30 al 60 % de agua lluvia caída. El mismo terreno arenoso recubierto de vegetación, sólo deja filtrar un 10 %, exclusivamente durante el otoño y el invierno. Un suelo calizo con muchas fisuras y desnudo es muy permeable; absorbe directamente el agua de escorrentía y el coeficiente de filtración oscila entre el 33 y el 90 %, con una media del 70 %. Un terreno arcilloso, por el contrario, es impermeable y no deja que el agua filtre. Además de los poros están las fisuras, diaclasas, huecos, que representan posibilidades de filtración rápida. Las rocas consideradas muy permeables son las calizas. Las rocas que simplemente son porosas y permeables podrán producir mantos de agua subterránea. Las rocas con fisuras y muy permeables podrán dar lugar a corrientes de agua subterráneas.

**2.2.5. RELACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS:**

Existen tres situaciones típicas de la relación entre aguas subterráneas y superficiales: influencia, afluencia e indiferencia. Los arroyos de régimen temporario son aquellos en los que el cauce se mantiene con agua durante varios meses del año y luego se secan, pudiendo mantener, para las distintas épocas, relaciones de influencia, afluencia o aun indiferencia.

Figura 8. Flujo de agua subterránea y su comportamiento.



2.2.6. LEY DE DARCY Y COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD:

El flujo de agua a través de medios porosos, de gran interés en la mecánica de suelos, está gobernado por una ley descubierta experimentalmente por Henri Darcy en 1856. Darcy investigó las características del flujo de agua a través de filtros, formados precisamente por materiales térreos, lo cual es particularmente afortunado para la aplicación de los resultados de la investigación de la mecánica de suelos.

$$Q = \frac{dV}{dt} = kAi \dots \dots \dots \left(\frac{cm^3}{seg}\right)$$

Donde:

A: es el área total de la sección transversal del filtro

i: es la gradiente hidráulica del flujo medido con la expresión

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

En cualquier punto del flujo la altura piezométrica  $h$  es la *carga de la elevación*  $z$  del punto, más la carga de presión en dicho punto ( $P/\gamma\omega$ ). La carga de velocidad se desprecia en razón de la pequeñez de las velocidades que el agua tiene a través del medio poroso. La diferencia  $h_1 - h_2$  representa la pérdida de energía sufrida por el flujo en el desplazamiento  $L$ ; esa energía perdida se transforma en calor.

La ecuación de continuidad del gasto establece que:

$$Q = Av$$

Siendo  $A$ , el área del conducto y  $v$  la velocidad del flujo. Llevando esta expresión a la ecuación anterior, se deduce que

$$v = ki$$

O sea, que el intervalo que la Ley de Darcy es aplicable, la velocidad del flujo es directamente proporcional al gradiente hidráulico; esto indica que, dentro del campo de aplicabilidad de la Ley de Darcy, el flujo en el suelo es laminar. Darcy construyó sus filtros de arenas finas, generalmente, de lo cual se deduce que ya en estos suelos el flujo del agua es laminar, por lo menos mientras las cargas hidráulicas no sean excesivas. En suelos más finos (mezclas de limos y arcillas o arcillas puras) el agua circula a velocidades aun menores, por lo que, con mayor razón, el flujo también será laminar. De hecho las investigaciones realizadas a partir de la publicación de la Ley de Darcy, aparece una constante física de proporcionalidad,  $k$ , llamada Coeficiente de Permeabilidad del Suelo. En cualquiera de las ecuaciones mencionadas, puede verse que sus unidades son las correspondientes a una velocidad (téngase presente que  $i$ , es un concepto a dimensional). Esto se ha utilizado

para definir en términos simples el coeficiente de permeabilidad de un suelo como la velocidad del agua a través del mismo, cuando está sujeta a un gradiente hidráulico unitario. Es obvio que en el valor numérico de  $K$  se reflejan propiedades físicas del suelo y en cierta medida ese valor indica la menor o mayor facilidad con que el agua fluye a través del suelo, estando sujeta a un gradiente hidráulico dado. Esta facilidad, a su vez, depende de toda una serie de propiedades físicas del suelo y también de algunos factores tales como temperatura y otros.

### **2.2.7. DRENAJES SINTÉTICOS:**

El agua, siendo un elemento fundamental para la existencia de la vida, es también la principal causa de los problemas en la Ingeniería Geotécnica y una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de las obras civiles. Es por eso que es necesaria la construcción de obras de drenaje adecuadas para cada caso. Un correcto manejo de los fluidos debe involucrar procesos de captación, conducción y evacuación, los cuales son de igual importancia.

Cuando más rápido se capta el agua en las obras civiles, se garantiza una mayor durabilidad de estas. Esto debido a que el exceso de agua en los suelos afecta sus propiedades geo-mecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, incrementos de presiones de poros, sub-presiones de flujo, presiones hidrostáticas y afecta la susceptibilidad a los cambios volumétricos.

La utilización del drenaje sintético o geo dren es una excelente alternativa para el manejo de los fluidos, porque permite captarlos y conducirlos de una

manera rápida y eficiente, disminuyendo notablemente el tiempo de construcción de los sub-drenes por su facilidad de instalación, dando como resultado una disminución de costos frente a otras alternativas convencionales, además disminuye el fuerte impacto ambiental.

Por lo anterior los drenajes sintéticos representan una novedosa solución de Ingeniería además de promover el desarrollo sostenible en la industria de la construcción.

#### **2.2.8. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE:**

Se describen los diferentes tipos de sistema de drenaje urbano y se analizan las ventajas y desventajas de cada uno de estos. Adicionalmente, se estudian los efectos que los procesos de urbanización han tenido sobre el sistema, en especial en lo referente a las inundaciones y a la calidad del agua de lluvia.

##### **a) Tipos de sistemas de drenaje urbano:**

Existen tres tipos de drenaje urbano: el separado, el combinado y el híbrido. El primero de estos se caracteriza porque el agua de lluvia y el agua residual fluyen por tuberías separadas. Los conductos y demás elementos que llevan el agua de lluvia se denominan alcantarillado pluvial, mientras que los restantes (correspondientes a los que transportan el agua residual) se conocen como alcantarillado sanitario. Este último lleva sus aguas a las plantas de tratamiento de agua residual, las cuales pueden tener diferentes tipos de tratamiento cuya complejidad varía de acuerdo con la remoción de determinados contaminantes, así como al presupuesto disponible para la construcción y operación de las mismas. Por otra parte, el alcantarillado pluvial dirige sus aguas directamente a los cuerpos de agua.

En el caso de sistemas combinados, el agua residual y el agua de lluvia circulan por una misma tubería. Los caudales producidos por eventos de precipitación generalmente son mucho mayores a los del agua residual, por lo que los diámetros de estas tuberías están determinados principalmente por el agua de lluvia. Otra característica importante de estos sistemas es que conducen sus aguas directamente a las plantas de tratamiento. Sin embargo, para que sean económicamente viables, se agregan estructuras conocidas como aliviaderos, las cuales permiten la existencia de un rebose de aguas transportadas cuando se presentan eventos de precipitación fuerte.

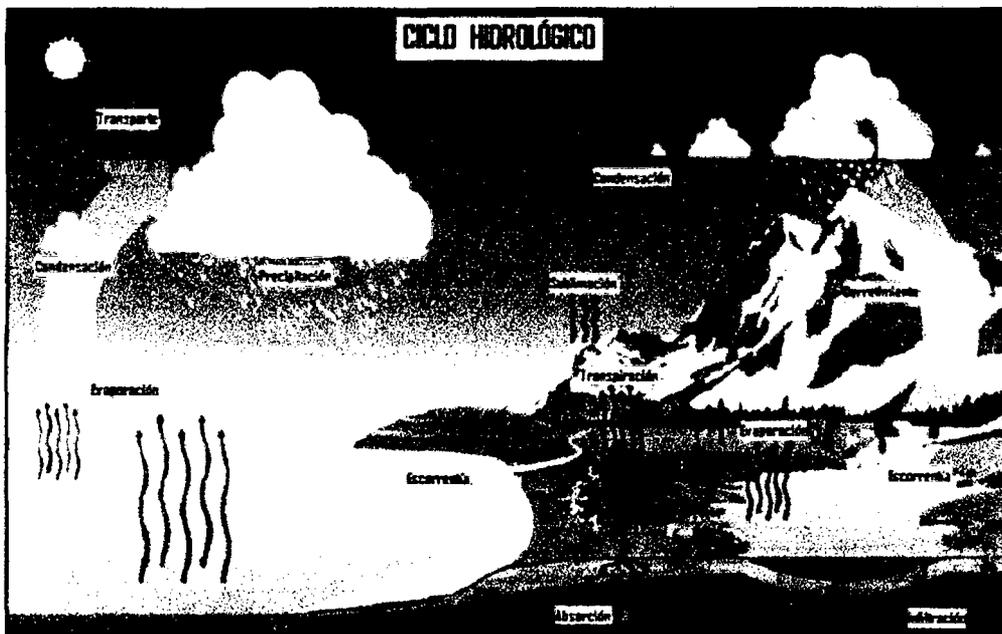
Por último, se tiene los alcantarillados híbridos; los cuales, como su nombre indica, son una combinación entre sistemas separados y combinados. Estos se presentan principalmente cuando las redes deben ser construidas en zonas de expansión, y por tanto se puede tener un cambio frente al tipo de tubería existente. Lo que se pretende en estos sistemas es generar alcantarillados separados para casos en que existen cuerpos de agua cercanos, en donde las aguas de lluvia puedan ser vertidas. Mientras que las aguas residuales posteriormente siguen su curso en tuberías combinadas.

**b) Consecuencias de los procesos de urbanización:**

La figura N° 8, corresponde a un esquema del ciclo hidrológico en zonas que aún no han sido urbanizadas. Como se puede observar, existen diversos procesos en la naturaleza que permiten disminuir la escorrentía producida por un evento de precipitación. Estos incluyen la intercepción por parte de la vegetación, los procesos de evapotranspiración, y la recarga de acuíferos por medio del agua que se infiltra en el suelo. Lo anterior es equivalente a un sistema en donde se acumulan volúmenes pequeños que de manera

agregada disminuyen los picos de caudal que se presentan en una cuenca de drenaje.

**Figura N° 9: Ciclo hidrológico en zonas que no han sido urbanizadas.**

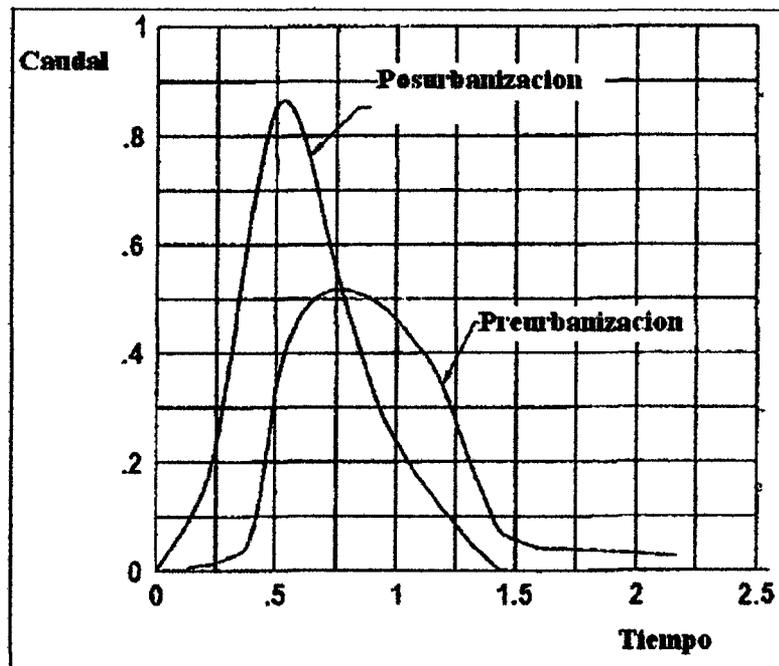


En el momento en que el área llega a ser urbanizada, se genera una afectación en los procesos descritos anteriormente. Esto se debe a que se tiene una pérdida de la vegetación, se aumenta la compactación de los suelos, y se disminuye la cantidad de áreas permeables o las depresiones que se forman naturalmente y finalmente permiten el almacenamiento y posterior evaporación o infiltración de un porcentaje de las aguas de lluvias.

Adicionalmente, se construyen nuevas estructuras como tuberías, canales o cámaras de inspección, las cuales contribuyen a aumentar la eficiencia hidráulica de la cuenca. Los procesos descritos anteriormente generan un aumento en los volúmenes de agua drenada, un incremento en el caudal pico

descargado y una disminución en el tiempo en el que todo esto sucede. Estos cambios se ilustran en la figura N° 10.

**Figura N° 10: Comparación de hidrogramas antes y después de la urbanización.**



Cuando se presentan grandes eventos de precipitación estos procesos pueden contribuir a generar caudales que sobrepasan la capacidad de las tuberías o de los cuerpos receptores que se encuentran aguas abajo. En ambos casos se generan inundaciones que pueden tener múltiples impactos negativos; entre estos se incluyen el incremento en los procesos de erosión del sistema de drenaje urbano y de las orillas de los ríos, el aumento de la contaminación en estos últimos (especialmente por sedimentos), daños de viviendas e infraestructura, problemas de salud pública y olores. Este último

se presenta principalmente en sistemas de drenajes urbanos combinados debido a la presencia de aguas residuales.

Por otra parte, la pérdida del agua infiltrada genera una disminución en la recarga del acuífero; lo que a su vez, afecta el flujo base de los ríos o las actividades realizadas en áreas en la que estos son utilizados como fuente de agua. Además, se genera una mayor cantidad de agua de lluvia que entra en contacto con superficies impermeables y los distintos contaminantes que se encuentran en las mismas. Esto contribuye a que en sistemas de drenaje urbano separados se afectan los cuerpos receptores dada la calidad de agua de lluvia, o a que en sistemas combinados sea necesaria una mayor inversión en el tratamiento de las mismas.

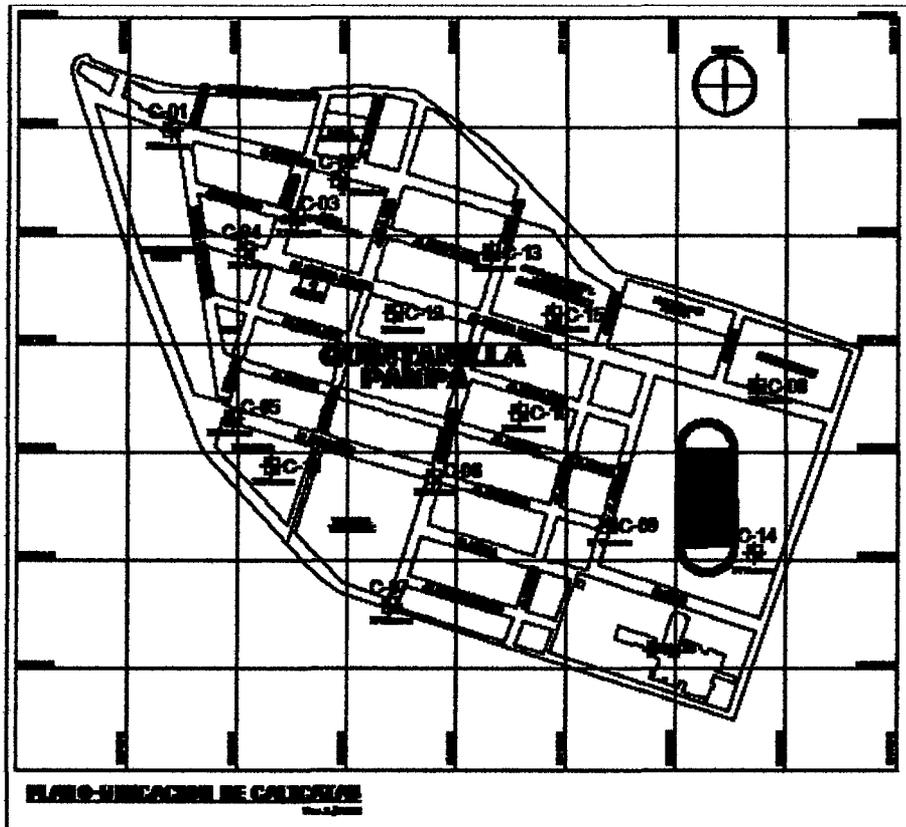
### **2.2.9. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y DE SUELOS:**

Los resultados están basados según los procedimientos de cada uno de los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la E.A.P. de Civil (Huancavelica) de la Universidad Nacional de Huancavelica; parte del proceso de elaboración de los tesis, denominado: "MICROZONIFICACIÓN DEL SECTOR QUINTANILLAPAMPA DEL DISTRITO DE ASCENSIÓN, PROVINCIA Y REGIÓN DE HUANCAMELICA", a continuación detallamos los resultados obtenidos.

#### **a) Resumen de ensayos de laboratorio:**

En la zona de Quintanillapampa, se realizaron los ensayos necesarios para clasificar el suelo y obtener sus parámetros de suelo. En la Figura 11, se observa las calicatas realizadas en toda la zona.

**Figura N° 11: Ubicación de calicatas existentes, realizado para la tesis denominado microzonificación del sector Quintanillapampa del distrito de ascensión, provincia y región de Huancavelica**



Además se realizaron los siguientes ensayos, como son:

- Contenido de humedad según ASTM D2216.
- Limite líquido según ASTM D4318 (Copa de Casagrande y Acanalador).
- Limite plástico según ASTM D4318.
- Índice plástico
- Análisis granulométrico por tamizado según ASTM D422.
- Clasificación de suelos según SUCS.

Se realizaron los siguientes cálculos:

- Contenido de humedad.
- Limite líquido.
- Limite plástico.
- Índice plástico.
- Calculo del coeficiente de uniformidad y curvatura.
- Calculo del esfuerzo cortante en suelos no cohesivos.
- Grado de consistencia

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos en el estudio de suelos realizados:

051

**Tabla N° 2: Resumen de ensayos de laboratorio de suelos de la zona sector Quintanillapampa.**

**RESUMEN DE ENSAYO DE LABORATORIO**

Proyecto : "MICROZONIFICACION DE SUELOS EN EL SECTOR QUINTANILLA PAMPA - DISTRITO DE ANCEASION DEPARTAMENTO DE TUMBUCAY"											
Visitas : Bach. Juan Carlos Inga Castañeda Bach. Julio Martínez Quispe											
Calicata	Estrato	Procedencia	Profundidad (m)	Contenido de Humedad W (%)	Límites de Consistencia		Índice de Plasticidad IP (%)	Grado de Consistencia Kw	% Q' pasa N° 4	% Q' pasa N° 200	Clasificación SUCS
					Líquido LL (%)	Plástico LP (%)					
C-1	M1	Jr. Quintanilla - Jr. 5 Estrellas	0.40	21.02	41.16	26.67	14.49	1.39	64	27	SM
	M2		0.55	12.82	26.73	22.22	4.51	3.09	61	19	SM
	M3		0.10	13.59		NP	NP			58	11
C-2	M1	Jr. Quintanilla	0.25	23.12	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		0.50	10.25		NP	NP		94	5	SP
	M3		0.75	27.51		NP	NP		100	11	SW - SC
C-3	M1	Jr. Mercurio -	0.10	23.14	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2	Jr. Cesar	0.70	74.06		Pt	Pt				Pt
	M3	Vallejo	0.50	27.50		NP	NP		100	11	SW - SC
C-4	M1	Av. Ernesto Morales - Mz. Z - Z'	0.25	23.11	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		0.30	74.09		Pt	Pt				Pt
	M3		0.20	38.33		NP	NP		95	20	SM
	M4		1.05	29.73		NP	NP		84	15	SM
C-5	M1	Jr. Exitamiento - Jr. 11 de Mayo	1.25	19.38		NP	NP		49	12	GP - GC

149

C-6	M1	Jr.	0.10	18.22	36.63	22.35	14.28	1.29	65	29	SC
	M2	Evitamiento -	1.80	20.40	37.93	22.35	15.58	1.13	64	27	SC
C-7	M1	Jr. Santa Rosa -	0.10	12.92	30.10	20.69	9.41	1.83	61	24	GC
	M2		0.30	20.63	37.42	26.51	10.91	1.54	61	28	GM
	M3	Jr.	0.60	17.99	33.37	0.23	33.14	1.52	80	30	SC
	M4	Independencia	0.40	28.76	40.83	27.63	13.20	0.91	81	33	SM
	M5		0.70	10.78	24.58	20.00	4.58	3.01	55	16	GC
C-8	M1	Av. Ernesto Morales	0.20	124.75		NP	NP		84	41	SC
	M2		0.60	30.73	37.22	36.25	0.97	6.69	49	12	GM
	M3		1.00	23.76	38.73	23.81	14.92	1.00	45	17	GC
C-9	M1	Jr.	0.30	23.13	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2	Evitamiento -	1.00	31.10	46.10	31.33	14.78	1.02	61	25	GM
	M3	Jr. Atahualpa	0.70	28.03	46.84	34.62	12.22	1.54	89	44	SM
C-10	M1	Manzana "J"	0.30	23.11	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		1.70	26.58	53.43	38.36	15.07	1.78	49	20	GM
C-11	M1	Ubicación de un Futuro Mercado	0.40	23.14	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		0.40	27.73		NP	NP		100	27	SC
	M3		1.20	13.60		NP	NP		58	11	SP - SC
C-12	M1	Manzana "M-Ñ"	0.20	23.12	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		0.40	98.90		Pt	Pt				Pt
	M3		0.40	38.15	24.10	32.89	-8.80	1.60	100	32	SM
	M4		1.00	12.51		NP	NP		41	3	GP

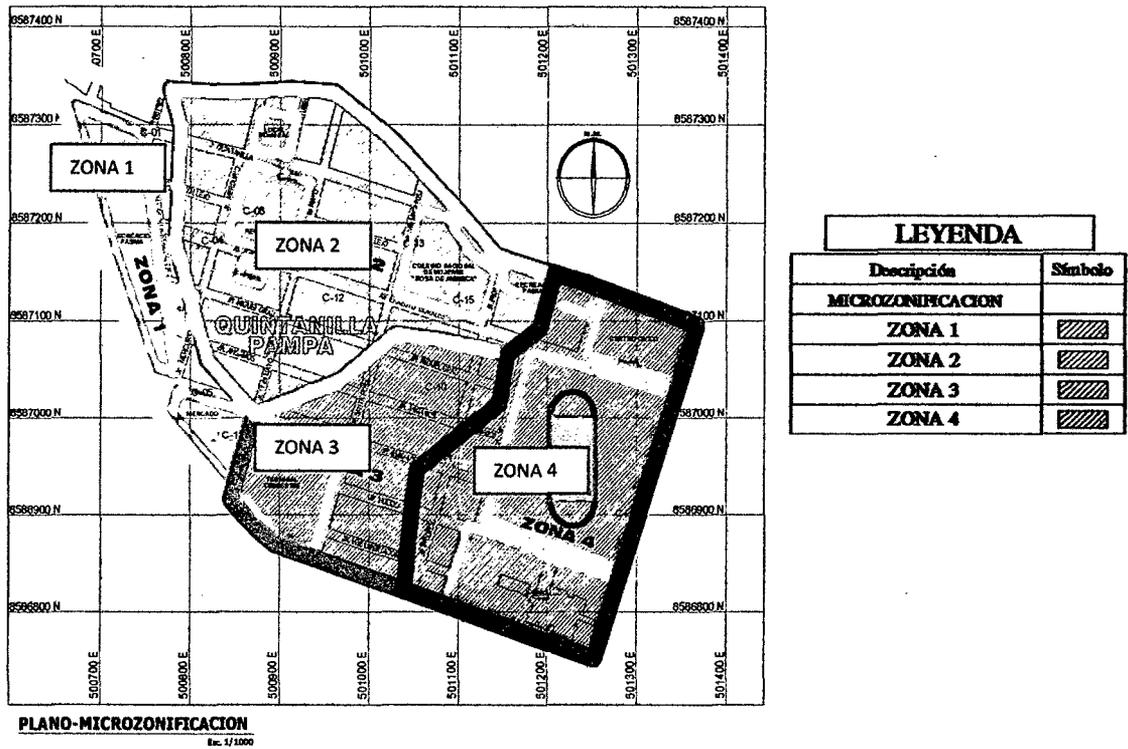
140

C-13	M1	Jr. César	0.30	23.12	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2	Vallejo - Jr.	0.60	256.24		Pt	Pt				Pt
	M3	Santa Rosa	0.90	29.00	30.78	26.53	4.25	0.42	23	6	GP - GM
C-14	M1	Estadio Atahualpa	0.20	23.10	54.59	40.79	13.80	2.28	75	37	SM
	M2		0.20	32.13	68.27	48.57	19.70	1.83	67	30	SM
	M3		1.50	31.11	54.85	36.47	18.38	1.29	57	21	GM
C-15	M1	I. E. America	0.60	59.01	78.76	54.29	24.47	0.81	85	42	SM
	M2		0.80	49.73	61.35	26.53	34.82	0.33	71	30	SC
	M3		0.80	85.26		Pt	Pt				Pt -

**b) Breve descripción de la zona en estudio:**

Como resultado de la microzonificación de suelos, se propone cuatro zonas para el sector Quintanillapampa, encontrándose una mutua relación de la mecánica de suelos que conforman cada zona geomorfológica, las cuales se describen a continuación:

**Figura N° 12: Microzonificación del sector Quintanillapampa – Ascensión, según uso de suelo realizado por la tesis: “Microzonificación de suelos en el sector Quintanillapampa – distrito de Ascensión, provincia y departamento de Huancavelica”**



Las características que presentan fueron determinadas por los trabajos realizados en diversos puntos del área mencionada, mediante el estudio

de mecánica de suelos, adicionalmente a la recopilación de datos obtenidos de proyectos que realizó la Municipalidad Distrital de Ascensión. Estas geo formas se caracterizan por sus propiedades físicas – mecánicas, mineralógicas y geomorfológicas propias, de una manera característica que la hace propia, las cuales se presentan a continuación.

➤ **ZONA 1.**

Delimitado por el Norte con la Av. Santos Villa, al Oeste con el río Ichu, al Sur con el río Ichu y al Este con Zona 2.

Está determinada por las Calicatas C-1, C-5 y C-11, con una profundidad promedio de exploración de  $H=1.70$  m. Presenta un área de  $37,465.15$  m<sup>2</sup>. Su equipamiento urbano dentro de esta zona está comprendida por: el mercado, zona recreacional, capilla y zona residencial.

La zona cuyo perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de Relleno a una profundidad promedio de  $H=0.25$  m que varía de 0 a 0.25 m., en el estrato inicial.

Seguido por un estrato de suelo (SM), arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena y limo, color negro, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 0.25 a 0.65 m.

Suelo (SC), arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla, color marrón claro con presencia de raíces, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 0.65 a 1.05 m.

Suelo (GP-GC), gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con pocos o ninguno limos. Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava-arena y arcilla, color marrón claro, a una profundidad de H=0.65 m., que varía de 1.05 a 1.70 m. Encontrándose el Nivel Freático N.F. a H=1.30 m de profundidad.

Presenta un grado de consistencia promedio de  $K_w=2.25 \text{ kgf/cm}^2$ , esto en un 30%, siendo esto de consistencia rígida, de igual manera un 70% presenta suelos no plásticos muy suaves.

Esta Zona I presenta una resistencia al esfuerzo cortante de:

$$\tau = 1.05 \text{ kgf/cm}^2.$$

➤ **ZONA 2.**

Delimitado por el Norte con la Av. Santos Villa, por el Oeste con la Zona 1, por el Sur con la Zona 3 y por Este con la Av. Santos Villa - Zona 4.

Está determinada por las Calicatas C-2, C-3, C-4, C-12, C-13 y C-15, con una profundidad promedio de exploración de H=1.80 m. Presenta un área de 89,505.05 m<sup>2</sup>. Su Equipamiento Urbano dentro de esta zona está comprendido por: área comunal, área Recreacional, I.E. América, zona residencial.

Zona cuyo perfil estratigráfico presenta los siguientes tipos de suelos:

En su primer estrato presenta un suelo (SM), arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena y limo, color negro con presencia de raíces, a una profundidad de H=0.20 m., que varía de 0.00 a 0.20 m.

En su segundo estrato presenta un suelo altamente orgánico (Pt - Turba), presencia de raíces en descomposición, con olores desagradables, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 0.20 a 0.60 m.

Suelo (SP), gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con pocos o ninguno limos. Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava-arena y arcilla, color marrón claro, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 0.60 a 1.00 m.

Suelo (SW-SC), arenas bien graduadas, arenas gravosas con pocos o ningún finos. Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla, presencia de raíces color gris, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 1.00 a 1.40 m.

Suelo (GP-GM), gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con pocos o ninguno limos. Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava - arena y limo, a una profundidad de  $H=0.40$  m., que varía de 1.40 a 1.80 m.

Encontrándose el Nivel Freático N.F. a  $H=1.50$  m. de profundidad. Presenta un grado de consistencia mínima de  $K_w=0.33 \text{ kgf/cm}^2$ , en un 80% de sus estratos estudiados, considerándolos suelos muy suaves y no plásticos, de igual manera presenta un grado de consistencia máxima de  $K_w=2.28 \text{ kgf/cm}^2$  en 20% de sus estratos estudiados, considerándolos suelos de consistencia rígida.

Esta Zona II presenta una resistencia al esfuerzo cortante de:

$$\tau = 0.74 \text{ kgf/cm}^2.$$

➤ **ZONA 3.**

Delimitado por el Norte con la Zona 2, por el Oeste con la Zona 1, por el Sur con el río Ichu y por el Este con Zona 4.

Está determinada por Calicatas C-6, C-7 y C-10, con una profundidad promedio de exploración de  $H=2.00$  m. Presenta un área de  $45,358.25$  m<sup>2</sup>. Su Equipamiento urbano dentro de esta zona está comprendido por el terminal terrestre y zona Residencial.

Zona cuyo perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de Relleno a una profundidad promedio de  $0.10$  m., que varía de  $0.00$  a  $0.10$  m.

En su primer estrato presenta un suelo (SM), arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena y limo, color negro, a una profundidad de  $H=0.30$  m., que varía de  $0.10$  a  $0.40$  m.

En su segundo estrato presenta un suelo (SC), arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla, color marrón claro con presencia de raíces, a una profundidad de  $H=0.60$  m., que varía de  $0.40$  a  $1.00$  m.

Suelo (GM), gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava - arena y limo, en descomposición color marrón claro, a una profundidad de  $H=1.00$  m., que varía de  $1.00$  a  $2.00$  m. No presenta nivel freático N.F.

Presenta un grado de consistencia promedio de  $K_w=1.50$  kgf/cm<sup>2</sup>. Por lo que resulta un suelo de consistencia rígida.

Esta Zona III presenta una resistencia al esfuerzo cortante de:

$$\tau = 0.90 \text{ kgf/cm}^2.$$

➤ **ZONA 4.**

Delimitado por el Norte con la Av. Santos Villa, por el Oeste con la Zona 2 y Zona 3, por el Sur con el Rio Ichu y por el Este con la Av. Ascensión.

Está determinada por las Calicatas C-8, C-9 y C-14, con una profundidad promedio de exploración  $H=2.00$  m. Presenta un área de  $75,556.03$  m<sup>2</sup>. Su equipamiento urbano dentro de esta zona está comprendido por: Estadio Atahualpa, Centro Cívico y Es-Salud.

Zona cuyo perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de relleno a una profundidad promedio de  $H=0.10$  m., que varía de  $0.00$  a  $0.10$  m.

En su primer estrato presenta un suelo (SM), arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena y limo, color negro, presencia de raíces, a una profundidad de  $H=0.30$  m., que varía de  $0.10$  a  $0.40$  m.

En su segundo estrato presenta un suelo (SC), arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla, color marrón claro con presencia de raíces, a una profundidad de  $H=0.20$  m., que varía de  $0.40$  a  $0.60$  m.

Suelo (GM-GC), gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava - arena y limo, color amarillo. Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava - arena y arcilla, en descomposición color marrón claro, a una

profundidad de  $H=1.40$  m., que varía de 0.60 a 2.00 m. Encontrándose el Nivel Freático N.F. a 2.00 m de profundidad. Esto en la calicata C-8.

Presenta un grado de consistencia promedio de  $K_w=1.60 \text{ kgf/cm}^2$ . Por lo que resulta un suelo de consistencia rígida. Esta Zona IV presenta una resistencia al esfuerzo cortante de:

$$\tau = 1.09 \text{ kgf/cm}^2.$$

## **2.2.10. CRITERIOS DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE DRENAJES SUBTERRÁNEAS:**

### **a) Condiciones generales.**

El drenaje subterráneo está constituido por una zanja en la que se colocará un tubo con orificios perforados, juntas abiertas o de material poroso.

Se rodeará de un material permeable, material filtro, compactado adecuadamente, y se aislará de las aguas superficiales por una capa impermeable que ocupe y cierre la parte superior de la zanja. Las paredes de la zanja serán verticales o ligeramente inclinadas, salvo en drenes transversales o en espina de pez, en que serán admisibles, incluso convenientes, pendientes más fuertes. En casos normales, el talud máximo no superará el valor 1/5. Si se proyectan colectores longitudinales, puede aprovecharse la zanja del dren para la ubicación de aquellos.

### **b) La tubería**

La tubería para el filtro consiste en tuberías colectoras perforadas colocadas en la parte baja de las zanjas embebidas en el material filtrante. En cuanto al

tamaño de los orificios del tubo colector, el U.S. Army Corps of Engineers (1953), recomienda la siguiente relación entre el tamaño del filtro y el ancho del orificio:

$$\frac{d_{gs}}{\text{Diámetro}} > 1.0, \text{ para huecos circulares.}$$

**c) Condiciones hidráulicas.**

Normalmente, la capacidad hidráulica del dren queda limitada por la posibilidad de filtración lateral del agua a través del material permeable hacia los tubos; la capacidad hidráulica de estos, con los diámetros que se indican en la tabla N° 3, será de acuerdo a las exigencias del drenaje. No obstante, si existe la posibilidad de conocer el caudal de desagüe, puede hacerse el cálculo hidráulico de los tubos utilizando la fórmula de Manning u otra análoga de las que rigen el movimiento del agua en cauces abiertos. Se utilizará la tabla de coeficientes de rugosidad que se incluye a continuación:

**TABLA N° 3: Coeficientes de rugosidad para diferentes materiales**

Tipo de tubo	Coefficiente n de rugosidad
De hormigón normal y cerámico	
condiciones buenas	0.013
condiciones medias	0.015
De hormigón poroso	
condiciones buenas	0.017
condiciones medias	0.021
De plástico	
condiciones buenas	0.013
condiciones medias	0.015
De metal	
condiciones buenas	0.017
condiciones medias	0.021

**d) Diámetros y pendientes.**

Los diámetros de los tubos oscilarán entre 10 cm. y 30 cm. Los diámetros hasta 20 cm. serán suficientes para longitudes inferiores a 120 m. Para longitudes mayores, se aumentará la sección. Los diámetros menores, sin bajar de 10 cm., se utilizarán con caudales y pendientes pequeños.

Las pendientes longitudinales no deben ser inferiores al 0,5 % y habrá de justificarse debidamente la necesidad de pendientes menores, que nunca serán inferiores al 0,27%. En tales casos, la tubería se asentará sobre una cuna de hormigón que permita asegurar la perfecta situación del tubo.

La velocidad del agua en las conducciones de drenaje estará comprendida entre 0,7 m/s y 4 m/s.

**e) Relleno de zanjas.**

Con la excavación de las maquinarias se realizarán la construcción de los drenajes subterráneos, asimismo su instalación. Estos drenes captan y transportan el agua subterránea y de esta manera cumple el objetivo de abatir el nivel freático existente.

Si el fondo de la zanja se encuentra en terreno permeable, no son necesarias las anteriores precauciones. La composición granulométrica del material permeable, material filtro, con el que se rellene la zanja del dren requiere una atención especial, pues de ella depende su buen funcionamiento.

Si  $d_n$  es el diámetro del elemento de suelo o filtro tal que  $n$  % de sus elementos en peso son menores que  $d_n$ , deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante.

$$\frac{d_{15} \text{ del filtro}}{d_{85} \text{ del suelo}} \leq 5$$

$$\frac{d_{50} \text{ del filtro}}{d_{50} \text{ del suelo}} \leq 25$$

En el caso de terreno natural de granulometría uniforme, se sustituirá la primera relación por:

$$\frac{d_{15} \text{ del filtro}}{d_{85} \text{ del suelo}} \leq 4$$

- b) Para que el agua alcance fácilmente el dren:

$$\frac{d_{15} \text{ del filtro}}{d_{15} \text{ del suelo}} \geq 5$$

- c) Para evitar el peligro de colmatación se proponen los siguientes casos:

En los tubos con perforaciones circulares:

$$\frac{d_{85} \text{ del filtro}}{\text{diámetro del orificio del tubo}} \geq 1.0$$

En los tubos con juntas abiertas:

$$\frac{d_{85} \text{ del material filtro}}{\text{ancho de la junta}} > 1.2$$

En los tubos de hormigón poroso, se debe respetar la siguiente condición:

$$\frac{d_{15} \text{ del arido del dren poroso}}{d_{85} \text{ del filtro}} < 5$$

En caso de terrenos cohesivos, el límite superior para  $d_{15}$  del filtro se establecerá en 0.1 mm. Cuando sea preciso, deberán utilizarse en el proyecto dos o más materiales de filtro. Ordenados estos desde el terreno natural a la tubería, deben satisfacer cada uno con respecto al contiguo, las condiciones exigidas anteriormente entre el material filtro y el suelo a drenar.

El último, que rodea el tubo, deberá satisfacer, además, las condiciones que se han indicado en relación con el ancho de las juntas o diámetro de los orificios de dichos tubos. Para impedir cambios en la composición granulométrica o segregaciones del material filtro por movimiento de sus finos, debe utilizarse material de coeficiente de uniformidad  $\left( \frac{d_{60}}{d_{10}} \right)$  inferior a 20, cuidadosamente compactado.

Se incluye como ejemplo de determinación de la granulometría del material filtro de un dren subterráneo a partir de la granulometría del suelo que rodea la zanja del dren.

**f) Buzones de registros.**

En los drenes longitudinales se proyectaron, a intervalos regulares, buzones de registro que permitan controlar el buen funcionamiento del drenaje y sirvan para evacuar el agua recogida por la tubería del dren, bien a un colector principal, bien a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a una vaguada natural o a otros dispositivos de desagüe.

Con independencia de lo anterior, se colocaron buzones de registros en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje. La distancia entre dos buzones de registros consecutivos oscilará en general entre 30 m a 100m y dependerá de la pendiente longitudinal del tubo y de su capacidad de desagüe, de la disposición general del drenaje y de los elementos naturales existentes.

En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de los buzones de registro a una cuneta, a una vaguada, etc. Se cuidará que el nivel de la salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su aterramiento, inundación, entrada de animales, etc.

**g) Investigación del agua freática.**

La presencia de un nivel freático elevado exigirá una investigación cuidadosa de sus causas y naturaleza. Deberán practicarse los pozos y orificios que se consideren precisos para fijar la posición del nivel freático y, si es posible, la naturaleza, origen y movimientos del agua subterránea.

El reconocimiento se debe efectuar al final del invierno, época en la que, en condiciones normales, alcanzará su máxima altura.

#### **h) Drenes de intercepción.**

Se proyectaron drenes de intersección para cortar corrientes subterráneas e impedir que alcancen las inmediaciones de la carretera. Se clasifican, por su posición, en longitudinales y transversales.

El dren de intersección se proyecta cumpliendo las condiciones generales expuestas anteriormente para los drenes enterrados. El fondo del tubo debe quedar, por lo menos, 15 cm. por debajo del plano superior de la capa impermeable, o relativamente impermeable, que sirve de lecho a la corriente subterránea. En el caso de que esta capa sea roca, deben extremarse las precauciones para evitar que parta de la filtración cruce el dren por debajo de la tubería. El caudal a desaguar puede determinarse aforando la corriente subterránea. Para ello, se agotará el agua que afluya a la zanja en que se ha de situar el dren en una longitud y tiempo determinados.

#### **i) Transversales**

En las calles en pendiente, los drenes longitudinales pueden no ser suficientes para interceptar todo el agua de filtración. En estos casos, deberá instalarse drenes interceptores transversales normales al eje de la calle o un drenaje en espina de pez. La distancia entre drenes interceptores transversales será, por término medio, de 20 m a 25 m.

El drenaje en espina de pez se proyectará de acuerdo con las siguientes condiciones:

- El eje de las espinas formará con el eje de la calle un ángulo de 60°.

- Las espinas estarán constituidas por una zanja situada bajo el nivel del plano superior de la explanada.
- Sus paredes serán inclinadas, con talud aproximado de 1/2, para repartir, al máximo, el posible asiento diferencial.
- Las zanjas se rellenarán de material filtro.
- Las espinas llevarán una cuna de hormigón pobre o arcilla unida a la cuna del dren longitudinal.
- Las espinas consecutivas se situarán a distancias variables, que dependerán de la naturaleza del suelo que compone la explanada. Dichas distancias estarán comprendidas entre 6 m., para suelos muy arcillosos, y 28 m. para suelos arenosos.

**j) Drenes para rebajar el nivel freático**

Para rebajar el nivel freático manteniéndolo a una profundidad conveniente del nivel superior de la explanada o del nivel máximo de penetración de la helada, deben proyectarse drenes enterrados longitudinales. El nivel freático debe mantenerse de 2 m. a 2,50 m, debido a que se considera la construcción de viviendas con cimentaciones de 0.80 m a 1.20m, consideradas en la zona, según la naturaleza del suelo, bajo el nivel superior de la explanada.

**2.2.11.DEFINICIÓN:**

El drenaje subterráneo se proyecta con el objetivo de interceptar, conducir y/o desviar los flujos sub superficiales (subterráneos) que se encuentren en el suelo de fundación de las viviendas y/o provenientes de los taludes adyacentes.

El efecto del agua en las viviendas es perjudicial, por lo que debe ser evacuada a través de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. Debe conocerse tanto su procedencia como su caudal, así como el marco geográfico en que se encuentra. Los efectos desfavorables son múltiples: erosión interna de finos, sifonamiento, tubificación, arrastre y expulsión de finos, acelerando el fallo estructural de las viviendas y acortando su vida útil.

Para el buen funcionamiento del sistema de subdrenaje se requiere una pendiente adecuada y una buena red de evacuación del agua. Por último, de ser compatible y funcional con el tipo de suelo a drenar (tipo de suelo, permeabilidad, gradación, etc.), se contempla el uso de materiales geotextiles debido a su durabilidad, evitando que las capas drenantes se colmaten y pierdan su funcionalidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la experiencia ha mostrado que para las condiciones siguientes es riesgoso el uso de geotextiles:

- Suelos finos pobremente graduados (es decir, todos los de tamaño uniforme),
- Agua subterránea de alta alcalinidad donde la lentitud del líquido, pasando a través del geotextil, causa deposiciones de calcio, sodio o precipitaciones de magnesio.
- Alta concentración de sólidos en suspensión en el líquido, como en el caso de aguas turbias de ríos que pueden desarrollarse sobre o dentro del geotextil<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE

### **2.2.12. SISTEMAS DE DRENAJE Y SU ORIGEN:**

El efecto del agua en las viviendas es perjudicial, por lo que debe ser evacuada a través de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. Debe conocerse tanto su procedencia como su caudal, así como el marco geográfico en que se encuentra. Los efectos desfavorables son múltiples: erosión interna de finos, sifonamiento, tubificación, arrastre y expulsión de finos, acelerando el fallo estructural de la plataforma existente y acortando su vida útil. Para el buen funcionamiento del sistema de sub drenaje se requiere una pendiente adecuada y una buena red de evacuación del agua. Por último, ser compatible y funcional con el tipo de suelo a drenar (tipo de suelo, permeabilidad, gradación, etc.).

Se contempla la comparación del uso de materiales geotextiles y el sistema de drenaje tipo dren francés comparando su durabilidad, eficiencia de los materiales usados y su funcionalidad.

### **2.2.13. TIPOS DE SISTEMA DE DRENAJE**

#### **a) Drenaje tipo dren francés:**

El subdrenaje está constituido por zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua (tubo perforado).

Generalmente el dren francés se usa en los siguientes casos:

- Colocado longitudinalmente al pie de los taludes de corte para interceptar filtraciones y flujos sub superficiales que llegan a la carretera.
- Longitudinalmente en un terraplén, ubicado en la zona donde discurre el agua subterránea.
- Formando parte de un sistema de drenes transversales y longitudinales o dispuestos como una "espina de pescado", a fin de evacuar el flujo sub superficial presente en la zona de emplazamiento.

**b) Drenaje de tipo sintético:**

Debido a la dificultad que existe en algunos casos de obtener materiales naturales para los sub drenes y con el desarrollo de nuevas tecnologías como las mallas sintéticas, se viene usando los sub drenes sintéticos. Estos sub drenes consisten de tres elementos básicos:

- Red de malla sintética (similar geodren):  
La Red de malla sintética está construida de tal manera que se forman unos canales que facilitan el flujo de agua.
- Geotextil:  
El geotextil (no tejido) actúa como filtro impidiendo el paso de partículas de suelo hacia la red de malla sintética y permitiendo a su vez el flujo de agua.

➤ **Tubo colector perforado:**

En el extremo inferior de la red de malla sintética y envuelto por el geotextil se coloca una manguera perforada PVC especial para este tipo de sub drenes, la cual recoge y conduce el agua colectada por la red de malla sintética.

## 2.3. HIPÓTESIS

La presente investigación está enmarcada en el enfoque descriptivo, de una metodología de investigación científica. Se plantea la siguiente hipótesis:

**HIPÓTESIS ALTERNA:**

$H_1$ : Es óptimo el drenaje de tipo dren francés

$H_2$ : Es óptimo el drenaje de tipo sintético

**HIPÓTESIS NULA:**

$H_0$ : No existe diferencia entre ambos drenajes.

## 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

➤ **Acuífero:**

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarlos con materiales muy variados, como gravas de río limo, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas

formaciones volcánicas, depósitos de dunas e incluso ciertos tipos de arcilla. El nivel superior del agua subterránea se denomina tabla de agua, y en el caso de un acuífero libre, corresponde al nivel freático.

➤ **Potencial hidráulico:**

Si se construye un pozo hasta una profundidad dada dentro de la zona saturada del sustrato y se instala la rejilla o tubería filtrante exclusivamente en ese punto, el agua ascenderá por el interior de la tubería del pozo hasta una altura determinada, en que se encuentre en equilibrio con la presión atmosférica. Dicha altitud o cota absoluta corresponde al potencial hidráulico de ese punto, y físicamente representa, en altura, la energía de que dispone el agua en el punto considerado del subsuelo.

➤ **Gradiente hidráulico:**

El agua subterránea se mueve en la dirección en que decrece el potencial hidráulico total, de manera que si se mantienen constantes todos los demás factores, la cuantía del movimiento de aquella, en el seno de la zona saturada, depende del gradiente hidráulico.

➤ **Permeabilidad:**

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración.

➤ **Geosintético:**

Producto elaborado con polímeros para el uso en obras geotécnicas, que comprende los geotextiles, las geomembranas y otros productos relacionados.

➤ **Geotextiles:**

El diseño debe ser enfocado determinando, a priori, la función que ellos van a desempeñar en determinada aplicación y definiendo las propiedades mecánicas e hidráulicas importantes que permitan obtener los factores de seguridad mínimos recomendables.

➤ **Conductividad hidráulica:**

La conductividad hidráulica representa la mayor o menor facilidad con que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo.

➤ **Isotrópicos:**

Es la característica de los cuerpos cuyas propiedades físicas no dependen de la dirección, es decir, se refiere al hecho de que ciertas magnitudes vectoriales conmensurables, dan resultados idénticos con independencia de la dirección escogida para dicha medida. Cuando una determinada magnitud no presenta isotropía decimos que presenta anisotropía

➤ **Anisotrópicos:**

Es la propiedad general de la materia según la cual cualidades como elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc. varían según la dirección en que son examinadas.

Algo anisótropo podrá presentar diferentes características según la dirección. La anisotropía de los materiales es más acusada en los sólidos cristalinos, debido a subestructura atómica y molecular regular.

➤ **Agua subterránea:**

Es el agua que se desplaza por acción de la gravedad en el interior del suelo y ocupa el espacio poroso de las rocas que constituyen la corteza. Cuando en su movimiento descendente, alcanza un sustrato impermeable o una zona saturada, satura a su vez completamente la zona suprayacente y constituye el agua subterránea propiamente dicha.

➤ **Precipitación:**

Es el proceso por el cual las partículas de agua se depositan en la superficie de la tierra. Cantidad de agua líquida o sólida que cae sobre una superficie determinada.

➤ **Escurrimiento:**

Es la parte del ciclo hidrológico, en la cual el agua precipitada, circula sobre la superficie del continente, iniciando el retorno, ya sea hacia el mar, hacia la zona de recarga de algún recipiente subterráneo, o para llegar a algún reservorio superficial desde donde se evapora.

➤ **Infiltración:**

Es la etapa del Ciclo Hidrogeológico, por el cual el agua penetra desde la superficie hacia el subsuelo, pudiendo alimentar las capas acuíferas subterráneas.

128

➤ **Evaporación:**

Es el proceso mediante el cual las moléculas de agua de una superficie libre o de un suelo humedecido adquieren mediante la radiación solar, la energía suficiente para pasar del estado líquido al estado gaseoso.

➤ **Transpiración**

Proceso mediante el cual las plantas ceden agua a la atmósfera, es cuando ambos procesos son considerados en un concepto más amplio, bajo la denominación de evapotranspiración.

➤ **Evapotranspiración:**

Se define la evapotranspiración como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

➤ **Caudal:**

Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.

➤ **Clima:**

Estado normal o medio de la atmósfera para un periodo temporal, dado dentro del año y en una posición geográfica dada.

➤ **Cuenca hidrográfica:**

La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura.

➤ **Curva intensidad – duración – frecuencia:**

Es un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

➤ **Estación climatológica:**

Lugar equipados con instrumental mecánico o digital que requieren la intervención de un operario para obtener datos meteorológicos de precipitación, temperatura, humedad del aire, dirección y velocidad del viento, radiación, evaporación, entre otros, para describir y explicar el clima de una región.

➤ **Material filtrante:**

El material filtrante colocado alrededor del dren tiene como funciones principales facilitar el flujo del agua hacia el dren, proporcionando un aumento de la conductividad hidráulica en las proximidades del tubo en comparación con la del suelo adyacente, e impedir el ingreso de partículas del suelo al dren.

➤ **Capilaridad:**

La capilaridad es una propiedad de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar. Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular, entre sus moléculas, es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja.

## 2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Cantidad de descarga.
- Duración.
- Diseño.
- Costos.

### 2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES:

- Sistema de drenaje tipo dren francés.
- Sistema de drenaje tipo sintético.

### 2.5.3. DEFINICION OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES:

OBJETIVO	VARIABLES	INDICADORES
Proporcionar un diseño y una evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo de dren francés y tipo sintético en el sector de Quintanillapampa.	<b>Independiente:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de descarga.</li> <li>• Duración.</li> <li>• Diseño.</li> <li>• Costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundación de terreno.</li> <li>• Topografía.</li> <li>• Inclinação y Pendiente de terreno.</li> <li>• Caudal existente en el terreno.</li> </ul>
	<b>Dependiente:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de drenaje tipo dren francés</li> <li>• Sistema de drenaje tipo sintético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de retención de los finos.</li> <li>• Materiales filtrantes.</li> <li>• Sistematización de la zona.</li> <li>• Proceso constructivo.</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO:**

##### **3.1.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN**

El departamento de Huancavelica se encuentra ubicado en la región andina (parte centro – sur del país), entre los paralelos 11°59'10" y 14° 07'43" latitud sur; y entre los 74° 16'15" y 75° 48'55" longitud oeste del meridiano de Greenwich.

El sector Quintanillapampa se ubica en:

Departamento: Huancavelica.

Provincia: Huancavelica.

Distrito: Ascensión.

Sector: Quintanillapampa.

El departamento de Huancavelica limita con:

Por el Norte: departamento de Junín.

Por el Sur: departamento de Ayacucho.

Por el Este: departamento de Ayacucho.

Por el Oeste: departamentos de Lima, Ica y Junín.

El área de estudio específico es: sector Quintanillapampa – distrito de Ascensión, provincia y departamento de Huancavelica:

Por el Norte: Av. Carmen Larrauri – comunidad de Ascensión.

Por el Sur: Río Ichu - comunidad de Ascensión.

Por el Este: Prolog. Santos Villa - Río Ichu.

Por el Oeste: Av. Ascensión – comunidad de Ascensión.

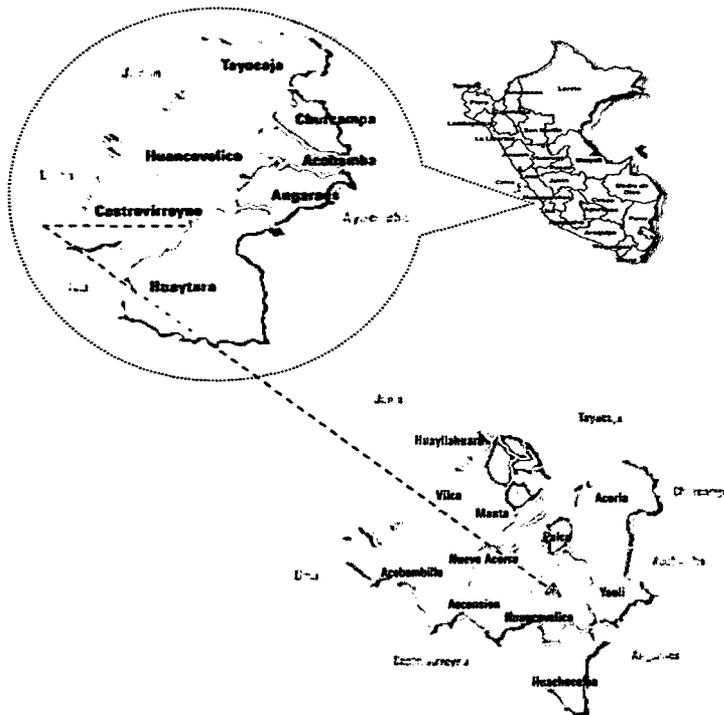




Figura N° 13: FUENTE: Google Earth, lugar delimitado para realizar el estudio mencionado

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación de la presente tesis es de nivel aplicado. Tiene por objetivo resolver problemas prácticos para satisfacer las necesidades de la sociedad.

### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis es de tipo de investigación descriptiva, aplicada a un proceso y análisis comparativo; además se opta también la investigación exploratoria.

Obteniendo datos por medio de series de correlaciones, como:

- Los costos en materiales que se usan para la construcción de cada uno de los sistemas.
- La eficiencia y rendimiento que se tiene en cada uno de los sistemas.
- Proceso constructivo que se emplea para la elaboración del sistema.

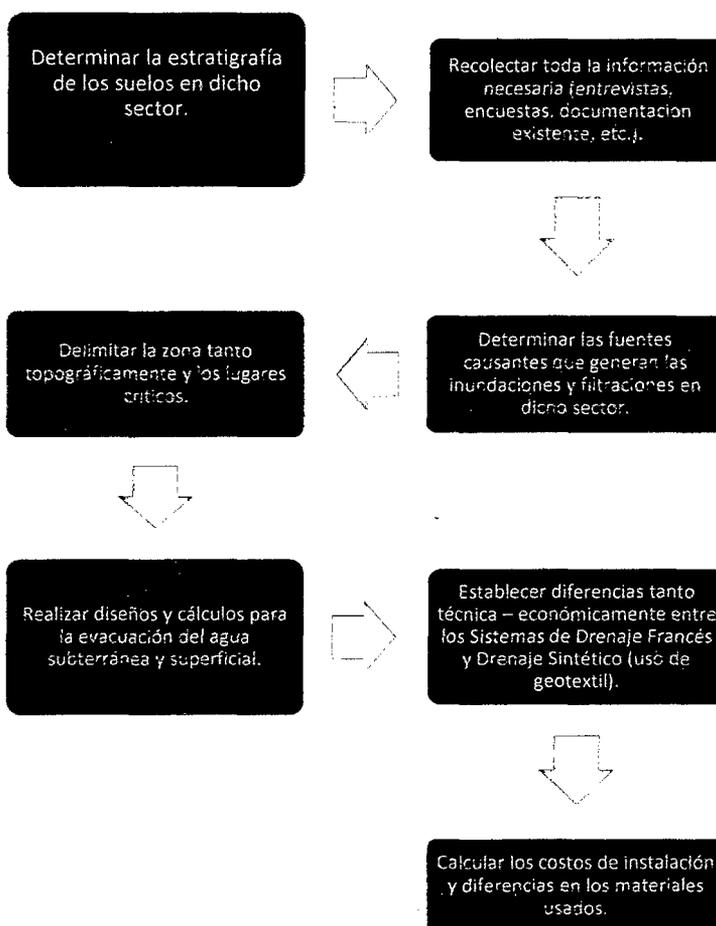
- Realizar diseños, cálculos y verificaciones para dicho sector.

### 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es deductivo – inductivo y de carácter longitudinal

### 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es de tipo descriptivo



### 3.6. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO:

#### 3.6.1. POBLACIÓN:

La población de referencia es de acuerdo a los siguientes cuadros obtenidos del INEI y el catastro del distrito de Ascensión. También se realizó una visita a campo, realizando un conteo de las viviendas beneficiarias de dicho sector.

**Tabla N° 04: Población y superficie del área urbana 2011**

LUGAR	SUPERFICIE Has.	%	POBLACION URBANA	DENSIDAD Habitante/Ha.
DISTRITO HUANCAVELICA	57,806.00	61.09%	36,149	0.62
CIUDAD DE HUANCAVELICA	320.65	0.55%	32,150	100.46
DISTRITO ASCENSION	36,828.00	38.91%	12,430	0.33
<b>CENTRO URBANO ASCENSION</b>	125.92	0.34%	9,380	73.07

Fuente: INEI y Catastro VAEC SRL

713

**Tabla N° 05: Población total del área nucleada de Ascensión**

SECTOR	DENOMINACIÓN	POBLACIÓN	PORCENTAJE %
01	SAN JUAN	1,569	16.73
02	ASCENSION DEL SEÑOR	2,753	29.35
03	CHUNCUYSMARCA	2,146	22.88
04	QUINTA BOLIVIANA	1,536	16.38
05	QUINTANILLA PAMPA	560	5.97
06	PUCARUMI	588	6.27
07	CCACHUANA MILLPO	110	1.17
08	CALLQUI GRANDE	118	1.26
	<b>TOTAL</b>	<b>9,380</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Catastro PDUA 2004-VAECSRL

**3.6.2. MUESTRA:**

La Junta Vecinal de Quintanillapampa, según su padrón cuenta con 116 beneficiarios, por lo que la composición familiar promedio del distrito es de 05 miembros por familia, considerándose a los padres; es decir 03 hijos por familia. En tal sentido la población de Quintanillapampa es de 580 habitantes al año 2012.

La población directamente afectada en este caso vienen hacer toda la población que viven en Quintanillapampa, ya que son todos los que enfrentan el problema día a día y que se pretende solucionar, y que son los 580 habitantes tanto niños, adultos y ancianos al año 2012.

117

### **3.6.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas e instrumentos de recolección de Datos se realizaran de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Se realizara la revisión bibliográfica documentaria en las Instituciones pertinentes de dicho sector, como la Municipalidad Distrital de Ascensión.
- Se tuvo listas de datos de campos y formatos.
- Se consideró juicio de expertos.
- Se realizó diseños.
- Se obtuvo el perfil estratigráfico del suelo
- Se consideraran las normas peruanas para tomar los datos necesarios para los diseños.

## **3.7. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

### **3.7.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO:**

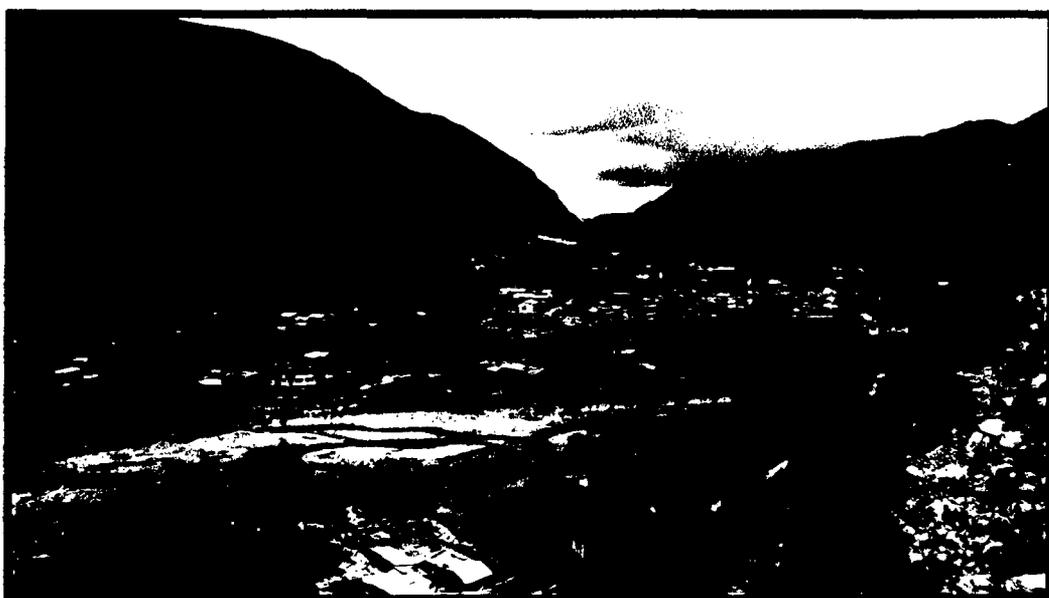
La zona en estudio fue la zona demarcada en la figura N° 14, el cual consideró las zonas más críticas según la microzonificación del estudio de tesis realizado en el sector de Quintanillapampa, determinados según datos de estudio de mecánica de suelos. Esta zona delimitada corresponde a la Zona 1 y Zona 2, con niveles de napa freática de 1.30 m y 1.50 m respectivamente.

Se considera esta zona apta para realizar el drenaje de dicho acuífero, ya que en épocas de lluvia tiende a saturarse, sobrepasando los niveles freáticos mencionados, el cual se considera la conductividad hidráulica muy favorable para el drenaje subterráneo en dicha zona

**Figura N° 14: Delimitación de zona en estudio**



**Figura N° 15: Vista fotográfica de la zona en estudio.**



### 3.7.2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO:

#### a) Características hidráulicas de la zona:

Las principales características hidráulicas de la zona en estudio de Quintanillapampa, son las siguientes:

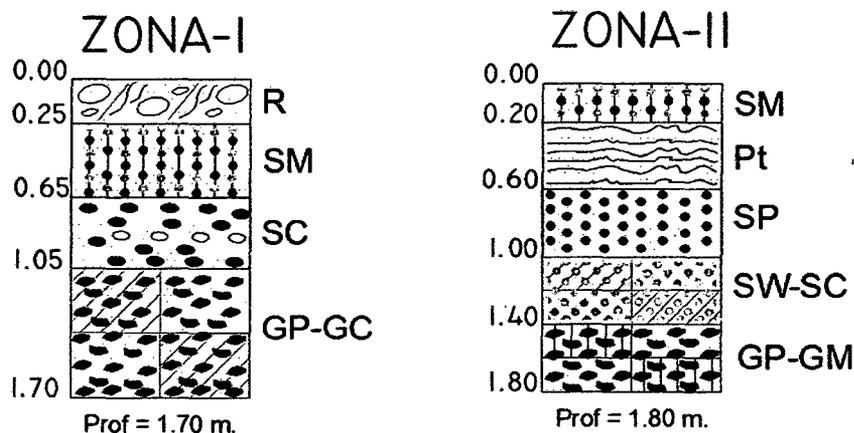
- Área de la superficie del acuífero : 10.01 Has.  $\approx$  0.1 Km<sup>2</sup>
- Perímetro superficial del acuífero : 1.43 Km<sup>2</sup>
- Ancho promedio del acuífero : 0.33 Km<sup>2</sup>
- Profundidad media del acuífero : 1.75 ml
- Nivel freático superficial : 0.00 m
- Nivel de agua freática : 1.50 m
- Volumen total del acuífero : 175,000.00 m<sup>3</sup>
- Nivel real de agua confinada : 1.50 m debajo de N.T.N.

#### b) Porosidad y volumetría del acuífero:

La porosidad del acuífero se ha basado en las características estratigráficas presentadas en el estudio realizado en la tesis denominado: "MICROZONIFICACIÓN DE SUELOS EN EL SECTOR QUINTANILLAPAMPA - DISTRITO DE ASCENSIÓN, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA", realizado en el acuífero denominado Quintanilla. A continuación se muestra la estratigrafía de la zona en estudio:

14

**Figura N° 16: Perfil estratigráfico en función a la permeabilidad del acuífero (zona seleccionada):**



**c) Permeabilidad de la zona en estudio:**

Sé ha basado en las características estratigráficas presentadas en los estudios de suelos realizados en la zona de estudio, siendo el coeficiente de permeabilidad calculado para la zona 1 de 23.121 mm/h y en zona 2 de 29.487 mm/h, el cual de acuerdo a la clasificación de Terzagui – Peck, es el correspondiente al de un deposito lacustre aluvial, con un grado de permeabilidad media.

De acuerdo a los estudios hidrológicos desarrollados, se observa que la recarga del acuífero es absorbida en un 99% de las lluvias originadas en la zona, una de las fuentes del acuífero, entendiéndose que el coeficiente de saturación en el estrato del acuífero es del 100%.

### 3.7.3. DISEÑO GENERAL:

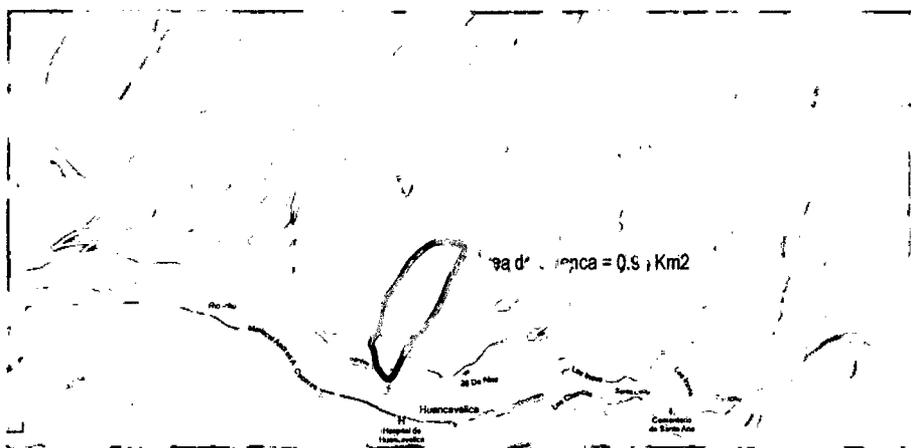
#### 3.7.3.1. DISEÑO GENERAL:

##### a) Estudio hidrológico e hidráulico del sector Quintanillapampa:

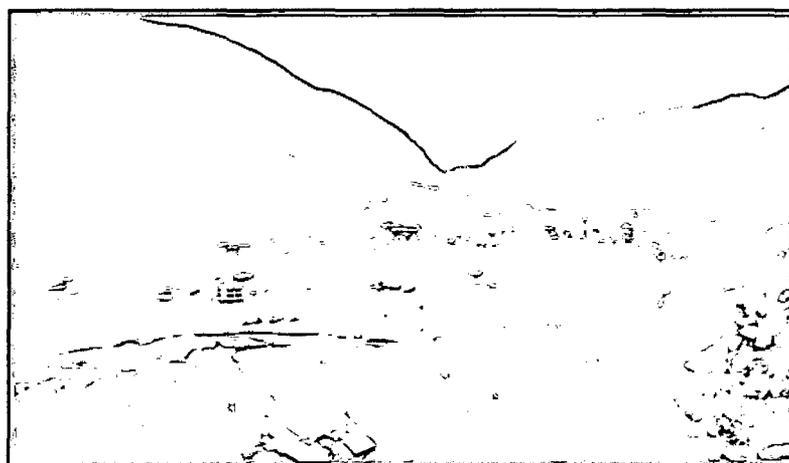
###### ➤ Estudio de cuencas:

Se realizó la delimitación de la cuenca, alcanzando un área de 0.96 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 4.99Km, como se muestra en la figura N° 17.

**Figura N° 17: Cuenca delimitada que atribuye al sector de Quintanillapampa.**



**Figura N° 18: Vista de la zona en estudio de Quintanillapampa**



- L = Longitud del curso principal en kilómetros.
- A = Area de cuenca en Km<sup>2</sup>.
- S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

**Fórmula Australiana.**

$$Tc = 0.066 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde:

- Tc = Tiempo de concentración, en min.
- L = Longitud de corriente, en kilómetros.
- S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

De acuerdo a los datos necesarios que debemos obtener, tenemos:

PARAMETROS DE LA CUENCA	VALORES
Area (Km <sup>2</sup> )	0.96
Perimetro (Km)	4.99
Ancho Promedio (Km)	0.52
Altitud Maxima (m.s.n.m.)	4330.00
Altitud Minima (m.s.n.m.)	3650.00
Altitud Media (m.s.n.m.)	3990.00
Coficiente de Escorrentia	0.30
Longitud Maxima (m)	1833.55
Pendiente Media (m/m)	0.185
Coficiente de Compacidad	1.31
Factor de Forma	0.40

Se muestra a continuación el resumen obtenido el Tc = 25.31 min. Para la cuenca demarcada para el sector Quintanillapampa:

710

TIEMPO DE CONCENTRACION Y DURACION DE TORMENTA DE DISEÑO					
Tc	Formula de Kirpich $T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	Formula de Temes $T_c = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$	Formula de Brandy W. $T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$	Formula Australiana $T_c = 0.066 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$	Tiempo de Concentracion Promedio
En Horas	0.2027	0.6553	0.6277	0.2016	0.4218
En Minutos	12.16	39.32	37.66	12.09	25.3093

➤ **Análisis estadístico de la precipitación:**

Los caudales de avenida serán estimados sobre la base de las lluvias máximas registradas en las estaciones ubicadas en el ámbito de la zona de estudio, por cuanto no hay registros de aforos.

**PRECIPITACION MEDIA MENSUAL REGISTRADA EN LA ESTACION HUANCVELICA, ALT. : 3,675 m.s.n.m.**

LATITUD 12° 48' 17" S Dpto. Huancavelica  
 LONGITUD 75° 00' 44" W Prov. Huancavelica  
 ALTITUD 3,675 mnsam Dist. Huancavelica

AÑOS	ENL.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL	MAX
1969	89.60	68.00	155.60	42.20	5.30	16.10	14.00	17.30	36.10	16.90	40.70	148.30	648.10	155.60
1970	223.30	107.70	171.50	67.90	65.80	0.10	3.90	5.50	69.30	31.80	34.70	195.40	976.90	223.30
1971	129.60	157.80	169.20	46.00	12.10	9.30	7.80	22.90	19.00	35.90	43.70	98.10	751.00	169.20
1972	99.90	151.00	185.70	143.60	12.80	3.10	13.80	0.40	48.00	33.50	61.60	90.20	843.60	185.70
1973	148.40	183.00	168.50	71.90	4.70	1.00	4.80	8.10	10.70	61.30	31.00	105.20	798.60	183.00
1974	212.90	224.20	130.30	83.30	0.20	5.50	1.80	4.90	12.70	37.53	74.38	86.87	874.58	224.20
1975	141.56	145.21	88.98	69.98	30.90	7.47	0.73	19.55	42.80	39.14	33.58	88.30	708.19	145.21
1976	139.47	169.68	69.97	69.99	20.22	17.05	7.29	23.45	44.80	33.46	61.28	104.15	760.81	169.68
1977	127.89	124.78	79.32	69.47	26.25	12.65	10.03	26.14	54.78	54.82	161.45	128.97	876.56	161.45
1978	148.77	193.99	95.78	69.32	14.89	9.25	1.39	23.73	53.74	85.16	96.99	100.95	893.96	193.99
1979	136.40	131.20	63.40	69.05	13.77	9.60	10.21	25.63	30.48	41.10	74.03	108.53	713.41	136.40
1980	129.78	143.61	77.95	69.88	21.57	10.77	37.10	36.77	41.90	145.90	72.78	66.00	854.01	145.90
1981	49.60	144.70	88.57	69.27	14.09	8.51	17.07	20.03	58.73	73.63	81.80	133.10	759.09	144.70
1982	141.22	184.44	71.65	69.57	0.70	1.50	0.50	4.80	74.70	32.80	112.80	22.30	716.78	184.44
1983	27.20	105.05	67.36	69.87	20.64	11.05	0.73	22.20	77.68	77.47	47.63	81.16	608.03	105.05
1984	146.39	121.06	86.19	69.75	18.10	10.77	11.58	23.21	58.02	41.33	48.67	135.32	770.39	146.39
1985	127.53	129.52	75.10	70.13	17.18	12.22	3.36	25.23	87.80	10.60	42.80	65.80	667.36	129.52
1986	170.30	222.70	169.30	3.40	2.40	4.40	2.90	25.00	39.90	58.66	56.64	99.57	855.18	222.70
1987	137.13	132.73	91.13	70.30	14.57	9.12	17.66	21.24	64.44	43.38	42.25	70.08	714.03	137.13
1988	131.40	109.20	130.00	95.30	13.70	2.00	0.00	0.00	30.70	40.10	36.10	136.30	724.80	136.30
1989	199.60	79.40	91.74	110.00	26.20	33.30	2.20	13.10	14.30	47.20	51.80	24.90	693.74	199.60
1990	131.70	39.10	112.10	26.90	22.50	70.90	9.50	18.70	42.70	113.20	89.70	148.20	825.20	148.20
1991	74.10	74.80	90.30	104.30	30.40	4.00	0.00	0.00	33.52	90.16	71.89	110.40	683.88	110.40
1992	7.00	63.80	121.10	30.40	6.10	36.50	25.20	17.50	23.00	102.10	10.80	70.30	513.80	121.10
1993	180.87	188.07	82.31	66.88	67.20	59.40	30.80	81.40	137.10	217.60	264.80	259.80	1636.24	264.80
1994	226.10	194.90	201.20	91.00	22.10	9.20	8.60	14.60	69.80	61.20	51.00	107.70	1057.40	226.10
1995	221.80	152.90	238.70	76.40	18.30	2.40	9.80	0.00	77.80	51.10	80.20	39.90	969.30	238.70
1996	129.70	188.50	77.80	26.10	9.20	5.20	13.80	49.70	43.20	33.10	30.00	130.00	736.30	188.50
1997	74.20	108.20	74.30	46.30	17.20	10.10	0.00	55.30	58.00	69.70	110.00	129.10	752.40	129.10
1998	166.50	124.40	121.20	61.30	1.90	9.60	0.00	26.00	23.00	74.00	46.60	126.40	780.90	166.50
1999	161.00	223.80	109.40	107.60	39.50	5.00	12.30	8.10	63.30	58.50	46.50	105.20	940.20	223.80
2000	161.50	157.10	120.50	54.60	17.70	6.90	35.10	27.10	25.80	97.10	49.20	86.90	839.50	161.50
2001	164.50	128.00	249.70	42.30	35.90	0.00	36.80	35.90	72.90	59.90	127.80	84.00	1037.70	249.70
2002	115.80	238.40	314.90	79.20	18.20	5.80	91.10	90.30	119.10	109.00	197.10	135.60	1514.50	314.90
2003	193.90	456.80	332.40	117.50	8.90	0.00	7.40	75.00	35.30	43.30	24.80	194.00	1489.30	456.80

En el ámbito de la zona de estudio, las lluvias que ocurren en las cuencas, tienen un origen orográfico, basado en esta consideración, los caudales máximos estimados serán ajustados por la relación de altitudes, altitud media de la cuenca entre la altitud de la estación de lluvia.

Los caudales máximos serán estimados mediante modelos de precipitación-escurrentía, sobre la base la precipitación máxima en 24 horas y de las características geomorfológicas de las cuencas.

Los valores observados de precipitación máxima en 24 horas, fueron ajustados a las distribuciones teóricas Log Pearson Tipo III, Pearson Tipo III y Gumbel, para ello se recurrió al software de cómputo, SMADA Versión 6.0.

➤ **Análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas:**

En la teoría estadística e hidrológica, existen muchas distribuciones de frecuencia: entre ellas, Normal, Log Normal de 2 y 3 parámetros, gamma de 2 y 3 parámetros, log Gumbel, etc., sin embargo para propósitos prácticos está probado (sobre la base de muchos estudios hidrológicos de carreteras), que las distribuciones Pearson Tipo II, Log Pearson Tipo III y Gumbel, son las que mejor se ajustan a las precipitaciones máximas en 24 horas.

**a. Distribución Pearson Tipo III**

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Dónde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$  = Parámetros de la función

$\Gamma(\beta_1)$  = Función Gamma.

Los parámetros  $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$  se evalúan a partir de los datos de intensidades observadas (en este caso estimadas a partir de la lluvia máxima en 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$$

$$S^2 = \alpha_1^2 \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

Dónde:

$\bar{x}$  = es la media de los datos

$S^2$  = variancia de los datos

$\gamma$  = coeficiente de sesgo, definido como:  $\gamma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$

Función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \left( \frac{x-\delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo

$y = \frac{x-\delta_1}{\alpha_1}$ , la ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución chi cuadrada con  $2\beta_1$  grados de libertad y también  $\chi^2 = 2y$ , es decir:

$$F(y) = F(\chi^2 | v) = F\chi^2(2y | 2\beta_1)$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

**b. Distribución Log Pearson Tipo III**

Si se toman los logaritmos de la variable aleatoria y suponiendo que estos se comportan según la distribución Pearson Tipo III, se tiene la función Log Pearson Tipo III. Para la solución se sigue el mismo procedimiento que la distribución Pearson Tipo III.

**c. Distribución Gumbel**

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene "n" eventos. Si se selecciona el máximo "x" de los "n" eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que "n" aumenta, la función de distribución de probabilidad de "x" tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S} \quad \beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de  $\mu_y$  y  $\sigma_y$  se encuentran en tablas.

103

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**  
**ESTACION HUANCVELICA**

Distribution Analysis: Pearson Type III

First Moment (mean) = 185.701

Second Moment = 4.463e03

Skew = 2.008e+00

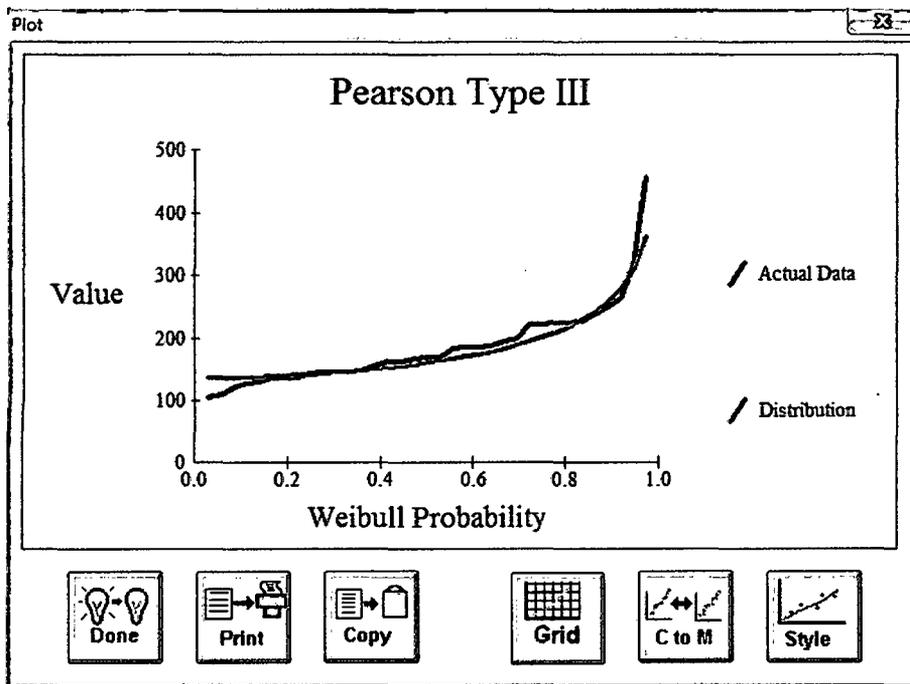
Point Number	Weibull Probability	Actual Value	Predicted Value	Standard Deviation
1	0.0278	105.05	136.6398	32.9022
2	0.0556	110.4	136.678	33.085
3	0.0833	121.1	136.8841	30.224
4	0.1111	129.1	137.3344	26.7501
5	0.1389	129.52	137.9977	23.1932
6	0.1667	136.3	138.8463	19.7233
7	0.1944	136.4	139.8613	16.4127
8	0.2222	137.13	141.0309	13.3117
9	0.25	144.7	142.3481	10.4882
10	0.2778	145.21	143.81	8.078
11	0.3056	145.9	145.4163	6.3692
12	0.3333	146.39	147.1696	5.8098
13	0.3611	148.2	149.0744	6.5435
14	0.3889	155.6	151.1376	8.1196
15	0.4167	161.45	153.3681	10.0693
16	0.4444	161.5	155.7773	12.1498
17	0.4722	166.5	158.3791	14.251
18	0.5	169.2	161.1909	16.3203
19	0.5278	169.68	164.2349	18.3297
20	0.5556	183	167.54	20.2632
21	0.5833	184.44	171.1382	22.1068
22	0.6111	185.7	175.0682	23.8482
23	0.6389	188.5	179.3783	25.4753
24	0.6667	193.99	184.1293	26.9752
25	0.6944	199.6	189.3982	28.3333
26	0.7222	222.7	195.2856	29.5339
27	0.75	223.3	201.9249	30.5607
28	0.7778	223.8	209.4984	31.3998
29	0.8056	224.2	218.2646	32.0481
30	0.8333	226.1	228.6055	32.5351
31	0.8611	238.7	241.12	32.9822
32	0.8889	249.7	256.8238	33.7675
33	0.9167	264.8	277.6486	36.0107
34	0.9444	314.9	308.0089	43.0681
35	0.9722	456.8	362.3519	66.6507

104

Predictions

Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	Standard Deviation
0.995	200	507.9827	166.8651
0.99	100	447.359	120.8835
0.98	50	389.0833	81.9906
0.96	25	333.3999	52.5667
0.9	10	264.3777	34.3795
0.8	5	216.4	31.933
0.667	3	184.1893	26.9923
0.5	2	161.1909	16.3203

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA ver.



103

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**  
**ESTACION HUANCVELICA**

**Distribution Analysis: Log Pearson Type III**

First Moment (mean) = 185.701  
Second Moment = 4.463e03  
Skew = 2.008e+00

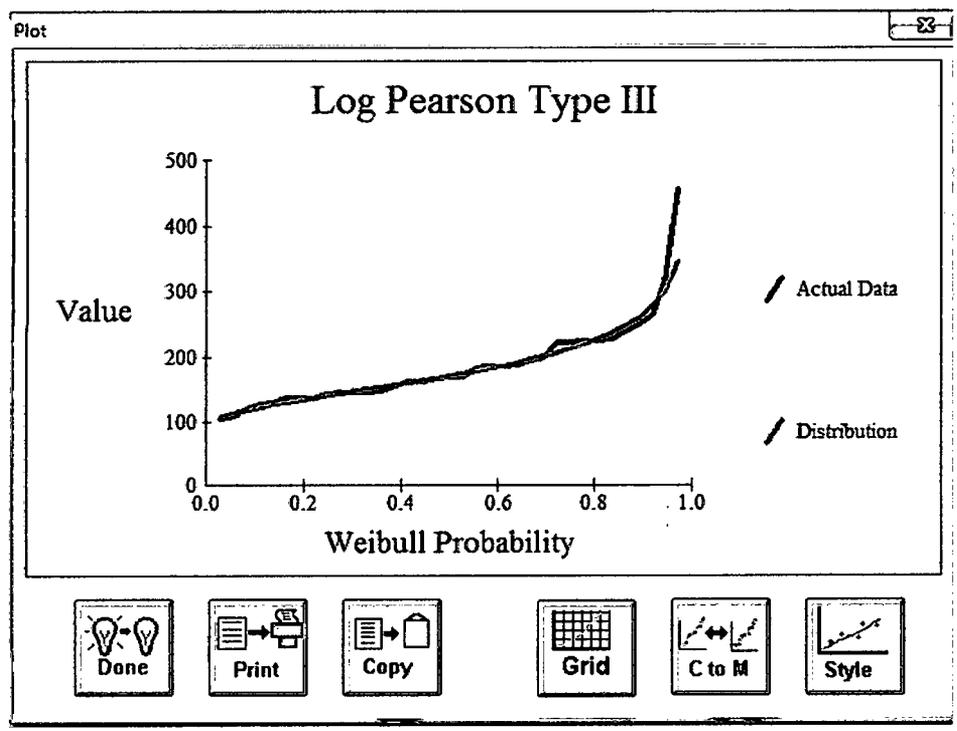
Point Number	Weibull Probability	Actual Value	Predicted Value	Standard Deviation
1	0.0278	105.05	106.663	8.5644
2	0.0556	110.4	113.7934	7.1839
3	0.0833	121.1	119.0682	6.6417
4	0.1111	129.1	123.5129	6.4622
5	0.1389	129.52	127.4874	6.4771
6	0.1667	136.3	131.1658	6.6042
7	0.1944	136.4	134.6481	6.7983
8	0.2222	137.13	137.9987	7.0328
9	0.25	144.7	141.2624	7.2918
10	0.2778	145.21	144.4729	7.5654
11	0.3056	145.9	147.6568	7.8478
12	0.3333	146.39	150.8364	8.1355
13	0.3611	148.2	154.0313	8.4267
14	0.3889	155.6	157.2594	8.7206
15	0.4167	161.45	160.5381	9.0174
16	0.4444	161.5	163.8846	9.318
17	0.4722	166.5	167.3167	9.6239
18	0.5	169.2	170.854	9.9374
19	0.5278	169.68	174.5193	10.2617
20	0.5556	183	178.3406	10.6014
21	0.5833	184.44	182.3459	10.9617
22	0.6111	185.7	186.5682	11.3499
23	0.6389	188.5	191.0474	11.7755
24	0.6667	193.99	195.8328	12.2513
25	0.6944	199.6	200.9859	12.7946
26	0.7222	222.7	206.5864	13.4297
27	0.75	223.3	212.7392	14.1907
28	0.7778	223.8	219.5874	15.1271
29	0.8056	224.2	227.3334	16.313
30	0.8333	226.1	236.277	17.8643
31	0.8611	238.7	246.8896	19.9723
32	0.8889	249.7	259.9753	22.9807
33	0.9167	264.8	277.0763	27.5865
34	0.9444	314.9	301.7648	35.5177
35	0.9722	456.8	346.0121	53.1538

102

### Predictions

Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	Standard Deviation
0.995	200	470.2456	122.015
0.99	100	417.1564	89.427
0.98	50	368.049	63.4119
0.96	25	322.381	43.218
0.9	10	266.2042	24.571
0.8	5	225.6999	16.0511
0.667	3	195.8923	12.2574
0.5	2	170.854	9.9374

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA ver. 6.4



101

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)****ESTACION HUANCABELICA****Distribution Analysis: Gumbel Extremal Type I**

First Moment (mean) = 185.701

Second Moment = 4.463e03

Skew = 2.008e+00

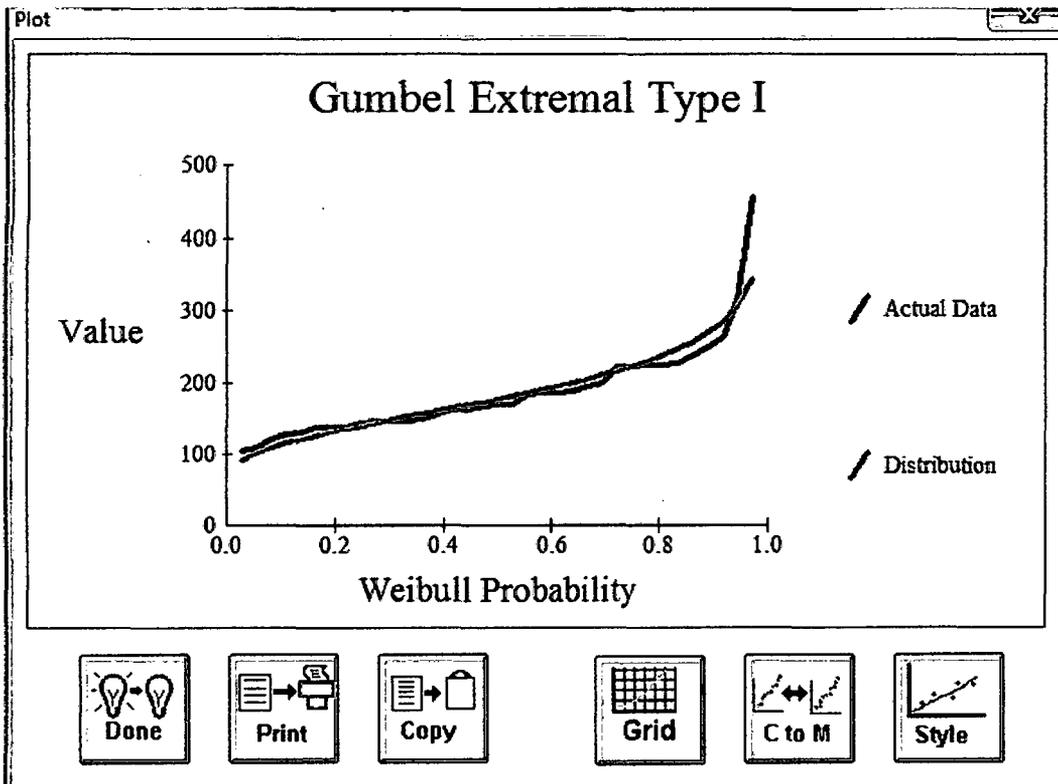
Point Number	Weibull Probability	Actual Value	Predicted Value	Standard Deviation
1	0.0278	105.05	90.3959	13.4066
2	0.0556	110.4	101.673	12.103
3	0.0833	121.1	109.6026	11.2895
4	0.1111	129.1	116.0574	10.7058
5	0.1389	129.52	121.6756	10.2654
6	0.1667	136.3	126.7594	9.9285
7	0.1944	136.4	131.4789	9.6737
8	0.2222	137.13	135.9411	9.4884
9	0.25	144.7	140.2191	9.3645
10	0.2778	145.21	144.3659	9.2966
11	0.3056	145.9	148.4222	9.2811
12	0.3333	146.39	152.4209	9.3153
13	0.3611	148.2	156.3895	9.3973
14	0.3889	155.6	160.3524	9.5258
15	0.4167	161.45	164.3319	9.6997
16	0.4444	161.5	168.3493	9.9186
17	0.4722	166.5	172.4256	10.1822
18	0.5	169.2	176.5825	10.4909
19	0.5278	169.68	180.843	10.8455
20	0.5556	183	185.2323	11.2474
21	0.5833	184.44	189.7783	11.6988
22	0.6111	185.7	194.5136	12.2026
23	0.6389	188.5	199.4763	12.7633
24	0.6667	193.99	204.7127	13.3864
25	0.6944	199.6	210.2797	14.0797
26	0.7222	222.7	216.2495	14.8535
27	0.75	223.3	222.7163	15.7218
28	0.7778	223.8	229.8065	16.7042
29	0.8056	224.2	237.6964	17.8285
30	0.8333	226.1	246.6431	19.136
31	0.8611	238.7	257.0443	20.6911
32	0.8889	249.7	269.5649	22.6026
33	0.9167	264.8	285.4505	25.0752
34	0.9444	314.9	307.4954	28.5702
35	0.9722	456.8	344.6138	34.5643

100

**Predictions**

Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	Standard Deviation
0.995	200	435.1803	49.4817
0.99	100	398.6849	43.4378
0.98	50	362.0558	37.4127
0.96	25	325.1542	31.4082
0.9	10	275.4121	23.5073
0.8	5	236.0437	17.5906
0.667	3	204.7774	13.3943
0.5	2	176.5825	10.4909

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA ver. 6.4



➤ **Pruebas de ajuste de bondad:**

Para saber qué distribución teórica se ajustó mejor a los datos de intensidades calculadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia  $D$  entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_0(X_m)$  y la estimada  $F(X_m)$ .

$$D = \max |F_0(X_m) - F(X_m)|$$

Con un valor crítico "d" que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado. Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Los valores del nivel de significación  $\alpha$  que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%.

El valor de  $\alpha$ , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula

$H_0$  = La función de distribución de probabilidad es  $D(\alpha, \beta, \dots)$ , cuando en realidad es cierta, es decir de cometer un error tipo I

La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde "m" es el número de orden del dato  $X_m$  en una lista de mayor a menor y "n" es el número total de datos.

De acuerdo a esta prueba de ajuste, las distribuciones Pearson, Log Pearson y Gumbel pasan la prueba, pero la que se ajusta mejor por tener el menor valor de  $D$ , es la distribución Log Pearson.

**PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV**  
**Distribución Pearson Tipo 3.- Precipitación Máxima en 24 horas**

**Estación Huancavelica**

N	X	$Y=(x-\delta_1)/\alpha_1$	2Y	$2\beta_1$	$\chi^2$	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	105.05	-0.2690	-0.5381	1.6647	#¡NUM!	#¡NUM!	0.0278	#¡NUM!
2	110.4	-0.1960	-0.3920	1.6647	#¡NUM!	#¡NUM!	0.0556	#¡NUM!
3	121.1	-0.0499	-0.0997	1.6647	#¡NUM!	#¡NUM!	0.0833	#¡NUM!
4	129.1	0.0594	0.1188	1.6647	0.7304	0.2696	0.1111	0.1585
5	129.52	0.0651	0.1302	1.6647	0.7182	0.2818	0.1389	0.1429
6	136.3	0.1577	0.3154	1.6647	0.5744	0.4256	0.1667	0.2590
7	136.4	0.1591	0.3182	1.6647	0.5727	0.4273	0.1944	0.2328
8	137.13	0.1690	0.3381	1.6647	0.5609	0.4391	0.2222	0.2168
9	144.7	0.2724	0.5449	1.6647	0.4604	0.5396	0.2500	0.2896
10	145.21	0.2794	0.5588	1.6647	0.4548	0.5452	0.2778	0.2675
11	145.9	0.2888	0.5776	1.6647	0.4472	0.5528	0.3056	0.2472
12	146.39	0.2955	0.5910	1.6647	0.4420	0.5580	0.3333	0.2246
13	148.2	0.3202	0.6404	1.6647	0.4235	0.5765	0.3611	0.2153
14	155.6	0.4213	0.8426	1.6647	0.3587	0.6413	0.3889	0.2524
15	161.45	0.5012	1.0023	1.6647	0.3167	0.6833	0.4167	0.2666
16	161.5	0.5019	1.0037	1.6647	0.3164	0.6836	0.4444	0.2391
17	166.5	0.5701	1.1403	1.6647	0.2856	0.7144	0.4722	0.2422
18	169.2	0.6070	1.2140	1.6647	0.2705	0.7295	0.5000	0.2295
19	169.68	0.6136	1.2271	1.6647	0.2680	0.7320	0.5278	0.2043
20	183	0.7955	1.5909	1.6647	0.2072	0.7928	0.5556	0.2373
21	184.44	0.8151	1.6303	1.6647	0.2017	0.7983	0.5833	0.2150
22	185.7	0.8323	1.6647	1.6647	0.1970	0.8030	0.6111	0.1919
23	188.5	0.8706	1.7411	1.6647	0.1870	0.8130	0.6389	0.1741
24	193.99	0.9455	1.8911	1.6647	0.1691	0.8309	0.6667	0.1643
25	199.6	1.0222	2.0443	1.6647	0.1528	0.8472	0.6944	0.1528
26	222.7	1.3376	2.6752	1.6647	0.1019	0.8981	0.7222	0.1759
27	223.3	1.3458	2.6916	1.6647	0.1009	0.8991	0.7500	0.1491
28	223.8	1.3526	2.7053	1.6647	0.1000	0.9000	0.7778	0.1222
29	224.2	1.3581	2.7162	1.6647	0.0993	0.9007	0.8056	0.0951
30	226.1	1.3841	2.7681	1.6647	0.0962	0.9038	0.8333	0.0705
31	238.7	1.5561	3.1122	1.6647	0.0777	0.9223	0.8611	0.0612
32	249.7	1.7063	3.4127	1.6647	0.0647	0.9353	0.8889	0.0464
33	264.8	1.9126	3.8251	1.6647	0.0505	0.9495	0.9167	0.0328
34	314.9	2.5967	5.1935	1.6647	0.0227	0.9773	0.9444	0.0329
35	456.8	4.5346	9.0691	1.6647	0.0026	0.9974	0.9722	0.0252
Suma	6499.6						D=	#¡NUM!
Media	185.7							
Des. Est(S)	66.81	d crítico =	0.24					
sesgo( $\gamma$ )	2.1922	n=	35					
$\beta_1=(2/\gamma)^2$	0.8324	$\alpha=$	0.05					
$\alpha_1=S/\sqrt{\beta_1}$	73.2261							
$\delta_1=X-\alpha_1\beta_1$	124.7512							

Fuente: Elaboración del Autor

**PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV**  
**Distribución Log Pearson Tipo 3.- Precipitación Máxima en 24 horas**

Estación Huancavelica

N	X	LnX	$Y=(x-\delta_1)/\alpha_1$	2Y	$2\beta_1$	$\chi^2$	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	105.05	4.6544	1.3007	2.6015	10.3466	0.9893	0.0107	0.0278	0.0171
2	110.4	4.7041	1.6706	3.3411	10.3466	0.9722	0.0278	0.0556	0.0278
3	121.1	4.7966	2.3592	4.7185	10.3466	0.9092	0.0908	0.0833	0.0075
4	129.1	4.8606	2.8355	5.6710	10.3466	0.8421	0.1579	0.1111	0.0468
5	129.52	4.8638	2.8597	5.7193	10.3466	0.8383	0.1617	0.1389	0.0228
6	136.3	4.9149	3.2395	6.4791	10.3466	0.7735	0.2265	0.1667	0.0598
7	136.4	4.9156	3.2450	6.4900	10.3466	0.7726	0.2274	0.1944	0.0330
8	137.13	4.9209	3.2847	6.5695	10.3466	0.7654	0.2346	0.2222	0.0124
9	144.7	4.9747	3.6848	7.3695	10.3466	0.6902	0.3098	0.2500	0.0598
10	145.21	4.9782	3.7110	7.4219	10.3466	0.6851	0.3149	0.2778	0.0371
11	145.9	4.9829	3.7462	7.4925	10.3466	0.6783	0.3217	0.3056	0.0162
12	146.39	4.9863	3.7712	7.5424	10.3466	0.6734	0.3266	0.3333	0.0068
13	148.2	4.9986	3.8627	7.7254	10.3466	0.6556	0.3444	0.3611	0.0168
14	155.6	5.0473	4.2254	8.4509	10.3466	0.5849	0.4151	0.3889	0.0262
15	161.45	5.0842	4.5002	9.0004	10.3466	0.5321	0.4679	0.4167	0.0513
16	161.5	5.0845	4.5025	9.0050	10.3466	0.5316	0.4684	0.4444	0.0239
17	166.5	5.1150	4.7295	9.4590	10.3466	0.4892	0.5108	0.4722	0.0386
18	169.2	5.1311	4.8493	9.6985	10.3466	0.4673	0.5327	0.5000	0.0327
19	169.68	5.1339	4.8704	9.7407	10.3466	0.4635	0.5365	0.5278	0.0087
20	183	5.2095	5.4330	10.8659	10.3466	0.3681	0.6319	0.5556	0.0764
21	184.44	5.2173	5.4913	10.9826	10.3466	0.3589	0.6411	0.5833	0.0578
22	185.7	5.2241	5.5420	11.0840	10.3466	0.3510	0.6490	0.6111	0.0379
23	188.5	5.2391	5.6534	11.3068	10.3466	0.3341	0.6659	0.6389	0.0270
24	193.99	5.2678	5.8672	11.7343	10.3466	0.3032	0.6968	0.6667	0.0301
25	199.6	5.2963	6.0794	12.1588	10.3466	0.2746	0.7254	0.6944	0.0310
26	222.7	5.4058	6.8947	13.7893	10.3466	0.1828	0.8172	0.7222	0.0950
27	223.3	5.4085	6.9147	13.8294	10.3466	0.1809	0.8191	0.7500	0.0691
28	223.8	5.4108	6.9314	13.8627	10.3466	0.1793	0.8207	0.7778	0.0429
29	224.2	5.4125	6.9446	13.8893	10.3466	0.1781	0.8219	0.8056	0.0163
30	226.1	5.4210	7.0075	14.0149	10.3466	0.1723	0.8277	0.8333	0.0056
31	238.7	5.4752	7.4112	14.8224	10.3466	0.1387	0.8613	0.8611	0.0002
32	249.7	5.5203	7.7466	15.4932	10.3466	0.1151	0.8849	0.8889	0.0040
33	264.8	5.5790	8.1837	16.3675	10.3466	0.0896	0.9104	0.9167	0.0063
34	314.9	5.7523	9.4738	18.9475	10.3466	0.0409	0.9591	0.9444	0.0146
35	456.8	6.1242	12.2432	24.4863	10.3466	0.0064	0.9936	0.9722	0.0214
Suma								D=	0.09496
Media		5.17							
Des.Eest(S)		0.3055	d crítico =	0.24					
sesgo( $\gamma$ )		0.8793	n=	35					
$\beta_1=(2/\gamma)^2$		5.1733	$\alpha=$	0.05					
$\alpha_1=S/\sqrt{\beta_1}$		0.1343							
$\delta_1=X-\alpha_1\beta_1$		4.4797							

Fuente: Elaboración del Autor

**PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV**  
**Distribución Gumbel.- Precipitación Máxima en 24 horas**

Estación Huancavelica				
N	X	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	105.05	0.1028	0.0278	0.0750
2	110.4	0.1251	0.0556	0.0696
3	121.1	0.1764	0.0833	0.0931
4	129.1	0.2197	0.1111	0.1086
5	129.52	0.2221	0.1389	0.0832
6	136.3	0.2613	0.1667	0.0947
7	136.4	0.2619	0.1944	0.0675
8	137.13	0.2663	0.2222	0.0440
9	144.7	0.3121	0.2500	0.0621
10	145.21	0.3152	0.2778	0.0375
11	145.9	0.3195	0.3056	0.0139
12	146.39	0.3225	0.3333	0.0108
13	148.2	0.3337	0.3611	0.0274
14	155.6	0.3796	0.3889	0.0093
15	161.45	0.4158	0.4167	0.0008
16	161.5	0.4161	0.4444	0.0283
17	166.5	0.4468	0.4722	0.0255
18	169.2	0.4631	0.5000	0.0369
19	169.68	0.4660	0.5278	0.0618
20	183	0.5435	0.5556	0.0121
21	184.44	0.5515	0.5833	0.0318
22	185.7	0.5585	0.6111	0.0526
23	188.5	0.5737	0.6389	0.0652
24	193.99	0.6026	0.6667	0.0640
25	199.6	0.6309	0.6944	0.0636
26	222.7	0.7321	0.7222	0.0099
27	223.3	0.7344	0.7500	0.0156
28	223.8	0.7363	0.7778	0.0415
29	224.2	0.7378	0.8056	0.0677
30	226.1	0.7450	0.8333	0.0884
31	238.7	0.7882	0.8611	0.0729
32	249.7	0.8207	0.8889	0.0682
33	264.8	0.8580	0.9167	0.0587
34	314.9	0.9364	0.9444	0.0080
35	456.8	0.9940	0.9722	0.0218
Suma	6499.6		D=	0.1086
Media	185.7			
Desvest	66.81	d crítico =	0.24	
uy	0.54034	n=35		
σy	1.12847	α=0.05		
Alfa	0.01689151			
Beta	153.7128631			
exp(1)	2.718281828			

Fuente: Elaboración del Autor

➤ **Intensidades de lluvia:**

Las estaciones de lluvia ubicadas en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Para poder estimarlas se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederick Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del período de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años. La expresión es la siguiente:

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

Donde:

t = duración en minutos.

T = periodo de retorno en años.

$P_t^T$  = precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años.

$P_{60}^{10}$  = precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años.

El valor de  $P_{60}^{10}$ , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

I= intensidad máxima en mm/h.

a, b= parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

P24= precipitación máxima en 24 horas.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/min).

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

T = período de retorno en años.

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

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{Log (T)} - n \text{Log (t)}$$

$$\text{O bien: } Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$$Y = \text{Log (I)}, \quad a_0 = \text{Log K}$$

$$X_1 = \text{Log (T)} \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log (t)} \quad a_2 = -n$$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Para la estación Huancavelica, se tiene la siguiente ecuación IDF.

$$I = \frac{342.51T^{0.193}}{t^{0.528}}$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm/hr).

T = Periodo de Retorno (años).

t = Duración de la precipitación (minutos).

Lluvias máximas (mm).- Estación Huancavelica

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	470.2456	30.8	46.1	56.3	64.2	76.4	100.4
100	417.1564	28.0	42.0	51.3	58.5	69.6	91.4
50	368.049	25.3	37.8	46.3	52.8	62.8	82.5
25	322.381	22.5	33.7	41.3	47.1	56.0	73.5
10	266.2042	18.9	28.3	34.6	39.5	47.0	61.3
5	225.6999	16.2	24.2	29.6	33.8	40.2	52.7
3	195.8923	14.1	21.2	25.9	29.5	35.1	46.1
2	170.854	12.5	18.8	23.0	26.2	31.2	40.9

Fuente: Elaboración del autor aplicando el Modelo de Bell

Intensidades máximas (mm/hora).- Estación Huancavelica

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	470.2456	369.3	276.4	225.3	192.7	152.9	100.4
100	417.1564	336.3	251.7	205.2	175.5	139.2	91.4
50	368.049	303.4	227.1	185.1	158.4	125.6	82.5
25	322.381	270.5	202.4	165.0	141.2	112.0	73.5
10	266.2042	227.0	169.9	138.5	118.5	94.0	61.3
5	225.6999	194.1	145.2	118.4	101.3	80.3	52.7
3	195.8923	169.8	127.1	103.6	88.6	70.3	46.1
2	170.854	150.5	112.7	91.8	78.6	62.3	40.9

Fuente: Elaboración del autor

## Resultado del Análisis de Regresión:

Constante	2.5346724		Log K= 2.5347	K= 342.51
Err. estándar de est. Y	0.0225109			m= 0.193
R cuadrada	0.9906169			n= 0.527
Núm. de observaciones	48			$I = \frac{342.51 T^{0.193}}{t^{0.527}}$
Grado de libertad	45		Donde:	
Coficiente(s) X	0.1934137	-0.52719		T= años
Error estándar de coef.	0.00474	0.00949		t= minutos

Fuente: Elaboración del autor

## Intensidades máximas.- Estación Huancavelica (mm/h)

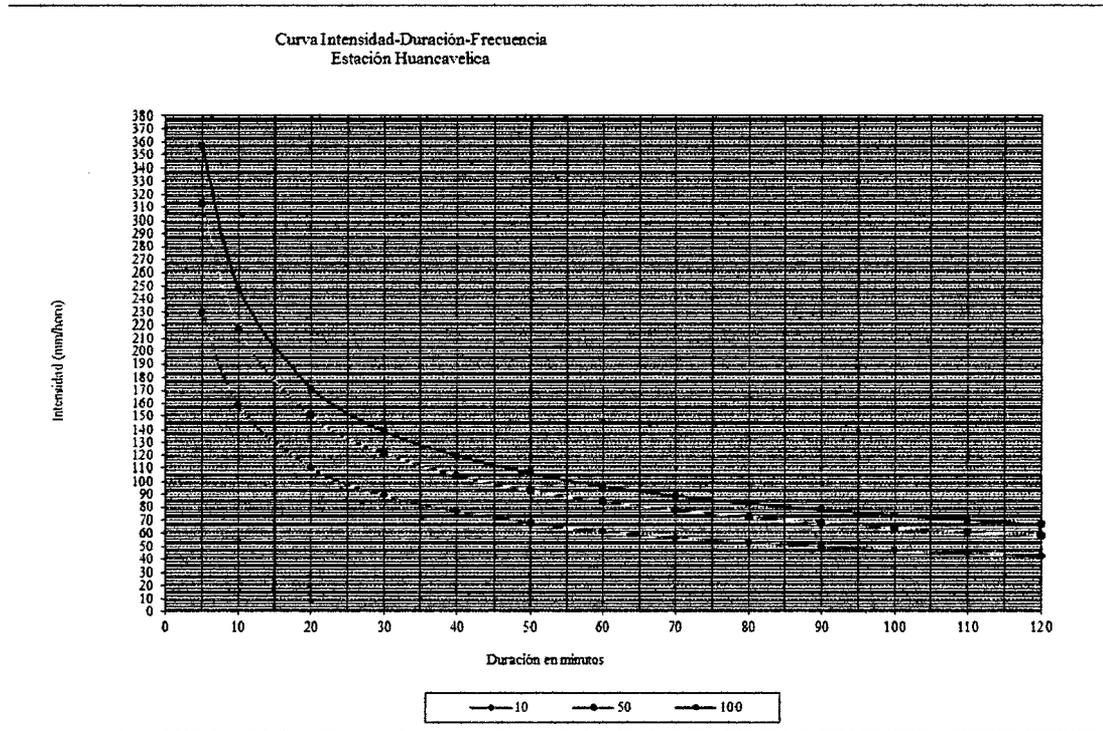
$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

$$K = 342.51$$

$$m = 0.193$$

$$n = 0.527$$

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años		
	10	50	100
5	228.88	312.46	357.28
10	158.82	216.82	247.92
20	110.20	150.45	172.03
30	89.00	121.49	138.93
40	76.47	104.40	119.38
50	67.98	92.81	106.13
60	61.75	84.31	96.40
70	56.93	77.73	88.88
80	53.06	72.44	82.84
90	49.87	68.08	77.85
100	47.17	64.40	73.64
110	44.86	61.25	70.03
120	42.85	58.50	66.89



➤ **Caudales máximos:**

**METODO RACIONAL**

Este método es aplicado con buenos resultados en cuencas pequeñas. La descarga máxima instantánea es determinada sobre la base de la intensidad máxima de precipitación y según la relación:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q = Descarga pico en m<sup>3</sup>/seg.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de precipitación en mm/hora.

A = Área de cuenca en Km<sup>2</sup>.

El método asume que:

- La magnitud de una descarga originada por cualquier intensidad de precipitación alcanza su máximo cuando esta tiene un tiempo de duración igual o mayor que el tiempo de concentración.
- La frecuencia de ocurrencia de la descarga máxima es igual a la de la precipitación para el tiempo de concentración dado.
- La relación entre la descarga máxima y tamaño de la cuenca es para la misma que entre la duración e intensidad de la precipitación.
- El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las tormentas que se produzcan en una cuenca dada.

Para efectos de la aplicabilidad de ésta fórmula, el coeficiente de escorrentía "C" varía de acuerdo a las características geomorfológicas de la zona: topografía, naturaleza del suelo y vegetación de la cuenca, como se muestra en el cuadro siguiente:

T	I (mm/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)
25	103.772	8.3018
50	118.66	9.4928
100	135.684	10.8547
500	185.233	14.8186

Considero por las características que presenta el terreno, que es el 95% de la precipitación que infiltrara al terreno y que será una dotación por área sobre nuestras tuberías de drenaje.

Donde el caudal para un periodo de diseño de 50 años será:

$$Q_{\text{infiltración}} = 9.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

**b) Cálculo de caudal de agua subterránea:**

Para el cálculo se hace el uso de la Ley de Darcy, con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{dV}{dt} = kAi \dots \dots \dots \left(\frac{cm^3}{seg}\right)$$

Donde:

A: Área total de la sección transversal del filtro ( $cm^2$ ).

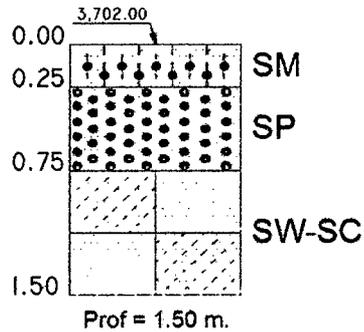
i: Gradiente hidráulica del flujo medido con la expresión.

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

K: Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg.).

➤ **Cálculo del coeficiente de permeabilidad (K):**

**Ensayo K1, de la calicata N° 02:**



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

<b>ENSAYO N° 1</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	260
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro inferior (L)	cm	25
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>6.51E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>23.4375 mm/hora</b>

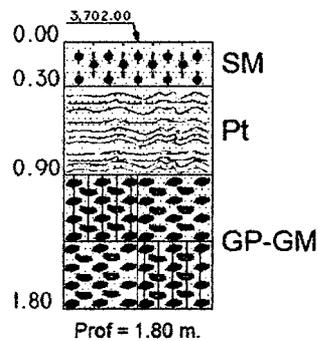
<b>ENSAYO N° 2</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	400
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro inferior (L)	cm	50
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>8.46E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>30.4688 mm/hora</b>

<b>ENSAYO N° 3</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	1000
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro inferior (L)	cm	75
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>5.08E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>18.2813 mm/hora</b>

Obteniéndose los siguientes datos:

SM (arena limosa) : K1 = 23.438 mm/hora  
 SP (arena mal graduada) : K2 = 30.469 mm/hora  
 SW-SC (arena arcillosa bien graduada) : K3 = 18.281 mm/hora

**Ensayo K2, de la calicata N° 13:**



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

ENSAYO N° 1		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	250
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	30
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		8.13E-04 cm/seg
k =		29.2500 mm/hora

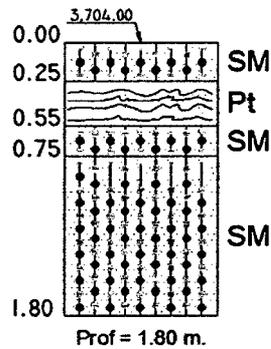
ENSAYO N° 2		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	700
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	60
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 5.80E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 20.8929 mm/hora</b>		

ENSAYO N° 3		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	600
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	90
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 1.02E-03 cm/seg</b>		
<b>k = 36.5625 mm/hora</b>		

Obteniéndose los siguientes datos:

- SM (arena limosa) : K1 = 29.250 mm/hora
- Pt (Turba) : K2 = 20.893 mm/hora
- GP - GM (grava mal graduada y grava limosa) : K3 = 36.563 mm/hora

**Ensayo K3, de la calicata N° 4:**



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

ENSAYO N° 1		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	250
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	25
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>6.77E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>24.3750 mm/hora</b>

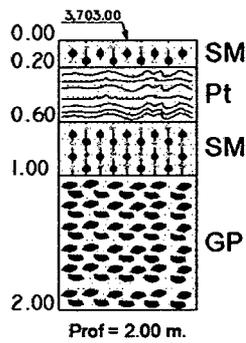
ENSAYO N° 2		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	220
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	30
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>9.23E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>33.2386 mm/hora</b>

ENSAYO N° 3		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	800
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	105
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		8.89E-04 cm/seg
k =		31.9922 mm/hora

Obteniéndose los siguientes datos:

- SM (arena limosa) : K1 = 24.375 mm/hora
- Pt (Turba) : K2 = 33.239 mm/hora
- SM (arena limosa) : K3 = 31.992 mm/hora

Ensayo K4, de la calicata N° 12:



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

<b>ENSAYO N° 1</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	180
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	20
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>7.52E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>27.0833 mm/hora</b>

<b>ENSAYO N° 2</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	310
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>8.74E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>31.4516 mm/hora</b>

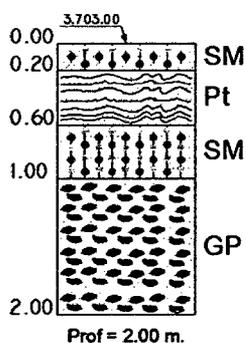
<b>ENSAYO N° 3</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	370
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>7.32E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>26.3514 mm/hora</b>

ENSAYO N° 4		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	550
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	100
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		1.23E-03 cm/seg
k =		44.3182 mm/hora

Obteniéndose los siguientes datos:

SM (arena limosa)	: K1 = 27.083 mm/hora
Pt (Turba)	: K2 = 31.452 mm/hora
SM (arena limosa)	: K3 = 26.351 mm/hora
GP (grava mal graduada)	: K4 = 44.318 mm/hora

Ensayo K5, de la calicata N° 12:



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

<b>ENSAYO N° 1</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	180
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	20
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 7.52E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 27.0833 mm/hora</b>		

<b>ENSAYO N° 2</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	310
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 8.74E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 31.4516 mm/hora</b>		

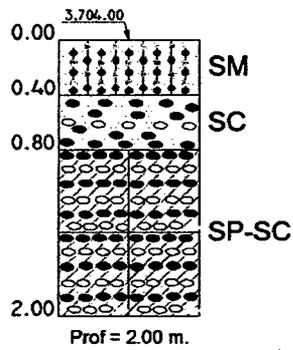
<b>ENSAYO N° 3</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	370
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 7.32E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 26.3514 mm/hora</b>		

ENSAYO N° 4		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	550
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	100
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		1.23E-03 cm/seg
k =		44.3182 mm/hora

Obteniéndose los siguientes datos:

- SM (arena limosa) : K1 = 27.083 mm/hora
- Pt (Turba) : K2 = 31.452 mm/hora
- SM (arena limosa) : K3 = 26.351 mm/hora
- GP (grava mal graduada) : K4 = 44.318 mm/hora

Ensayo K6, de la calicata N° 11:



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

<b>ENSAYO N° 1</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	330
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>8.21E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>29.5455 mm/hora</b>

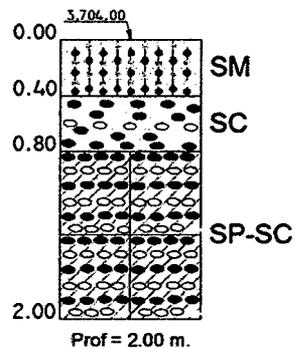
<b>ENSAYO N° 2</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	410
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>6.61E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>23.7805 mm/hora</b>

<b>ENSAYO N° 3</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MEDIDA</b>
Tiempo transcurrido (t)	seg.	2000
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	120
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k =</b>		<b>4.06E-04 cm/seg</b>
<b>k =</b>		<b>14.6250 mm/hora</b>

Obteniéndose los siguientes datos:

SM (arena limosa) : K1 = 29.546 mm/hora  
 SC (Arena arcillosa) : K2 = 23.781 mm/hora  
 SP - SC(Arena arcillosa mal graduada) : K3 = 14.625 mm/hora

**Ensayo K7, de la calicata N° 11:**



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

ENSAYO N° 1		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	330
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		8.21E-04 cm/seg
k =		29.5455 mm/hora

77

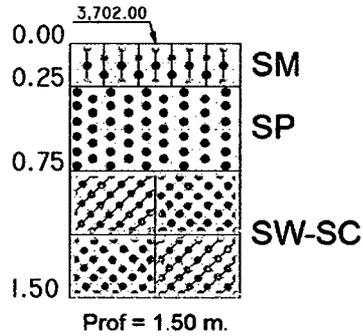
ENSAYO N° 2		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	410
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	40
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 6.61E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 23.7805 mm/hora</b>		

ENSAYO N° 3		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	2000
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	120
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 4.06E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 14.6250 mm/hora</b>		

Obteniéndose los siguientes datos:

- SM (arena limosa) : K1 = 29.546 mm/hora
- SC (Arena Arcillosa) : K2 = 23.781 mm/hora
- SP - SC(arena arcillosa mal graduada) : K3 = 14.625 mm/hora

**Ensayo K8, de la calicata N° 02:**



De acuerdo a la estratigrafía del suelo se tiene los siguientes suelos:

ENSAYO N° 1		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	260
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	25
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		6.51E-04 cm/seg
k =		23.4375 mm/hora

ENSAYO N° 2		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	400
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	50
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
k =		8.46E-04 cm/seg
k =		30.4688 mm/hora

ENSAYO N° 3		
DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIDA
Tiempo transcurrido (t)	seg.	1000
Piezómetro superior (h)	cm	60
Piezómetro Inferior (L)	cm	75
Volumen del Agua (V)	cm <sup>3</sup>	650
Área de recipiente (A)	cm <sup>2</sup>	1600
<b>k = 5.08E-04 cm/seg</b>		
<b>k = 18.2813 mm/hora</b>		

Obteniéndose los siguientes datos:

SM (arena limosa) : K1 = 23.438 mm/hora  
 SP (arena mal graduada) : K2 = 30.469 mm/hora  
 SW-SC (arena arcillosa bien graduada) : K3 = 18.281 mm/hora

RESUMEN DE ENSAYOS					
ZONA 1	ENSAYO N° 6	K1	29.5455	22.650	23.121
		K2	23.7805		
		K3	14.6250		
	ENSAYO N° 7	K1	29.5455	22.650	
		K2	23.7805		
		K3	14.6250		
	ENSAYO N° 8	K1	23.4375	24.063	
		K2	30.4688		
		K3	18.2813		
ZONA 2	ENSAYO N° 1	K1	23.4375	24.063	29.487
		K2	30.4688		
		K3	18.2813		
	ENSAYO N° 2	K1	29.2500	28.902	
		K2	20.8929		
		K3	36.5625		
	ENSAYO N° 3	K1	24.3750	29.869	
		K2	33.2386		
		K3	31.9922		
	ENSAYO N° 4	K1	27.0833	32.301	
		K2	31.4516		
		K3	26.3514		
		K4	44.3182		
	ENSAYO N° 5	K1	27.0833	32.301	
		K2	31.4516		
K3		26.3514			
K4		44.3182			

Obteniéndose finalmente la permeabilidad para cada zona, como Zona 1 se tiene un coeficiente de permeabilidad de 23.121 mm/h y para la Zona 2 se tiene un coeficiente de permeabilidad de 29.487 mm/h.

➤ **Cálculo del caudal por abatimiento de nivel freático:**

Para el caudal por abatimiento del nivel freático se hace el uso de la Ley de Darcy, con la siguiente ecuación:

$$q_{NF} = kiA_a \dots \dots \dots \left( \frac{cm^3}{seg} \right)$$

$$i = \left( \frac{N_d - N_f}{B} \right)$$

$$A_a = (N_d - N_f) \times L$$

Donde:

K: Coeficiente de permeabilidad de suelo adyacente.

i: Gradiente hidráulico.

$N_d$ : Cota inferior del nivel de drenaje.

$N_f$ : Cota superior del nivel freático

$A_a$ : Área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático

B: Para los drenajes longitudinales, B es la semi banca de la vía.

L: Longitud del tramo de drenaje.

Para los casos que realizamos, se tendrá un caudal de recepción  $q_{NF}$ , para cada zona, entonces se tiene el cuadro en los anexos.

**c) Tamaño y disposición de los orificios en el tubo:**

Van Someren 1972, señala que las perforaciones deben ser suficientemente anchas, 0.6 mm como mínimo, para que no lleguen a bloquearse por las partículas del suelo. Señala también que los experimentos ya hechos proporcionan poca base para la fijación de una superficie mínima u óptica, pero sin embargo, las experiencias holandesas de campo y laboratorio han demostrado que para una superficie de 6 a 9  $cm^2$  por metro lineal de tubo las pérdidas de carga en la entrada son despreciables, aun para descargas elevadas.

Panu y Stammers (1976), señalan que la pérdida de carga en la entrada depende del tamaño y forma de los orificios y del área total perforada por metro de longitud de tubería. Estos mismos autores manifiestan que debido a la forma de la línea freática durante un proceso de drenaje, los orificios deben estar ubicados en la mitad inferior de la tubería, porque la resistencia de entrada al flujo es menor que la que ocurre con los orificios en la mitad superior. Además concluyen que para una misma área de entrada por unidad de longitud, los orificios pequeños producen menor resistencia al flujo que orificios mayores.

Engelund (1953), citado por Nieuwenhuis y Wesseling (1979) obtuvo una ecuación de resistencia al flujo bidimensional a través de una placa plana perforada, que es la siguiente:

$$W_e = \frac{1}{2\pi kb} x \left[ 1 - \frac{1}{\pi} x \left( 3.91 - 2 \ln \left( \frac{C_2}{C_1} \right) \right) x \frac{b}{C_1} \right]$$

Donde:

b: Diámetro de los orificios.

$C_1$ : Distancia entre orificios en una misma hilera.

- $C_2$ : Distancia entre dos hileras.  
 K: Conductividad hidráulica del suelo adyacente.

Los mismos autores señalan que Cavelars (1970), demostró con la utilización de un modelo electrolítico que la ecuación mencionada se adapta perfectamente a los casos de los tubos de drenaje perforado.

**d) Disposición de Pendientes Mínimos y Máximos en el Terreno:**

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

<b>Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)</b>	
<i>Material de la Tubería</i>	<i>Agua con fragmentos de Arena y Grava</i>
Asbesto Cemento	3,0
Hierro Fundido Dúctil	3,0
Cloruro de Polivinilo	6,0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3,0
Arcilla Vitrificada	3,5
Concreto Armado de:	
140 Kg/cm <sup>2</sup>	2,0
210 Kg/cm <sup>2</sup>	3,3
250 Kg/cm <sup>2</sup>	4,0
280 Kg/cm <sup>2</sup>	4,3
315 Kg/cm <sup>2</sup>	5,0
Concreto Armado de curado al vapor > 280 Kg/cm <sup>2</sup>	6,6

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

De acuerdo a las pendientes que contiene la siguiente Tesis, se observa en los planos adjuntos el cual tiene como mínimo 1.00% casi a lo largo de todos los tramos variando desde este mínimo hasta un máximo de 6.00%, de esta manera logrando una adecuada evacuación sin desgastar las paredes de las tuberías. Además se evacua el líquido filtrado sin problemas de sedimentación.

### 3.7.3.2. SISTEMA DE DRENAJE TIPO SINTÉTICO:

#### a) Determinación del tipo de geotextil a usar en el filtro:

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente. Para llegar a la selección del geotextil no solo hay que tener en cuenta lo anterior, sino además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad. Todos estos criterios se explican brevemente a continuación:

- **Retención:** asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo.
- **Permeabilidad:** debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerado su habilidad para esto.
- **Colmatación:** es el resultado del taponamiento de algunos de sus vacíos por la penetración de partículas de suelo fino, con una incidencia en la reducción de la permeabilidad; por lo tanto el geotextil deberá que tener un número mínimo de vacíos o una alta porosidad.

- **Supervivencia:** el geotextil debe tener unos valores mínimos de resistencia mecánica con el objetivo que soporte las actividades de instalación y manipulación. Estas propiedades son: resistencia a la tensión, resistencia al punzonamiento, resistencia al estallido y resistencia al rasgado.
- **Durabilidad:** es la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo.

La metodología de diseño consiste en revisar, cuál de los geotextiles satisface las características hidráulicas y mecánicas que resulten de la revisión de los criterios de diseño que se presentan a continuación.

➤ **Criterio de retención**

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Chistopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde:

**TAA:** Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros) Se obtiene tamizando unas esferas de vidrio de diámetros conocidos, cuando el 5% de un tamaño determinado de esferas pasa a través del geotextil, se define el D el TAA. Según ensayo ASTM D4751.

**$D_{85}$ :** Tamaño de partículas (en milímetros). Cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de este. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B: Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos de 50% que pasa el tamiz No 200) B es función del coeficiente de uniformidad  $C_u$ , de la siguiente manera:

$$C_u \leq 2 \text{ ó } \geq 8, \text{ use } B = 1$$

$$2 \leq C_u \leq 4, \text{ use } B = 0.5 \times C_u$$

$$4 < C_u < 8, \text{ use } B = 8 / C_u$$

Donde:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

- ✓ En suelos arenosos mal graduados usar B entre 1.5 y 2. Para suelos finos, (más de 50% pasa el tamiz No 200) B es función del tipo de geotextil.
- ✓ Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3, La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimo deben cumplir:

$$TAA < 0.3 \text{ mm}$$

➤ **Criterio de permeabilidad:**

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo.

Para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50%, y de acuerdo con el criterio de

Schober y Teindl (1979); Water (1980); Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985) y otros:

$$K_g \geq K_s$$

Donde:

$K_g$  : Permeabilidad del geotextil.

$K_s$  : Permeabilidad del suelo.

- ✓ Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

$$K_g \geq 10 \times K_s$$

En estas condiciones también se recomienda colocar una capa de arena media a gruesa.

#### ➤ **Criterio de colmatación**

En aplicaciones críticas o en proyectos que involucran suelos muy finos se recomienda realizar ensayos de colmatación con los suelos del sitio; la norma que describe este ensayo es la ASTM 5101 – 90. Este criterio considera la posibilidad de taparse algunos de sus vacíos debido a incrustaciones de partículas de suelo; por lo tanto el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se taponen gran parte de sus orificios es muy bajo debido al espesor que poseen y a los altos

valores de porosidad que presentan. Los geotextiles no tejidos unidos por temperaturas o calandrados, son mucho más delgados y rígidos, razón por la cual se parecen en su comportamiento a los geotextiles tejidos, Leuttich (1993).

Los geotextiles tejidos tienen baja porosidad y el riesgo de colmatación muy alto, con la consecuencia de una pérdida súbita en la permeabilidad. Razón por la cual no se recomienda usar como filtros en sistemas de drenaje. De acuerdo con el criterio de Christopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad: > 50%

➤ **Criterio de supervivencia:**

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a unos esfuerzos, los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecte drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. En la tabla No 3 se presentan las propiedades mínimas que deben cumplir. D. M. Luetlich, J. P. Giroud, R.C. Bachus 1992.

➤ **Criterio de durabilidad:**

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como a los lixiviados.

No se recomienda el uso de los geotextiles como filtros en sitios donde vayan a quedar expuestos a los rayos ultravioleta por un tiempo prolongado. Donde por razones de instalación y funcionamiento los geotextiles estén expuestos al ataque de los rayos ultravioleta, estos deberán estar fabricados por compuestos, que les proporcionen una alta resistencia a la degradación UV.

➤ **Tasa de flujo:**

Se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo) en el plano normal al geotextil (Permitividad Hidráulica =  $K/t$ , donde  $K$  es la permeabilidad y  $t$  es el espesor del geotextil), frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro cuadrado. Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento.

- ✓ Teniendo el caudal que se requiere pasar por el filtro por cada metro cuadrado, se calcula la permitividad requerida del geotextil, haciendo uso de la ecuación de Darcy.

$$q = K \cdot i \cdot A$$

$$q = K \cdot \sum (h/t) \cdot A$$

$$K/t = q \cdot (\sum h \cdot A)$$

Donde:

- $K/t$  : Permitividad requerida del geotextil,  $P_{REQUERIDA}$ .
- $q$  : Caudal a evacuar calculado por metro cuadrado.
- $\sum h$  : Cabeza hidráulica.
- $A$  : Área por unidad de longitud.

$$P_{REQUERIDA} = q / (\sum h \cdot A)$$

### 3.7.3.3. SISTEMA DE DRENAJE DREN FRANCÉS:

El material filtrante colocado alrededor del dren tiene como funciones principales facilitar el flujo del agua hacia el dren, proporcionando un aumento de la

conductividad hidráulica en las proximidades del tubo en comparación con la del suelo adyacente, no permitiendo el ingreso de partículas del suelo al dren.

Cuando el filtro está bien seleccionado se impide que se desarrolle un alto valor de gradiente hidráulico en la interface de material base – filtro, con lo cual se controla la ocurrencia del fenómeno de tubificación. Este fenómeno es común en suelos poco estructurados, ocurriendo principalmente en aquellos con textura que varía entre limosa y arena media y en suelos con predominancia de arcilla tipo expansiva como la montmorillonita.

Luthin, Taylor y Prieto (1968), describen las principales causas de fallas en líneas de drenes subterráneos:

- Excesivo espesor de juntas o perforaciones demasiado grandes.
- Alineamiento deficiente entre las tuberías.
- Tramos que quedan con pendiente invertida durante la construcción.
- Colapso de la tubería debido a sobrecargas o porque la misma no tiene una adecuada resistencia a la compresión.
- Hundimiento de tramos de la tubería debido a la inestabilidad del lecho.
- Ingreso, por erosión, del material de relleno para el interior del dren durante la etapa de compactación.
- Diseño adecuado del filtro de grava.
- Inadecuada ubicación del filtro de grava.

Los autores señalan también que con excepción de las causas 7 y 8, las demás pueden ser eliminadas o minimizadas a través de un eficiente control de calidad en la construcción o con la utilización de determinados recursos constructivos.

Razuri y Orbegozo (1982), siete criterios de selección de filtros, los cuales en su mayoría sugieren las siguientes relaciones para un adecuado diseño.

- a)  $\frac{D_{15} (\text{Filtro})}{D_{15} (\text{Base})} \geq 4$ , para asegurar una adecuada permeabilidad
- b)  $\frac{D_{15} (\text{Filtro})}{D_{85} (\text{Base})} < 4$ , para prevenir el movimiento de partículas finas hacia el filtro y el dren.
- c)  $\frac{D_{85} (\text{Filtro})}{2} >$  diámetros de las perforaciones, para prevenir la entrada del material de filtro en la tubería.

Cabe aquí señalar que por estos criterios, el filtro de grava, debido al rango de magnitudes de su granulometría, siempre cumplirá con la primera relación pero difícilmente lo hará con la segunda, a no ser que se utilice una grava muy fina.

Saulmon 1971, citado por Rázuri 1982, concluye que, aunque el material envolvente es colocado comúnmente alrededor de la línea de drenes, ha sido cuestionada la necesidad de este material sobre los drenes. Sin embargo, el mismo autor dice que los resultados de pruebas indican que la eliminación de la porción superior del material envolvente de la línea, el cual es comúnmente insaturado, puede causar una disminución del flujo hacia esta. Y que son necesarios otras pruebas de laboratorio y estudios de campo para determinar definitivamente la importancia de la mitad superior de la capa envolvente bajo varias condiciones de drenaje.

**a) Análisis del flujo de agua hacia el dren Francés:**

Grassi (1981) Señala que si el exceso de agua se localiza en la capa superficial, primero se produce un flujo vertical hacia abajo, luego horizontal en dirección a la línea vertical que pasa por el eje del dren y, finalmente, un flujo radial hacia el dren ya en las proximidades del mismo. La figura 1 presenta en forma esquemática estos tres componentes del flujo.

Riha (1969), describe a través de la Figura 2, el perfil de penetración de partículas de agua hacia el dren. Por dicha figura se supone que el flujo a través de la mitad superior de la tubería ocurre a partir de un tirante mínimo en la descarga igual al radio de la tubería.

Benz, Doering, Reichman y Follet (1977), concluyen que para el caso de una tubería corrugada, el flujo de agua a través de perforaciones ubicadas equivale al doble del flujo que ocurre cuando las perforaciones están ubicadas en la parte superior de estas corrugaciones.

Soliman y Jensen (1969), concluyen que la cantidad de agua que fluye en la zona capilar encima de la tabla de agua (zona no saturada) puede representar una porción apreciable del flujo total y es erróneo ignorarlo en cualquier análisis relacionado con el drenaje.

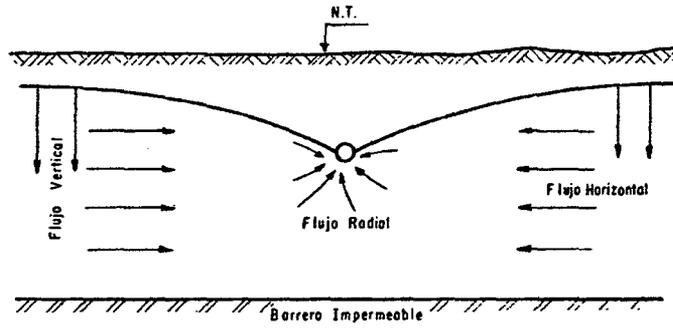


Figura 1.- Diagrama esquemático presentando los tres tipos de flujo hacia el dren (Grossi, 1981).

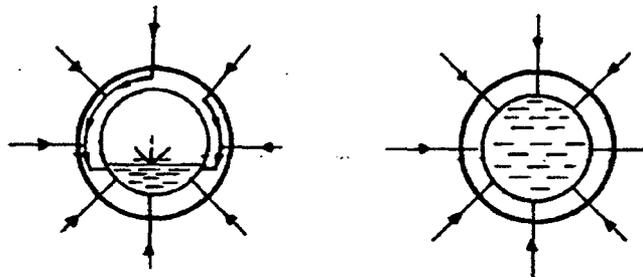


Figura. 2.- Perfil de penetración hidráulica de partículas de agua hacia el dren. La izquierda para una tubería parcialmente llena y el de la derecha para el flujo a través de la sección transversal llena. ( Riha, 1976)

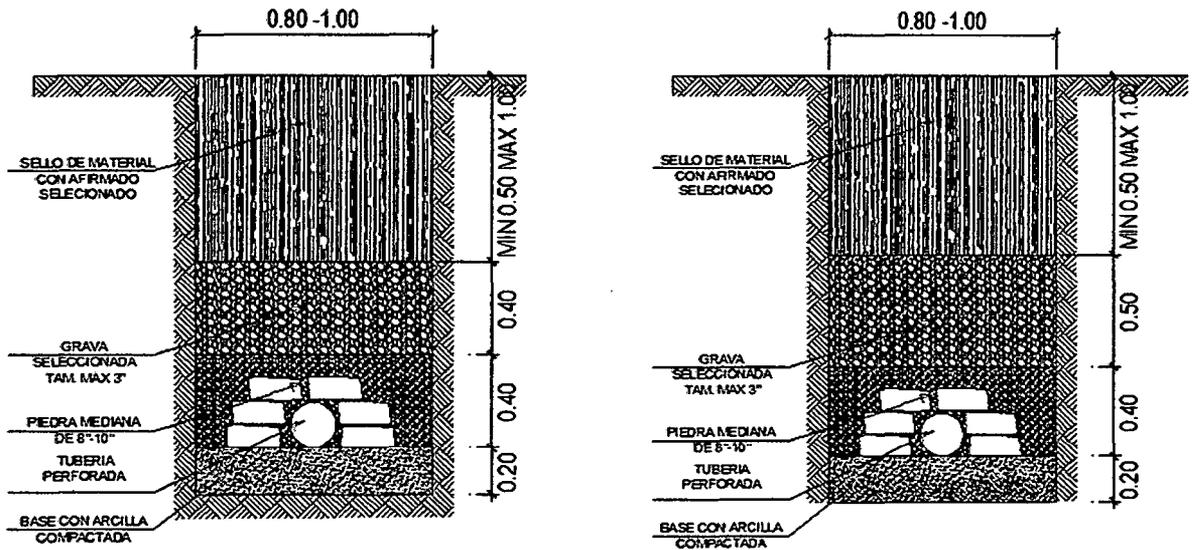
## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

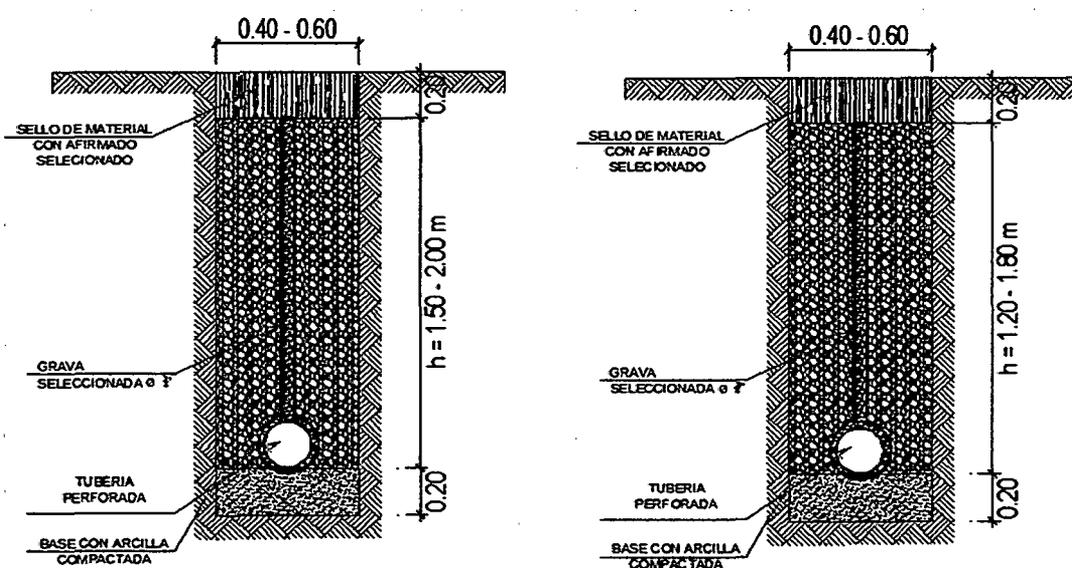
#### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:**

##### **4.1.1. DIFERENCIA EN METAS FÍSICAS:**

- En la meta de movimiento de tierras, se observó que las secciones transversales del drenaje tipo dren francés tiene una sección transversal de ancho variable desde 0.80 ml. hasta 1.00 ml, debido a que se emplean para su relleno material filtrante, como las que son propuestos de acuerdo a los cálculos y parámetros mencionados; el proceso constructivo de los drenes tipo drenaje tipo dren francés necesita secciones amplias para su buen trabajo y movilidad dentro de la sección, como se muestra en la figura dada, de acuerdo a cada zona demarcada.



➤ De igual manera en la meta de movimiento de tierras, se observo que las secciones transversales del Drenaje Tipo Sintético tiene una sección transversal de ancho variable desde 0.40 ml. hasta 0.60 ml, esto facilita su instalación ya que solo se realiza la instalación de las tuberías y el geotextil como se muestra en la figura de acuerdo a cada zona demarcada.



#### 4.1.2. BENEFICIO COSTO:

Respecto a la evaluación socio económica siguiendo los lineamientos para la evaluación de proyectos, se determina la rentabilidad del proyecto de acuerdo con la metodología de costo-beneficio, mediante la cual se identifican, cuantifican y valoran los costos y beneficios atribuibles a la ejecución de los proyectos, a partir de una comparación de la situación sin proyecto optimizada versus la situación una vez puesto en marcha el proyecto o situación con proyecto.

Respecto en el caso del Sistema de Drenaje Francés, se adjunta el cuadro siguiente para observar los ratios de costos en base a un metro lineal. Es calo mencionar que los materiales están considerados de manera general, en base al presupuesto realizado:

<b>SISTEMA DE DRENAJE FRANCÉS</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDA POR</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>
	<b>1.00 ml</b>	<b>UNITARIO EN</b>	<b>PARCIAL soles /</b>
Material de Relleno	3.3 m3	36.40 / m3	120.12
Tubería Perforada	1.00 ml	2.66 / ml	2.66
Entibado	0.30 m2	1.10 / m2	0.33
Mano de Obra (Maestro de Obra)	1.45 h	13.52 / h	19.60
Mano de Obra (Peones)	4.40 h	10.81 / h	47.56
<b>Costo Total</b>			<b>190.28</b>

Respecto en el caso del sistema sintético (Geotextil), se adjunta el cuadro siguiente para observar los ratios de costos en base a un metro lineal.

57

<b>SISTEMA DE DRENAJE SINTETICO</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDA POR 1.00 ml</b>	<b>COSTO UNITARIO EN S/.</b>	<b>COSTO PARCIAL soles / ml</b>
Geocompuesto (Geotextil)	10.00 m2	17.50 / m2	175.00
Tuberia Perforada	1.00 ml	2.66 / ml	2.66
Mano de Obra (Peones)	1.60 h	10.81 / h	17.30
<b>Costo Total</b>			<b>194.96</b>

Se observa la diferencia de costos de ambos componentes, en el cual se observa el costo del sistema de drenaje tipo dren francés es menor que el Drenaje Sintético, pero de acuerdo a las consideraciones de geotextiles mencionadas abajo, se verifica la diferencia existente entre ambas, sin considerar su costo. Este parámetro es importante en el triangulo de un proyecto que solo conllevará la Calidad y el Tiempo de instalación como parámetros de diferencia

#### **4.1.3. CONSIDERACIONES GEOTEXTILES:**

Las propiedades de los geotextiles y productos relacionados con geotextiles (en adelante geotextiles y productos relacionados) se suelen clasificar en características generales, fisico-mecánicas, hidráulicas y de durabilidad. En gran medida, estas propiedades son función de los polímeros empleados y del proceso de fabricación. Para su utilización en una aplicación concreta es necesario conocer y verificar sus características, con objeto de asegurarse que podrán cumplir las funciones especificadas en el proyecto durante su vida útil. El fabricante, o suministrador de los geotextiles y productos relacionados, debe facilitar una información completa sobre sus características.

➤ **Espesor:**

Según el procedimiento de fabricación, los geotextiles o productos relacionados pueden ser más o menos compresibles perpendicularmente a su plano, lo cual tienen una influencia fundamental en sus características hidráulicas.

➤ **Características físico mecánicas:**

Las características físico-mecánicas más relevantes de los geotextiles o productos relacionados son:

- Resistencia a tracción y alargamiento.
- Resistencia al punzonamiento estático.
- Resistencia a la perforación dinámica.
- Eficacia de la protección.

➤ **Resistencia a tracción y alargamiento:**

La resistencia a tracción y el alargamiento en la rotura tienen una importancia primordial cuando el geotextil o producto relacionado tiene solicitaciones mecánicas, y, en todos los casos, para sobrevivir a la puesta en obra. Se suele determinar la carga máxima y alargamiento en el punto de carga máxima.

➤ **Resistencia al punzonamiento estático:**

Mide el comportamiento de un geotextil o producto relacionado bajo una carga estática. Por ejemplo, cuando se utiliza como separador, o como protección de una barrera geosintético.

➤ **Resistencia a la perforación dinámica por caída de cono**

Mide la resistencia a cargas dinámicas del geotextil o producto relacionado. Está relacionada con la vulnerabilidad de los geotextiles a los impactos producidos, por la caída de materiales sobre ellos, durante su puesta en obra.

➤ **Eficacia de la protección:**

Mide la eficacia con la que un geotextil o producto relacionado protege a una barrera geosintético contra los efectos mecánicos a largo plazo de cargas estáticas puntuales.

➤ **Características hidráulicas:**

Las propiedades hidráulicas deben ser consideradas cuando el geotextil, o producto relacionado, realiza las funciones de filtro o de drenaje.

➤ **Durabilidad:**

Es la propiedad por la cual un material mantiene sus características con el paso del tiempo. Los geotextiles o productos relacionados están sujetos a diversas formas de degradación como son: las mecánicas (abrasión, fatiga, fluencia, desgarro), ataques químicos (ácidos, bases, disolventes orgánicos), hidráulicos (colmatación y humedad), así como el ataque biológico y foto químico. Todas estas circunstancias pueden provocar la degradación de la estructura del polímero del geotextil o producto relacionado.

## 4.2. CAPACIDAD DE RETENCION DE LOS FINOS:

### 4.2.1. CASO DEL DREN FRANCES:

Los autores señalan también que con excepción de las causas 7 y 8, las demás pueden ser eliminadas o minimizadas a través de un eficiente control de calidad en la construcción o con la utilización de determinados recursos constructivos.

Razuri y Orbeagozo (1982), siete criterios de selección de filtros, los cuales en su mayoría sugieren las siguientes relaciones para un adecuado diseño.

$$d) \frac{D_{15} (\text{Filtro})}{D_{15} (\text{Base})} \geq 4, \text{ para asegurar una adecuada permeabilidad}$$

$$e) \frac{D_{15} (\text{Filtro})}{D_{85} (\text{Base})} < 4, \text{ para prevenir el movimiento de partículas finas hacia el filtro y el dren.}$$

$$f) \frac{D_{85} (\text{Filtro})}{2} > \text{diámetros de las perforaciones, para prevenir la entrada del material de filtro en la tubería.}$$

Cabe aquí señalar que por estos criterios, el filtro de grava, debido al rango de magnitudes de su granulometría, siempre cumplirá con la primera relación pero difícilmente lo hará con la segunda, a no ser que se utilice una grava muy fina.

Saulmon 1971, citado por Rázuri 1982, concluye que, aunque el material envolvente es colocado comúnmente alrededor de la línea de drenes, ha sido cuestionada la necesidad de este material sobre los drenes. Sin embargo, el mismo autor dice que los resultados de pruebas indican que la eliminación de la porción superior del material envolvente de la línea, el cual es comúnmente

insaturado, puede causar una disminución del flujo hacia esta. Y que son necesarios otras pruebas de laboratorio y estudios de campo para determinar definitivamente la importancia de la mitad superior de la capa envolvente bajo varias condiciones de drenaje.

#### 4.2.2. CASO DEL DRENAJE SINTETICO:

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde:

*TAA*: Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros) Se obtiene tamizando unas esferas de vidrio de diámetros conocidos, cuando el 5% de un tamaño determinado de esferas pasa a través del geotextil, se define el D el TAA. Según ensayo ASTM D4751.

*D<sub>85</sub>*: Tamaño de partículas (en milímetros). Cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de este. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

*B*: Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos de 50% que pasa el tamiz No 200) B es función del coeficiente de uniformidad *C<sub>u</sub>*, de la siguiente manera:

$$C_u \leq 2 \text{ ó } \geq 8, \text{ use } B = 1$$

$$2 \leq C_u \leq 4, \text{ use } B = 0.5 \times C_u$$

$$4 < C_u < 8, \text{ use } B = 8 / C_u$$

Donde:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

- ✓ En suelos arenosos mal graduados usar B entre 1.5 y 2. Para suelos finos, (más de 50% pasa el tamiz No 200) B es función del tipo de geotextil.
- ✓ Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3, La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimo deben cumplir:

$$TAA < 0.3 \text{ mm}$$

### 4.3. PROCESO CONSTRUCTIVO:

El agua es la principal causa de los problemas en la Ingeniería y una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de las obras civiles. El exceso de agua en los suelos afecta sus propiedades geo – mecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, incrementa presiones de poros, sub – presiones de poros, sub – presiones de flujo, presiones hidrostáticas y afecta la susceptibilidad a los cambios volumétricos.

#### 4.3.1. SISTEMA DE DRENAJE FRANCES:

El Dren Francés, es un sistema local de captación, compuestos de material granular como medio filtrante y la tubería como medio de transporte, el cual, realizamos el procedimiento constructivo de la zona. A continuación se muestra el Proceso Constructivo:

#### **01.01.01. EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, TIERRA SUELTA CON PRESENCIA DE AGUA**

Este trabajo comprende la ejecución de las excavaciones necesarias para drenajes, entibado, apuntalamiento y construcción de ataguías, cuando fueran necesarias, así como el suministro de los materiales para dichas excavaciones y el subsiguiente retiro de entibados y ataguías.

Además incluye la carga, transporte y descarga de todo el material excavado sobrante, de acuerdo con las presentes especificaciones y de conformidad con los planos de la obra y las órdenes del Supervisor. Las excavaciones para estructuras se clasificarán de acuerdo con las características de los materiales excavados y la posición del nivel freático.

- Excavaciones para estructuras en roca : Comprende toda excavación de roca in situ de origen ígneo, metamórfico o sedimentario, bloques de los mismos materiales de volumen mayor a un metro cúbico, conglomerados que estuviesen tan firmemente cementados que presenten todas las características de roca sólida y, en general, todo material que se deba excavar mediante el uso sistemático de explosivos.
- Excavaciones para estructuras en material común: Comprende toda excavación de materiales no cubiertos por el aparte anterior, "Excavaciones para estructura en roca".
- Excavaciones para estructura en roca bajo agua: Comprende toda excavación de material cubierto por "Excavaciones para estructuras en Roca" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.
- Excavaciones para estructura en material común bajo agua: Comprende toda excavación de material cubierta por "Excavaciones para estructura

en material común" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.

**01.01.02. EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA**

Consiste en la extracción de material con picos y palas hasta una profundidad especificada en los planos, diferenciando los diversos tipos de zanjas de acuerdo a su ancho, y altura. El material extraído será colocado a un costado de la zanja, se utilizarán herramientas básicas como picos, lampas.

**01.01.03. REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA  $\phi$ 160mm.**

Se realizó los trabajos necesarios de modo que la superficie de la sub rasante presente los niveles, alineamiento, dimensiones y grado de compactación indicados, tanto en los planos del proyecto, como en las presentes especificaciones.

Se denomina sub-rasante a la capa superior de la explanación que sirve como superficie de sustentación de la capa de afirmado. Su nivel es paralelo al de la rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante los cortes o rellenos previstos en el proyecto. La superficie de la sub-rasante estará libre de raíces, hierbas, desmonte o material suelto.

Una vez concluidos los cortes, se procederá a escarificar la superficie del camino mediante el uso de una motoniveladora o de rastras en zonas de difícil acceso, en una profundidad mínima entre 8 y 15 cm.; los agregados pétreos mayores a 2" que pudieran haber quedado serán retirados.

Posteriormente, se procederá al extendido, riego y batido del material, con el empleo repetido y alternativo de camiones cisterna, provista de dispositivos que garanticen un riego uniforme y motoniveladora.

La operación será continua hasta lograr un material homogéneo, de humedad lo más cercana a la óptima definida por el ensayo de compactación proctor modificado que se indica en el estudio de suelos del proyecto. Enseguida, empleando un rodillo liso vibratorio autopropulsado, se efectuará la compactación del material hasta conformar una superficie que, de acuerdo a los perfiles y geometría del proyecto y una vez compactada, alcance el nivel de la sub – rasante proyectada.

La compactación se realizará de los bordes hacia el centro y se efectuará hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado (AASHTO T-180. METODO D) en suelos cohesivos y en suelos granulares hasta alcanzar el 100% de la máxima densidad seca del mismo ensayo.

El Ingeniero Supervisor solicitará la ejecución de las pruebas de densidad de campo que determinen los porcentajes de compactación alcanzados. Se tomará por lo menos 2 muestras por cada 500 metros lineales de superficie perfilada y compactada.

**01.01.04. CAMA DE DE ARCILLA P/ZANJA TUBO DN 1160 MM**

Se refiere al material a emplear sobre el cual se colocará la tubería de tal manera que no esté expuesta a algún tipo de rotura u otro, producido por material granular que pueda estar en su perímetro.

Los responsables de la obra conservara cuidadosamente los puntos de referencia de las cotas y si fueran desplazados y destruidos, los deberá reponer en su posición exacta.

Se mide por el volumen de relleno provisto y colocado para ser utilizado como cama de apoyo, en unidad de volumen (m<sup>3</sup>) con aproximación de 2 decimales es decir por volumen (largo x ancho x altura).

**01.01.05. RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 3"**

**01.01.06. RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 8" - 10"**

**01.01.07. RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO**

Este trabajo consiste en la colocación y conformación en capas de los materiales provenientes de la lecho aluvial para cubrir las obras de mejoramiento del canal natural, formado para dar un manejo a las aguas lluvias donde el material estará libre de materiales orgánicos, escombros y basuras. El terreno base del relleno deberá estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables. Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme. El relleno se podrá depositar sobre agua sin necesidad de extraerla por medio de bombeo u otro método.

Una vez extendida la capa, se procederá a su apisonamiento con el balde de la retroexcavadora. La construcción de los rellenos se deberá hacer con el cuidado necesario para evitar presiones y daños a la estructura. La superficie de la última capa deberá estar nivelada, haciéndola coincidir con el terreno natural existente para el momento de la ejecución de los trabajos, de tal forma que la topografía sea similar a la situación anterior a la construcción de las obras.

**01.01.08. ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE+25% DE ESPON. L=30 m**

Bajo estas partidas se considera el material en general que requieren ser transportados de un lugar a otro de la obra. En el presente proyecto se

considera la eliminación de material excedente hacia una zona de, distancia promedio 2.00 kilómetros.

- Proveniente de excedentes de excavación de zanjas
- Proveniente de excedentes de excavación de la explanación para cama de apoyo.
- Proveniente de excedentes de excavación para estructuras.

**01.01.09. TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm.**

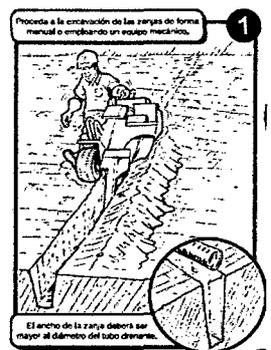
Comprende los trabajos de instalación de tuberías PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm, sobre las zanjas ya excavadas de acuerdo a los alineamientos y profundidades determinadas en los planos del proyecto, cuidando el empalme entre cada una de estas a fin de evitar fugas, las tuberías deben ser de primera calidad a fin de evitar problemas propios de la presión que se ejerce sobre estas en el traslado del aguas residuales.

**4.3.2. SISTEMA DE DRENAJE TIPO SINTETICO:**

El primer paso para instalar el drenaje tipo sintético es la excavación, que puede ser realiza manualmente o con auxilio de equipamientos especialmente desarrollados adaptados para este tipo de trabajo, como la retroexcavadora.

Se debe atender para las características del suelo local, visto que este deberá poseer permeabilidad coherente con el drenaje a ser realizado, o sea, el suelo local debe permitir la percolación del agua hasta el geocompuesto drenante.

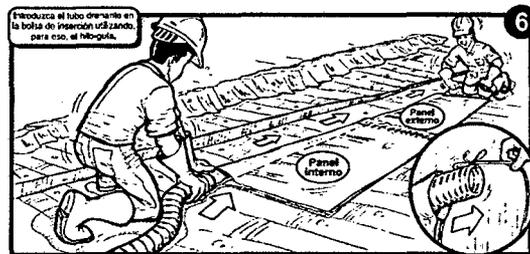
Las zanjas excavadas deben poseer un ancho algo superior al



diámetro del tubo a ser utilizarlo en la zanja, siendo que en casos donde no serán utilizados tubos perforados, la excavación podrá ser realizada solo para el recibimiento del geocompuesto; es suficiente no más que 1 cm de espesura.

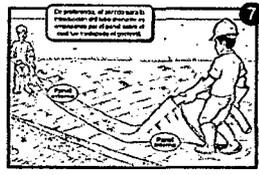
Antes de colocar el geocompuesto en la zanja excavada, se debe realizar los trabajos necesarios para la unión de los rollos del material, el corte de una faja aproximadamente 5 cm del núcleo en una de las laterales de cada rollo, siguiendo la amarra de la línea guía para auxilio del pasaje del tubo perforado.

La continuidad en el trabajo de drenaje es garantizada por la conexión entre rollos, mediante el simple contacto entre núcleos, que deben apenas ser protegidos por superposición del geotextil sobresaliente en la lateral del rollo, para impedir la entrada de partículas sólidas en el sistema. Esa superposición debe ser garantizada costurando o engrampando los geotextiles sobresalientes, solo para impedir su abertura durante los trabajos de aplicación.



Después de la aplicación del geocompuesto drenante y realización de los trabajos de superposición en las enmiendas de rollos, debe ahí iniciado el rellenamiento de las zanjas excavadas con suelo.

El suelo a ser colocado en contacto con el geocompuesto drenante deberá obligatoriamente poseer permeabilidad suficiente para que el agua pueda percolar hasta el



Geosintético, o sea, hay que atender para que las características del suelo a ser dispuesto sobre ese material sean las mismas adoptadas en proyecto, teniendo en vista que este fue realizado con base en velocidades y tiempos necesarios para la realización del drenaje y rebajamiento de la napa freática.



Caso propio material retirado de la zanja no atienda a dichas especificaciones, este deberá sustituido por arena gruesa. Se debe evitar la utilización de suelos arcillosos en contacto con los geotextiles componentes de la solución, visto que las partículas finas características de este tipo de material pueden colmatar esos geosintéticos, impidiéndoles realizar un adecuado trabajo de filtración, comprometiendo así el drenaje.



El agua captada por el geocompuesto deberá ser construida a un punto de alivio del sistema, en forma de tubería perforada, siendo esta en general puesta previamente al pie del geocompuesto drenante, con el auxilio de la línea guía existente en el material. El tubo puede ser inserto en la bolsa existente; es esta bolsa una no continuidad de la conexión del núcleo drenante y uno de los geotextiles filtrantes, siendo que, caso el diámetro de la tubería sea superior a la abertura existente, esa podrá ser aumentada solo con el desprendimiento del geotextil hacia el núcleo.



Los tubos perforados deben ser enmicados a cajas de recibimiento que van a redireccionar el flujo captado de acuerdo con la necesidad local.

#### 4.4. DESCRIPCION DE RESULTADOS:

En general, las diversas exploraciones arrojan valores casi uniformes en toda el área de estudio, de una capa de material orgánico, gravas pobremente graduadas con presencia de limo y arena. Los ensayos de mecánica de suelos se realizaron de acuerdo a las especificaciones y normas de ASTM. Entre los ensayos realizados para las caracterizaciones físicas y mecánicas de suelos del área de estudios tenemos:

- Análisis granulométrico ASTM D 422, cuantificarla distribución estadística de los órganos del suelo menor a las 3" hasta la malla 200.
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Determinar el contenido de agua en porcentaje al momento de realizar exploraciones.
- Límites de consistencia: límite líquido ASTM D 4318, límite plástico ASTM D 4319, determina el grado de plasticidad de la muestra.
- Clasificación de suelos ASTM D 2487, agrupar a los suelos encontrados dentro de una clasificación usados en ingeniería.

Para la caracterización del material de cimentación se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio.

- |                           |              |
|---------------------------|--------------|
| • Análisis granulométrico | ASTM D-422   |
| • Contenido de humedad    | ASTM D-2216  |
| • Límite líquido          | ASTM D -4316 |
| • Límite plástico         | ASTM D -4318 |
| • Gravedad específica     | ASTMT D-854  |

Para el cálculo de las máximas avenidas usadas en los diseños, nos basamos en los datos recogidos por el SENAMHI, en el "INFORME DE DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN AGENCIA AGRARIA HUANCVELICA", de los cuales se obtuvieron las máximas avenidas durante los años 2005 a 2009.

Reglamentos y especificaciones técnicas:

Tuberías:

- Las tuberías usadas en los cálculos es el especificado en los catálogos de las tuberías PAVCO Viduit; para tuberías y conexiones de HDPE; tuberías de polietileno NTP ISO 8772:2009

Supuestos y parámetros usados en el diseño:

- Que todo el terreno es semi homogéneo según los estudios de suelos realizados, por lo que se tomó un solo tipo de coeficiente de infiltración para los cálculos.
- Que no existen viviendas, lo cual da una mejor aproximación de la dotación por áreas gracias a la infiltración de las aguas. Esto en el hecho de que se está proponiendo que de cada vivienda, cada propietario derivó internamente sus aguas fluviales a la red principal de drenaje subterráneo.
- tuberías pared corrugada.
- No existe un estrato impermeable debajo de nuestro límite de excavación, por lo que se tuvo que usar un material "impermeable" debajo y a los laterales de las tuberías, para tratar de dirigir el agua únicamente por ellas.

Especificaciones técnicas:

- Se debe tener en cuenta que al encontrarse este sistema de drenaje por debajo del área de tránsito mediano y pesado, que no son otra cosa que las

calles de dicha zona, podría producir asentamientos, por lo cual debe preverse esto al momento del montaje de los tubos y el material filtrante, en consecuencia se seguirá los detalles expuestos en los planos.

- Se debe apisonar el material que se pondrá en la parte de la base de los tubos y así también los laterales, al menos hasta el centro de los tubos, esto para evitar deformaciones laterales del tubo, a causa de peso que irá sobre él.
- La unión entre tuberías corrugadas de PVC rígido debe realizarse por medio de la unión de PVC rígido E/C para desagüe normal. Los extremos a unir deben quedar seguros mediante estacas ancladas al terreno y cuerdas de nylon asidas a estas, antes de continuar la instalación. La hermeticidad de la junta no es requerida en los sistemas de drenaje.

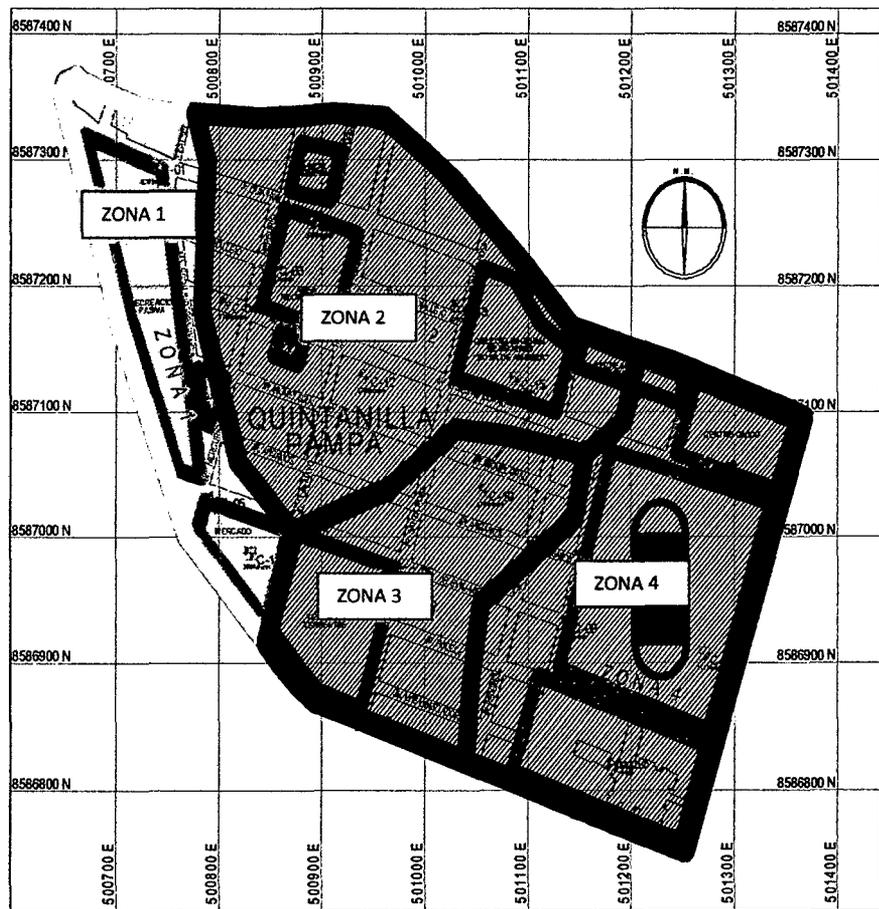
Debemos tomar en cuenta que no existe una captación del nivel freático óptimo solo con nuestras redes de drenaje propuesta, ya que únicamente podremos captar las aguas a los laterales de los drenes y no así dentro de los lotes para vivienda ya que son de propiedad privada, por lo que se propone que de cada lote haga su propio drenaje subterráneo independiente y que luego este se conecte a nuestro drenaje principal.

En base a lo antes mencionado, considero que el cálculo de los tubos del drenaje, es necesario una dotación adicional que está directamente relacionado con las áreas colindantes a nuestras redes de drenaje y cuyo caudal está directamente relacionado con nuestra capacidad de infiltración a causa de las lluvias.

#### 4.5. DISCUSIÓN:

- De acuerdo a la estratigrafía del suelo, con sus respectivas propiedades básicas, características y propiedades de los suelos, se realizó la delimitación de las zonas de condición crítica y habitable; se obtuvieron los siguientes resultados:

Zonas	Tipos de suelos predominantes (sucs)	Nivel Freático	Esfuerzo Cortante del Suelo (T)	Profundidad	W%	Kw
Zona 1	Relleno, SM, SC, GP-GC.	A: 1.30 metros.	1.05kg/cm2.	1.70 metros.	27.73	2.25 Kg/cm2.
Zona 2	SM, Pt, SP, SW-SC, GP-GM.	A: 1.50 metros.	0.74kg/cm2	1.80 metros.	98.99	0.33-2.28 Kg/cm2.
Zona 3	Relleno, SM, SC, GM.	N.P.	0.90kg/cm2	2.00 metros	26.58	1.50 Kg/cm2.
Zona 4	Relleno, SM, SC, GM-GC.	A: 2.00 metros.	1.09kg/cm2	2.00 metros	31.11	1.60 Kg/cm2.



**PLANO-MICROZONIFICACION**

Esc. 1/1000

La descripción de las cuatro zonas de acuerdo a su perfil estratigráfico es:

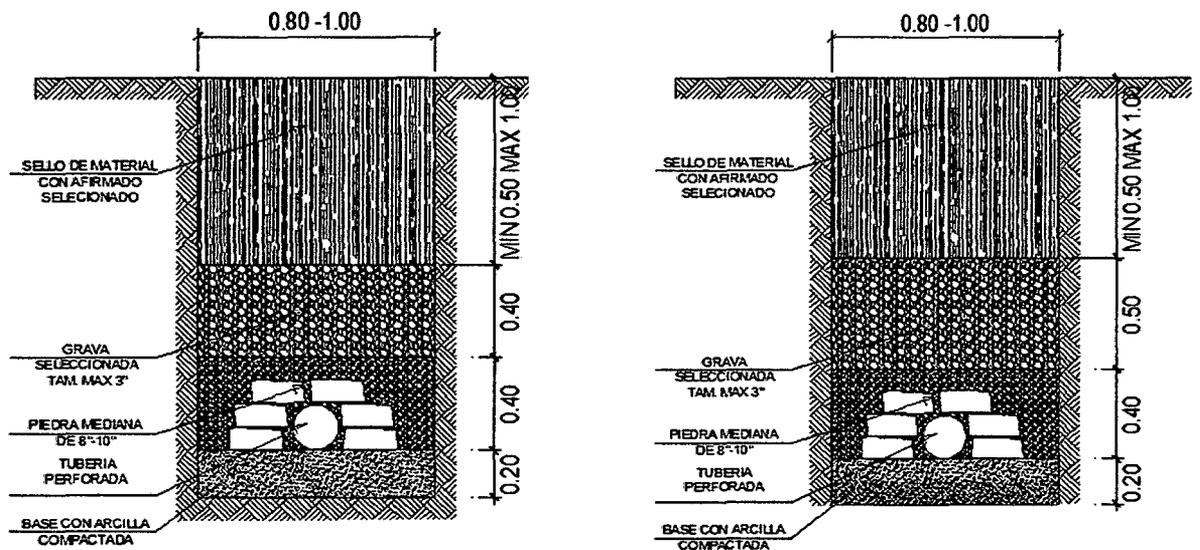
- Zona 1 cuyo perfil estratigráfico presenta inicialmente un estrato de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto, seguido por un estrato de arenas limosas, arenas arcillosas, gravas mal graduadas y seguidamente el nivel freático.
- Zona 2 cuyo perfil estratigráfico presenta inicialmente un estrato de arenas limosas, turba (suelos altamente orgánicos), gravas mal graduadas, arena bien graduada y posterior a estas, encontrándose nivel freático alto.
- Zona 3 cuyo perfil estratigráfico presenta inicialmente un estrato de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto, seguido por un estrato de arenas limosas, arenas arcillosas, gravas limosas y no presenta nivel freático.
- Zona 4 cuyo perfil estratigráfico presenta inicialmente un estrato de relleno conformado por suelo orgánico en estado suelto, seguido por un estrato de arenas limosas, arenas arcillosas, gravas limosas posterior a estas encontrándose nivel freático.

➤ Los caudales usados se realizaron de acuerdo a la siguiente metodología:

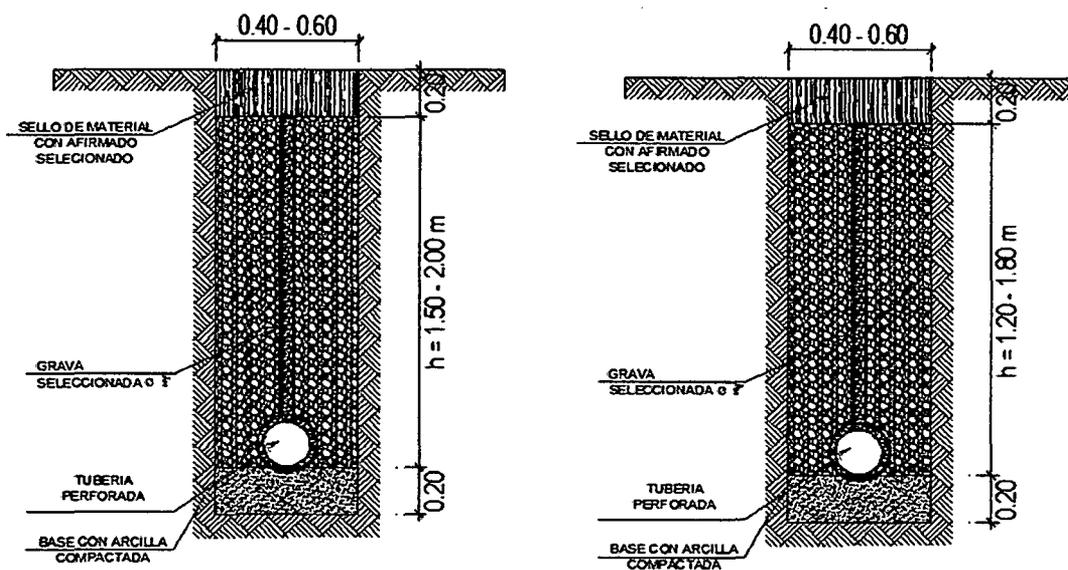
$$Q = q_{infiltracion} + q_{NF}$$

Donde el caudal de infiltración ( $q_{infiltracion}$ ) está dado por el cálculo de precipitaciones y escurrimiento generados en el sector de Quintanillapampa, y el caudal de la napa freática ( $q_{NF}$ ), donde es el caudal que se encuentra en la napa freática de la zona ya que es considerado como un acuífero.

- En la meta de movimiento de tierras, se observó que las secciones transversales del drenaje tipo dren francés tiene una sección transversal de ancho variable desde 0.80 ml. hasta 1.00 ml, debido a que se emplean para su relleno material filtrante, como las que son propuestos de acuerdo a los cálculos y parámetros mencionados; el proceso constructivo de los drenes tipo drenaje tipo dren francés necesita secciones amplias para su buen trabajo y movilidad dentro de la sección, como se muestra en la figura dada, de acuerdo a cada zona demarcada.



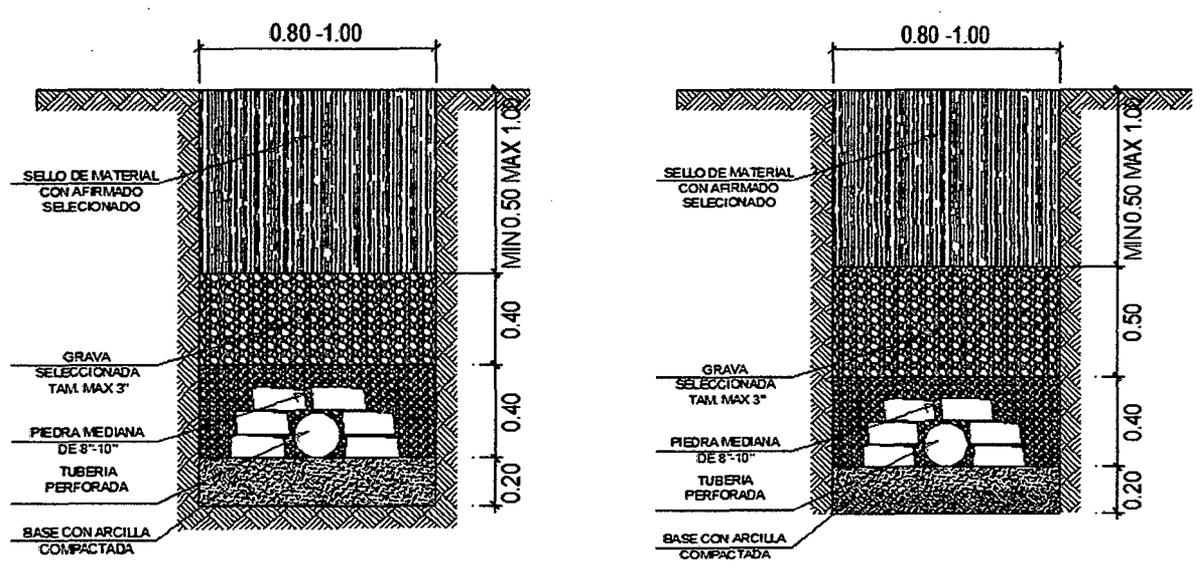
De igual manera en la meta de movimiento de tierras, se observó que las secciones transversales del drenaje tipo sintético tiene una sección transversal de ancho variable desde 0.40 ml. hasta 0.60 ml, esto facilita su instalación ya que solo se realiza la instalación de las tuberías y el geotextil como se muestra en la figura de acuerdo a cada zona demarcada.

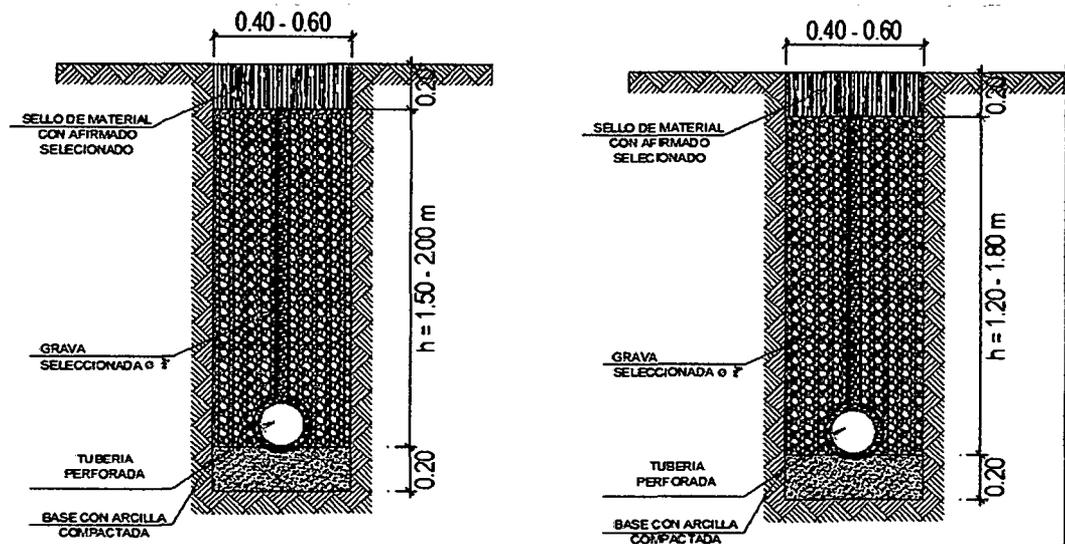


- La diferencia del sistema tipo dren francés y un drenaje tipo sintético se diferencian básicamente en la calidad y el tiempo ya que son dos parámetros que permite que un proyecto o estudio tenga confiabilidad y sea más económico y efectivo en sus características físico – mecánicas de evacuar el agua subterránea, eficiencia, rapidez y facilidad.
- Las propiedades de los geotextiles y productos relacionados con geotextiles (en adelante geotextiles y productos relacionados) se suelen clasificar en características generales, físico-mecánicas, hidráulicas y de durabilidad. En gran medida, estas propiedades son función de los polímeros empleados y del proceso de fabricación. Para su utilización en una aplicación concreta es necesario conocer y verificar sus características, con objeto de asegurarse que podrán cumplir las funciones especificadas en el proyecto durante su vida útil. El fabricante o suministrador de los geotextiles y productos relacionados, debe facilitar una información completa sobre sus características.

## CONCLUSIONES:

- Se ha logrado realizar el diseño y evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo dren francés y tipo sintético en el Sector de Quintanillapampa, lo que permite comparar tanto económicamente y técnicamente.
- El sistema de drenaje tipo sintético demuestra la eficacia y eficiencia, proporcionando además de ventajas económicas y constructivas, pues la zanja necesaria para su instalación es más estrecha que en los sistemas de drenaje tipo dren francés.
- La disminución que se genera con respecto a los volúmenes de excavación, permite reducir el tiempo, como se muestra en las figuras siguientes:





- El sistema de drenaje tipo sintético demuestra la eficacia y eficiencia, proporcionando además de ventajas económicas y constructivas, pues la zanja necesaria para su instalación es más estrecha que en los sistemas de drenaje tipo dren francés.
- Respecto en el caso del sistema de drenaje tipo dren francés, se adjunta el cuadro siguiente para observar los ratios de costos en base a un metro lineal. Es necesario mencionar que los materiales están considerados de manera general, en base al presupuesto realizado:

<b>SISTEMA DE DRENAJE FRANCES</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDA POR 1.00 ml</b>	<b>COSTO UNITARIO EN</b>	<b>COSTO PARCIAL soles /</b>
Material de Relleno	3.3 m3	36.40 / m3	120.12
Tuberia Perforada	1.00 ml	2.66 / ml	2.66
Entibado	0.30 m2	1.10 / m2	0.33
Mano de Obra (Maestro de Obra)	1.45 h	13.52 / h	19.60
Mano de Obra (Peones)	4.40 h	10.81 / h	47.56
<b>Costo Total</b>			<b>190.28</b>

Respecto en el caso del sistema sintético (geotextil), se adjunta el cuadro siguiente para observar los ratios de costos en base a un metro lineal.

<b>SISTEMA DE DRENAJE SINTETICO</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDA POR 1.00 ml</b>	<b>COSTO UNITARIO EN S/.</b>	<b>COSTO PARCIAL soles / ml</b>
Geocompuesto (Geotextil)	10.00 m2	17.50 / m2	175.00
Tuberia Perforada	1.00 ml	2.66 / ml	2.66
Mano de Obra (Peones)	1.60 h	10.81 / h	17.30
<b>Costo Total</b>			<b>194.96</b>

- Se observa la diferencia de costos de ambos componentes, reflejada en el costo del sistema de drenaje tipo dren francés es menor que el drenaje sintético, pero de acuerdo a las consideraciones de geotextiles mencionadas abajo, se verifica la diferencia existente entre ambas, sin considerar su costo. Este parámetro es importante en el triangulo de un proyecto el cual solo conllevara la Calidad y el Tiempo de instalación como parámetros de diferencia

## RECOMENDACIONES:

- La presencia de sedimentos en los sistemas de drenaje tiende a disminuir el tiempo de vida de estos, debiendo realizar la operación y mantenimiento permanentemente de esta manera prolongar su vida útil.
- Realizar la ejecución práctica de este tipo de drenaje, usando el sistema de drenaje tipo sintético, el cual favorece la rápida instalación, ya que debido a las constantes lluvias que se presentan en la ciudad de Huancavelica – Ascensión – sector Quintanillapampa. Además debido al elevado nivel de la napa freática, permite su rápida instalación.
- Evaluar el efecto del espesor del filtro en el ingreso de sedimentos hacia los sistemas de drenaje.
- Realizar estudios con fines de comparar la efectividad de las tuberías PVC utilizadas en el drenaje de manera práctica, permitiendo de esta manera conocer el tiempo de vida que son necesarias para su funcionamiento.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio así como las conclusiones y recomendaciones establecidas solo son válidas para el área del sector Quintanillapampa – Ascensión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Martínez Quispe Judith e Inga Castellares Juan Carlos (2012), "Microzonificación de Suelos en el Sector Quintanilla Pampa – Distrito de Ascensión, Provincia y Departamento de Huancavelica". Tesis de grado de la Universidad Nacional de Huancavelica – Huancavelica – Perú.
- Marcos Moreira (1986), "*Determinación Cuantitativa y Sectorizada del Flujo de Entrada en una Tubería de Drenaje Subterráneo*". Tesis de grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Maccaferri, Manual Técnico (2010), Criterios Generales para Proyecto, Especificaciones y Aplicación de Geosintéticos.
- Máximo Villón Béjar (2002), "Hidrología General". Lima - Perú.
- Cesar Augusto Marroquin (1997); "*Construcción, Reconstrucción y Mantenimiento de Terraplenes y Carreteras*", Tesis de la Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Perú.* 13, 47:48pp.
- Juárez Badillo y Rico Rodríguez. *Fundamentos de la Mecánica de Suelos* Tomo 1 – Propiedades Hidráulicas del Suelo, México 191:298pp.
- Plan de Desarrollo Urbano y Regional del Distrito de Ascensión (2006-2011), Volumen I *Cap. III - "Diagnostico Urbano de Ascensión - Aspectos Físicos"* 32, 47:48pp.
- Expedientes Técnicos – Estudio de Drenaje Superficial y Subterránea: *Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura y Equipamiento de la I.E. América del Distrito de Ascensión - Huancavelica.*
- Bunge, Mario. Vigencia de la filosofía. Ciencia y Técnica, Investigación y Universidad. Editorial Fondo UIGV. Lima – Perú, 1996.

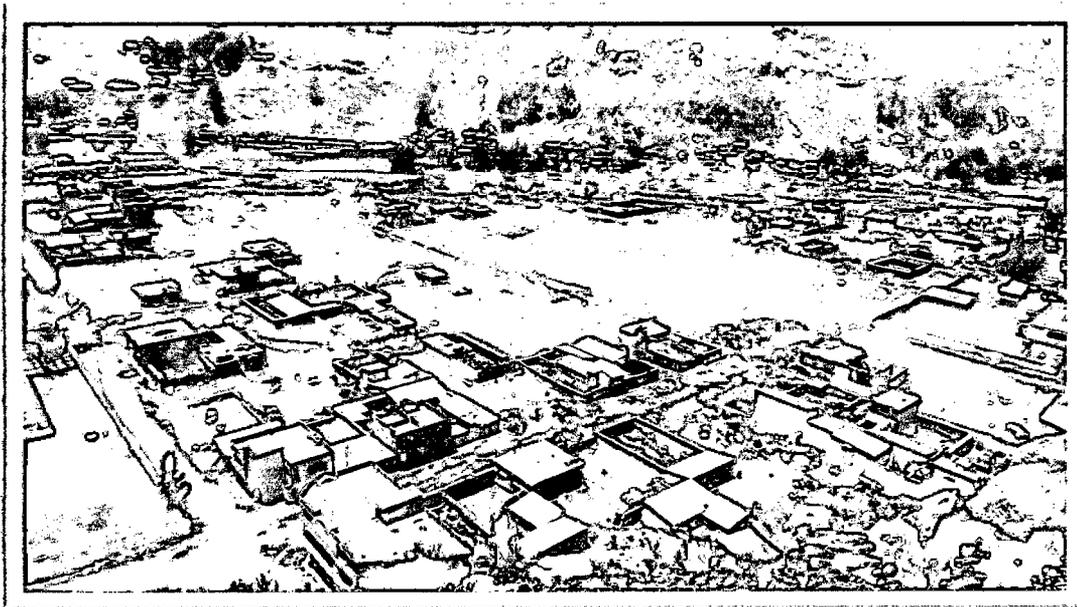
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Diario El Peruano, Lima – Perú, 2006.

**ANEXOS**

**PANEL FOTOGRAFICO**



**Fotografía N° 01:** Lugar de Estudio "Sector Quintanilla pampa del Distrito de Ascensión Provincia y Departamento de Huancavelica"



**Fotografía N° 02:** Vista General del Lugar Escogido mostrando las Zonas 1 y 2 del "Sector Quintanilla pampa del Distrito de Ascensión Provincia y Departamento de Huancavelica"



**Fotografía N° 03:** Vista del Sector de Quintanilla pampa en Temporada de lluvias, donde se observa el suelo totalmente saturado.



**Fotografía N° 04:** Vista de la calle Av. Ernesto Morales del Sector de Quintanilla pampa en Temporada de lluvias, donde se observa el suelo totalmente saturado.



**Fotografía N° 05:** Canal de Aguas Subterráneas que atraviesa el Sector de Quintanilla pampa en Temporada de Lluvias.



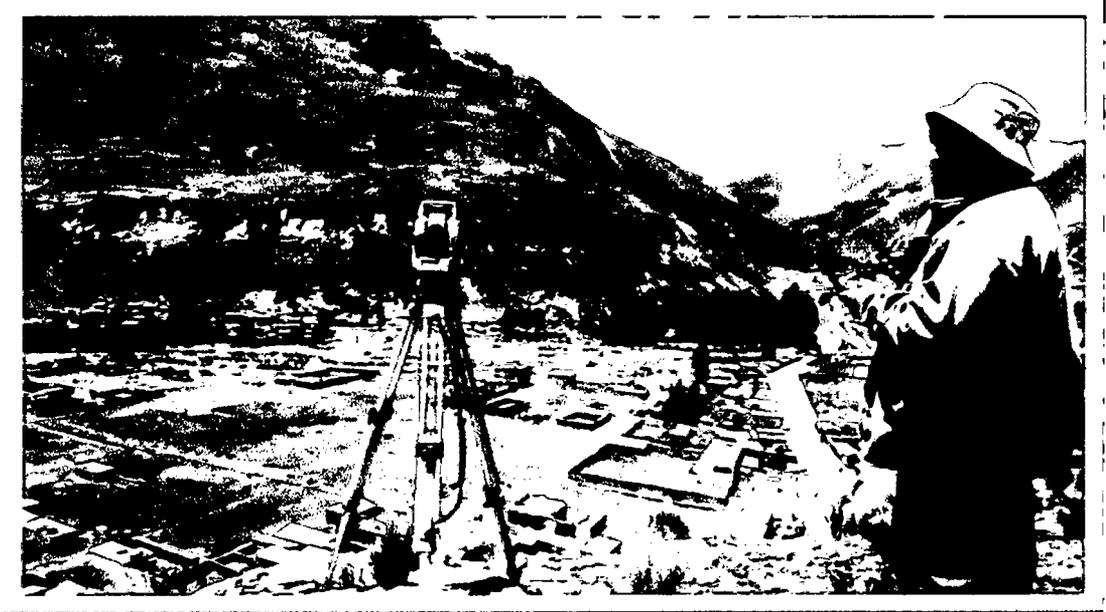
**Fotografía N° 06:** Vista de la zona N° 1, demarcada por la Zonificación realizada en el Sector de Quintanilla pampa.



**Fotografía N° 07:** Vista de la zona N° 1, demarcada por la Zonificación realizada en el Sector de Quintanilla pampa.



**Fotografía N° 08:** Vista de las fallas ocasionadas por la acción de las aguas subterráneas dadas en la I.E. América



**Fotografía N° 09:** Levantamiento Topográfico realizado en el Sector de Quintanilla pampa



**Fotografía N° 10: Vista de la zona de Desfoque de todo el Agua Subterránea**



**Fotografía N° 11: Vista del Material predominante en la Zona N° 2**

## VALORES DE PERMEABILIDAD SEGÚN TERZAGHI & PECK (1967)

Coeficiente de permeabilidad $k$ en cm/seg (escala logarítmica)				
$10^{-9}$	10	1.0	$10^{-1}$	$10^{-2}$
$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$
Drenaje	Bueno		Pobre	Prácticamente impermeable
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava.	Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada.	Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.
		Suelos "impermeables" modificados por la vegetación o por descomposición.**		
Determinación directa de $k$	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.			
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.			
Determinación indirecta de $k$		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados.	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.
	Por cálculo partiendo de la curva granulométrica. Solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.			Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia.

**METRADOS**

**PLANILLA DE METRADOS**

Estudio: "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTETICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Responsable: BACH. ING. SOTO ESPINOZA ANDERSON LENIN  
 Fecha: MARZO 2013  
 Formula: SISTEMA DRENAJE FRANCÉS

Provincia: HUANCAYELICA  
 Distrito: ASCENSION  
 Sector: QUINTANILLA PAMPA

ITEM	PARTIDA	UBICACION DE ELEMENTO	N° VEC.	DIMENSIONES			METRADO		U.M.
				LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL	TOTAL	
01.01.00	SISTEMA DE DRENAJE TIPO DREN FRANCÉS								
01.01.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, TIERRA SUELTA CON PRESENCIA DE AGUA							1273.52	M3
		ZONA 1	1.00	105.54	1.00	3.00	316.62		
		ZONA 2	1.00	598.05	0.80	2.00	956.90		
01.01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA							2072.10	M3
		ZONA 1	1.00	52.77	1.00	3.00	158.31		
		ZONA 2	1.00	1195.12	0.80	2.00	1913.79		
01.01.03	REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/UTUBERIA ø150mm							2814.40	M2
		ZONA 1	1.00	422.15			422.15		
		ZONA 2	1.00	2392.24			2392.24		
01.01.04	CAMA DE DE ARDILLA P/ZANJA TUBO DN 1100 MM.							487.18	M3
		ZONA 1	1.00	422.15	1.00	0.20	84.43		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.80	0.20	382.75		
01.01.05	RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 3"							934.38	M3
		ZONA 1	1.00	422.15	1.00	0.40	168.86		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.80	0.40	765.52		
01.01.06	RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 8" - 10"							934.38	M3
		ZONA 1	1.00	422.15	1.00	0.40	168.86		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.80	0.40	765.52		
01.01.07	RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO							487.18	M3
		ZONA 1	1.00	422.15	1.00	0.20	84.43		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.80	0.20	382.75		
01.01.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE -25% DE ESPON L=30 m		1.25	1740.45			1550.95	1590.58	M3
01.02.00	TUBERIAS								
01.02.01	TUBERIA PVC-U LF NTP ISO 1452 PN15 F2.5 DN 160mm		1.00			2814.40	2814.40	2814.40	M2

**PLANILLA DE METRADOS**

Estudio: "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTETICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Responsable: BACH. ING. SOTO ESPINOZA ANDERSON LENIN  
 Fecha: MARZO - 2013  
 Formula: SISTEMA DE DRENAJE GEOSINTETICO

Provincia: HUANCAYELICA  
 Distrito: ASCENSION  
 Sector: QUINTANILLA PAMPA

ITEM	PARTIDA	UBICACION DE ELEMENTO	N° VEC.	DIMENSIONES			METRADO		U.M.
				LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL	TOTAL	
01.01.00	SISTEMA DE DRENAJE TIPO DREN FRANCÉS								
01.01.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, TIERRA SUELTA CON PRESENCIA DE AGUA						898.42		M3
		ZONA 1	1.00	105.54	0.80	3.00	189.87		
		ZONA 2	1.00	588.06	0.40	2.00	478.45		
01.01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA						1951.89		M3
		ZONA 1	1.00	52.77	0.80	3.00	94.89		
		ZONA 2	1.00	1196.12	0.40	2.00	856.80		
01.01.03	REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA ø160mm						2814.40		M2
		ZONA 1	1.00	422.16			422.16		
		ZONA 2	1.00	2392.24			2392.24		
01.01.04	CAMA DE DE ARCILLA PIZANJA TUBO DN 1150 MM						242.04		M3
		ZONA 1	1.00	422.16	0.80	0.20	50.66		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.40	0.20	191.38		
01.01.05	RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM. 3/4"						2162.88		M3
		ZONA 1	1.00	422.16	0.80	1.50	379.84		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.40	1.80	1722.41		
01.01.06	RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO						242.04		M3
		ZONA 1	1.00	422.16	0.80	0.20	50.66		
		ZONA 2	1.00	2392.24	0.40	0.20	191.38		
01.01.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE-25% DE ESPON L=30 m		1.25	774.88			868.33	888.33	M3
01.02.00	TUBERIAS								
01.02.01	TUBERIA PVC-U F/NTP ISO 1482 PMS F2.5 DN 160mm		1.00			2814.40	2814.40		M2
01.03.00	GEODREN								
01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEODREN		1.00			2814.40	2814.40		M2

**PRESUPUESTO**

19

## Presupuesto

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"  
 Subpresupuesto 001 SISTEMA TIPO DREN FRANCÉS  
 Beneficiario UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA Costo al 01/01/2013  
 Lugar HUANCAYELICA - HUANCAYELICA - HUANCAYELICA

Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>REDES SUBTERRANEAS</b>				<b>267,878.40</b>
01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>213,926.35</b>
01.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA CON PRESENCIA DE AGUA	m3	1,273.52	30.01	38,218.34
01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA	m3	2,072.10	4.76	9,863.20
01.03	REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA ø160mm	ML	2,814.40	0.68	1,913.79
01.04	CAMA DE DE ARCILLA PIZANJA TUBO DN 1160 MM	m3	467.19	32.27	15,076.22
01.05	RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM. 3"	m3	934.38	81.44	76,095.91
01.06	RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 8" - 10"	m3	934.38	10.61	9,913.77
01.07	RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO, C/EQUIPO	m3	467.19	52.05	24,317.24
01.08	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE A MAQUINA	m3	1,550.56	12.85	19,924.70
01.09	ENTIBADO CORRIDO DE ZANJAS HASTA 4.00 PROF.	ML	2,814.40	6.61	18,603.18
02	<b>TUBERIAS</b>				<b>53,952.05</b>
02.01	TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm	m	2,814.40	19.17	53,952.05
	<b>Costo Directo</b>				<b>267,878.40</b>

**SON : DOSCIENTOS SESENTISIETE MIL OCHOCIENTOS SETENTIOCHO Y 40/100 NUEVOS SOLES**

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCES Y TIPO SINTETICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Subpresupuesto 001 SISTEMA TIPO DREN FANCES Fecha presupuesto 01/01/2013

Partida 01.01.01 EXCAVACION MANUAL DE ZANJA CON PRESENCIA DE AGUA

Rendimiento m3/DIA MO. 3.5000 EQ. 3.5000 Costo unitario directo por : m3 30.01

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	1.1429	8.10	9.26
0147010004	PEON	hh	1.0000	2.2857	7.26	16.59
<b>25.85</b>						
<b>Materiales</b>						
0230460057	GASOLINA	gln		0.0700	14.80	1.04
<b>1.04</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	25.85	1.29
0348020011	MOTOBOMBA 4"	hm	0.1000	0.2286	8.00	1.83
<b>3.12</b>						

Partida 01.01.02 EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA

Rendimiento m3/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m3 4.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	0.1000	0.0027	9.24	0.02
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0267	7.26	0.19
<b>0.21</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.21	0.01
0349040007	RETROEXCAVADOR 62 HP 1 YD3	hm	1.0000	0.0267	170.00	4.54
<b>4.55</b>						

Partida 01.01.03 REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA ø160mm

Rendimiento ML/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : ML 0.68

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	0.1000	0.0080	9.24	0.07
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.26	0.58
<b>0.65</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.65	0.03
<b>0.03</b>						

Partida 01.01.04 CAMA DE DE ARCILLA PIZANJA TUBO DN 1160 MM

Rendimiento m3/DIA MO. 60.0000 EQ. 60.0000 Costo unitario directo por : m3 32.27

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.2000	0.0267	8.10	0.22
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.2667	7.26	1.94
<b>2.16</b>						
<b>Materiales</b>						
0255020003	MATERIAL ZARANDEADO PARA CAMA DE APOYO	m3		1.0000	30.00	30.00
<b>30.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.16	0.11
<b>0.11</b>						

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Subpresupuesto 001 SISTEMA TIPO DREN FANCES Fecha presupuesto 01/01/2013

Partida 01.01.05 RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM. 3"

Rendimiento m3/DIA MO. 7.0000 EQ. 7.0000 Costo unitario directo por : m3 81.44

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	1.1429	8.10	9.26
0147010004	PEON	hh	1.0000	1.1429	7.26	8.30
<b>17.56</b>						
<b>Materiales</b>						
0205000029	PIEDRA MEDIANA Ø MAX 3" - 5"	m3		1.0500	60.00	63.00
<b>63.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	17.56	0.88
<b>0.88</b>						

Partida 01.01.06 RELLENO CON GRAVA SELECCIONADA TAM 8" - 10"

Rendimiento m3/DIA MO. 7.0000 EQ. 7.0000 Costo unitario directo por : m3 10.61

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	0.1000	0.1143	9.24	1.06
0147010004	PEON	hh	1.0000	1.1429	7.26	8.30
<b>9.36</b>						
<b>Materiales</b>						
0230460057	GASOLINA	gln		0.0500	14.80	0.74
3239050000	AGUA	m3		0.0200	2.00	0.04
<b>0.78</b>						
<b>Equipos</b>						
3337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	9.36	0.47
<b>0.47</b>						

Partida 01.01.07 RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO, C/EQUIPO

Rendimiento m3/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m3 52.05

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
1147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	8.10	6.48
1147010004	PEON	hh	2.0000	1.6000	7.26	11.62
<b>18.10</b>						
<b>Materiales</b>						
1205010015	MATERIAL DE RELLENO	m3		1.1000	25.00	27.50
1230460057	GASOLINA	gln		0.0500	14.80	0.74
<b>28.24</b>						
<b>Equipos</b>						
1337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	18.10	0.91
1349030002	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	0.3000	0.2400	20.00	4.80
<b>5.71</b>						

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Subpresupuesto 001 SISTEMA TIPO DREN FANCES Fecha presupuesto 01/01/2013

Partida 01.01.08 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE A MAQUINA

Rendimiento m3/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m3 12.85

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0267	7.26	0.19
<b>0.19</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.19	0.01
0348040027	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.	hm	2.0000	0.0533	120.00	6.40
0349040006	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1 YD3	hm	1.0000	0.0267	234.00	6.25
<b>12.66</b>						

Partida 01.01.09 ENTIBADO CORRIDO DE ZANJAS HASTA 4.00 PROF.

Rendimiento ML/DIA MO. 80.0000 EQ. 80.0000 Costo unitario directo por : ML 6.61

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	9.24	0.92
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	8.10	0.81
<b>1.73</b>						
<b>Materiales</b>						
0202010002	CLAVOS PARA MADERA C/C 2 1/2"	kg		0.1000	4.50	0.45
0202040010	ALAMBRE NEGRO N°8	kg		0.4300	4.50	1.94
0243000025	MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP	p2		2.0000	1.20	2.40
<b>4.79</b>						
<b>Equipos</b>						
3337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.73	0.09
<b>0.09</b>						

Partida 01.02.01 TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm

Rendimiento m/DIA MO. 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : m 19.17

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
1147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	9.24	0.49
1147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	8.10	0.43
1147010004	PEON	hh	2.0000	0.1067	7.26	0.77
<b>1.69</b>						
<b>Materiales</b>						
1266990001	LUBRICANTE P/TUBO PVC	gln		0.0070	48.00	0.34
1272400101	TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm	ML		1.0500	16.25	17.06
<b>17.40</b>						
<b>Equipos</b>						
1337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.69	0.08
<b>0.08</b>						

15

## Presupuesto

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"  
 Subpresupuesto 002 SISTEMA DE GEODREN  
 Ente UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA Costo al 01/01/2013  
 Lugar HUANCAYELICA - HUANCAYELICA - HUANCAYELICA

m	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>REDES SUBTERRANEAS</b>				<b>261,539.92</b>
01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>59,831.87</b>
01.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA CON PRESENCIA DE AGUA	m3	668.42	30.01	20,059.28
01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA	m3	1,051.88	4.76	5,006.95
01.03	REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA ø160mm	ML	2,814.40	0.68	1,913.79
01.04	CAMA DE DE ARCILLA P/ZANJA TUBO DN 1160 MM	m3	242.04	32.27	7,810.63
01.06	RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO, C/EQUIPO	m3	242.04	52.05	12,598.18
01.07	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE A MAQUINA	m3	968.33	12.85	12,443.04
02	<b>TUBERIAS</b>				<b>53,952.05</b>
02.01	TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm	m	2,814.40	19.17	53,952.05
03	<b>SISTEMA DE GEODREN</b>				<b>147,756.00</b>
03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEODREN	m	2,814.40	52.50	147,756.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>261,539.92</b>

SON : DOSCIENTOS SESENTIUN MIL QUINIENTOS TRENTINUEVE Y 92/100 NUEVOS SOLES

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"

Subpresupuesto 002 SISTEMA DE GEODREN

Fecha presupuesto 01/01/2013

Partida 01.01.01 EXCAVACION MANUAL DE ZANJA CON PRESENCIA DE AGUA

Rendimiento m3/DIA MO. 3.5000 EQ. 3.5000 Costo unitario directo por : m3 30.01

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	1.1429	8.10	9.26
0147010004	PEON	hh	1.0000	2.2857	7.26	16.59
<b>25.85</b>						
<b>Materiales</b>						
0230460057	GASOLINA	gln		0.0700	14.80	1.04
<b>1.04</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	25.85	1.29
0348020011	MOTOBOMBA 4"	hm	0.1000	0.2286	8.00	1.83
<b>3.12</b>						

Partida 01.01.02 EXCAVACION MANUAL DE ZANJA, MATERIAL SUELTO CON MAQUINA

Rendimiento m3/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m3 4.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	0.1000	0.0027	9.24	0.02
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0267	7.26	0.19
<b>0.21</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.21	0.01
0349040007	RETROEXCAVADOR 62 HP 1 YD3	hm	1.0000	0.0267	170.00	4.54
<b>4.55</b>						

Partida 01.01.03 REFINE Y NIVELACION FONDO ZANJA P/TUBERIA ø160mm

Rendimiento ML/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : ML 0.68

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	0.1000	0.0080	9.24	0.07
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.26	0.58
<b>0.65</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.65	0.03
<b>0.03</b>						

Partida 01.01.04 CAMA DE DE ARCILLA P/ZANJA TUBO DN 1160 MM

Rendimiento m3/DIA MO. 60.0000 EQ. 60.0000 Costo unitario directo por : m3 32.27

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.2000	0.0267	8.10	0.22
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.2667	7.26	1.94
<b>2.16</b>						
<b>Materiales</b>						
0255020003	MATERIAL ZARANDEADO PARA CAMA DE APOYO	m3		1.0000	30.00	30.00
<b>30.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.16	0.11
<b>0.11</b>						

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 2101002 "DISEÑO Y EVALUACION COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DRENAJE DE TIPO DREN FRANCÉS Y TIPO SINTÉTICO EN EL SECTOR DE QUINTANILLAPAMPA"  
 Subpresupuesto 002 SISTEMA DE GEODREN Fecha presupuesto 01/01/2013  
 Partida 01.01.06 RELLENO Y SELLO DE MATERIAL CON AFIRMADO SELECCIONADO, C/EQUIPO

Rendimiento m3/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m3 52.05

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	8.10	6.48
0147010004	PEON	hh	2.0000	1.6000	7.26	11.62
<b>18.10</b>						
<b>Materiales</b>						
0205010015	MATERIAL DE RELLENO	m3		1.1000	25.00	27.50
0230460057	GASOLINA	gln		0.0500	14.80	0.74
<b>28.24</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	18.10	0.91
0349030002	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	0.3000	0.2400	20.00	4.80
<b>5.71</b>						

Partida 01.01.07 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE A MAQUINA

Rendimiento m3/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m3 12.85

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0267	7.26	0.19
<b>0.19</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.19	0.01
0348040027	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.	hm	2.0000	0.0533	120.00	6.40
0349040006	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1 YD3	hm	1.0000	0.0267	234.00	6.25
<b>12.66</b>						

Partida 01.02.01 TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm

Rendimiento m/DIA MO. 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : m 19.17

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	9.24	0.49
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	8.10	0.43
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1067	7.26	0.77
<b>1.69</b>						
<b>Materiales</b>						
0266990001	LUBRICANTE P/TUBO PVC	gln		0.0070	48.00	0.34
0272400101	TUBERIA PVC- U UF NTP ISO 1452 PN5 F2.5 DN 160mm	ML		1.0500	16.25	17.06
<b>17.40</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.69	0.08
<b>0.08</b>						

Partida 01.03.01 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEODREN

Rendimiento m/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : m 52.50

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Materiales</b>						
0205000034	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL	m		1.0500	50.00	52.50
<b>52.50</b>						

**HOJA DE CÁLCULO**

**DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

**1.- EXPRESION ANALITICA DE LA SUPERFICIE FREATICA, CALCULO DEL CAUDAL:**

Considerando un bloque de material poroso, isotropo y homogéneo, como se muestra en la figura:  
Donde por la ley de Darcy:

$$Q = A \cdot K \cdot [\text{gradiente}]$$

De la figura mostrada:

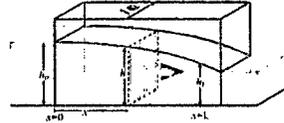
$$Q = -(hx1) \cdot K \cdot [\text{gradiente}]$$

$$Q = -(hx1) \cdot K \cdot \left(\frac{dh}{dx}\right) \dots \dots \dots (1)$$

$$Q \cdot dx = -h \cdot K \cdot dh \dots \dots \dots (2)$$

Integrando resulta:

$$Q \cdot x = -K \cdot \frac{h^2}{2} + C \dots \dots \dots (3)$$



Donde:  
C : Constante de Integración

Aplicando valores concretos en (3): x = 0 y h=h0 (según figura), resultando:

$$0 = -K \cdot \frac{h_0^2}{2} + C \quad \Rightarrow \quad C = K \cdot \frac{(h_0)^2}{2} \quad (4)$$

Introduciendo este valor C en la ecuación (3), resulta:

$$Q \cdot x = -K \cdot \frac{h^2}{2} + K \cdot \frac{(h_0)^2}{2} = \frac{K}{2} ((h_0)^2 - h^2) \dots \dots \dots (5)$$

Finalmente, despejando el caudal:

$$Q = \frac{K}{2x} (h_0^2 - h_l^2) \dots \dots \dots (6)$$

**2.- APLICANDO EL CALCULO DEL CAUDAL POR TRAMO:**

ZONA	NIVEL DE NAPA FREATICA	TRAMO (CALLE)	BUZON		LONGITUD (L)	COTAS DE TERRENO		LIMITE MINIMO DE PROF. DEL COLECTOR		COTAS SUPERIOR DE NIVEL FREATICA		COTA INFERIOR NIVEL DE DRENAJE		ANCHO EFECTIVO (m)	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K)	GRADIENTE HIDRAULICA (I)	CAUDAL DE INFILTRACION (m³/m²)	CAUDAL (qNF)		
			AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO		AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO					AGUAS ARRIBA	EN EL TRAMO	AGUAS ABAJO
2	2.00	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 01	Bz - 02	37.54	3690.01	3688.54	1.30	1.40	3688.01	3686.54	3688.71	3687.14	6.10	23.121	0.1300	0.0109	0.00000	0.24421	0.25506
	2.00	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 02	Bz - 03	56.59	3688.54	3688.36	1.40	1.50	3686.54	3686.36	3687.14	3686.86	6.10	23.121	0.1100	0.0109	0.25506	0.13708	0.40298
1	1.80	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 03	Bz - 04	41.46	3688.36	3688.00	1.50	1.60	3686.36	3686.20	3686.86	3686.40	6.10	23.121	0.3100	0.0109	0.40298	0.15719	0.77102
	1.70	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 04	Bz - 05	59.08	3688.00	3688.15	1.60	1.60	3686.20	3686.45	3686.40	3686.55	6.10	29.487	0.0300	0.0109	0.77102	0.04567	0.82754
2	1.80	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 05	Bz - 06	54.16	3688.15	3688.35	1.60	1.80	3686.45	3686.55	3686.55	3686.55	6.10	29.487	0.0100	0.0109	0.82754	0.01661	0.85499
	2.00	JR. MERCURIO	Bz - 07	Bz - 08	60.70	3689.13	3688.88	1.20	1.50	3687.13	3686.88	3687.93	3687.38	10.00	23.121	0.3900	0.0109	0.00000	0.74277	0.75362
1	1.80	JR. MERCURIO	Bz - 08	Bz - 09	53.15	3688.88	3688.00	1.50	1.50	3686.88	3686.20	3687.38	3686.50	10.00	23.121	0.1600	0.0109	0.75362	0.34801	1.11248
	1.80	JR. MERCURIO	Bz - 09	Bz - 10	42.32	3688.00	3688.00	1.50	2.00	3686.20	3686.20	3686.50	3686.00	10.00	23.121	0.0500	0.0109	1.11248	0.13658	1.25991
2	1.90	JR. MERCURIO	Bz - 10	Bz - 11	53.22	3688.00	3687.02	2.00	2.00	3686.20	3685.12	3686.00	3685.02	10.00	23.121	0.0300	0.0109	1.25991	0.06517	1.33593
	1.63	JR. MERCURIO	Bz - 11	Bz - 12	49.59	3687.02	3687.50	2.00	1.70	3685.12	3685.85	3685.02	3685.80	10.00	29.487	0.0075	0.0109	1.33593	0.02230	1.36908
1	1.50	JR. MERCURIO	Bz - 13	Bz - 12	47.18	3687.82	3687.50	2.30	1.70	3685.85	3686.00	3685.52	3685.80	10.00	29.487	0.0689	0.0109	1.36908	0.21531	1.59524
	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 14	Bz - 15	70.27	3689.45	3688.30	1.20	1.40	3688.15	3687.00	3688.25	3686.90	9.95	23.121	0.0250	0.0109	0.00000	0.04092	0.05177
2	1.55	JR. 11 DE MAYO	Bz - 15	Bz - 16	51.84	3688.30	3686.50	1.40	1.60	3687.00	3684.95	3686.90	3684.90	9.95	23.121	0.0075	0.0109	0.05177	0.01664	0.07926
	1.60	JR. 11 DE MAYO	Bz - 16	Bz - 17	51.45	3686.50	3686.45	1.60	1.60	3684.95	3684.85	3684.90	3684.85	9.95	23.121	0.0025	0.0109	0.07926	0.00559	0.09570
1	1.60	JR. 11 DE MAYO	Bz - 17	Bz - 18	52.31	3686.45	3686.20	1.60	1.60	3684.85	3684.60	3684.85	3684.60	9.95	23.121	0.0250	0.0109	0.09570	0.05497	0.16153
	1.40	JR. 11 DE MAYO	Bz - 18	Bz - 19	51.11	3686.20	3686.10	1.60	1.40	3684.60	3684.70	3684.60	3684.70	9.95	29.487	0.0500	0.0109	0.16153	0.14351	0.21589
2	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 19	Bz - 20	52.03	3686.10	3687.00	1.40	1.50	3684.70	3685.50	3684.70	3685.50	9.95	29.487	0.0500	0.0109	0.21589	0.14097	0.46771
	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 20	DESFOGUE	74.45	3687.00	3686.50	1.50	1.50	3685.50	3685.00	3685.50	3685.00	9.95	29.487	0.0500	0.0109	0.46771	0.09852	0.57708
2	2.00	JR. SANTA ROSA	BZ - 21	BZ - 22	51.32	3689.27	3688.61	1.20	1.50	3687.27	3686.61	3688.07	3687.11	10.10	23.121	0.3900	0.0109	0.00000	0.88731	0.89816
	1.90	JR. SANTA ROSA	BZ - 22	BZ - 23	52.16	3688.61	3688.56	1.50	2.00	3686.61	3686.66	3687.11	3686.56	10.10	23.121	0.2400	0.0109	0.89816	0.53724	1.44626
1	1.70	JR. SANTA ROSA	BZ - 23	BZ - 24	51.55	3688.56	3688.72	2.00	1.70	3686.66	3687.02	3686.56	3687.02	10.10	23.121	0.0100	0.0109	1.44626	0.02265	1.47976
	1.50	JR. SANTA ROSA	BZ - 24	BZ - 25	49.28	3688.72	3688.15	1.70	1.50	3687.02	3686.65	3687.02	3686.65	10.10	23.121	0.0240	0.0109	1.47976	0.05686	1.54747
2	2.00	JR. PROGRESO	BZ - 26	BZ - 27	51.40	3692.73	3692.22	1.20	1.80	3690.73	3690.22	3691.53	3690.42	10.10	23.121	0.6000	0.0109	0.00000	1.36287	1.37382
	1.30	JR. PROGRESO	BZ - 27	BZ - 28	90.47	3692.22	3692.37	1.80	1.20	3690.22	3691.07	3690.42	3691.17	10.10	23.121	0.0300	0.0109	1.37382	0.06940	1.45407

2	2.00	JR. QUINTANILLA	BZ - 02	BZ - 08	106.78	3688.54	3688.88	1.40	1.50	3686.54	3686.88	3687.14	3687.38	12.20	23.121	0.1100	0.0109	0.25506	0.14529	0.41120
2	1.80	JR. QUINTANILLA	BZ - 08	BZ - 15	87.48	3688.88	3688.30	1.50	1.40	3686.88	3686.50	3687.38	3686.90	12.20	23.121	0.0900	0.0109	0.41120	0.14510	0.56715
2	1.30	JR. QUINTANILLA	BZ - 15	BZ - 21	110.31	3688.30	3689.27	1.40	1.20	3686.50	3687.97	3686.90	3688.07	12.20	23.121	0.1500	0.0109	0.56715	0.19178	0.76978
2	1.60	JR. CESAR VALLEJO	Bz - 03	Bz - 09	83.44	3688.36	3688.00	1.50	1.50	3686.76	3686.40	3686.86	3686.50	9.65	23.121	0.0500	0.0109	0.40298	0.06685	0.48048
2	1.40	JR. CESAR VALLEJO	Bz - 16	BZ - 22	110.31	3686.50	3688.61	1.60	1.50	3686.40	3687.01	3686.50	3687.11	9.65	23.121	0.0250	0.0109	0.48048	0.02528	0.51481
1	1.90	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 04	Bz - 10	65.10	3688.00	3688.00	1.60	2.00	3686.10	3686.10	3686.40	3686.00	13.50	29.487	0.0800	0.0109	0.77102	0.24459	1.02646
1	1.60	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 10	Bz - 17	88.08	3688.00	3686.45	2.00	1.50	3686.10	3684.85	3686.00	3684.85	13.50	23.121	0.0100	0.0109	1.02646	0.01772	1.05503
2	2.00	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 17	BZ - 23	110.49	3686.45	3688.56	1.60	2.00	3684.85	3686.56	3684.85	3686.56	13.50	23.121	0.1500	0.0109	1.05503	0.21187	1.27775
1	1.20	AV. ERNESTO MORALES	BZ - 23	BZ - 24	110.02	3688.56	3692.70	2.00	1.20	3686.56	3691.50	3686.56	3691.30	9.65	23.121	0.1500	0.0109	1.27775	0.15219	1.44070
1	2.00	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 05	Bz - 11	40.20	3688.15	3687.02	1.60	2.00	3686.15	3685.02	3686.35	3685.02	9.65	29.487	0.1600	0.0109	0.82754	0.56627	1.40465
1	1.60	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 11	Bz - 18	90.35	3687.02	3686.20	2.00	1.60	3685.02	3684.60	3685.02	3684.60	9.65	29.487	0.1500	0.0109	1.40465	0.23465	1.65015
2	1.70	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 18	BZ - 24	108.23	3686.20	3688.72	1.60	1.70	3684.60	3687.02	3684.60	3687.02	9.65	23.121	0.1500	0.0109	1.65015	0.15461	1.81562
2	1.60	JR. MIGUEL GRAU	BZ - 24	BZ - 27	110.35	3688.72	3692.22	1.70	1.80	3687.02	3690.42	3687.02	3690.42	9.65	23.121	0.1500	0.0109	1.81562	0.19164	1.97811
1	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 06	Bz - 12	17.67	3688.35	3687.50	1.80	1.70	3686.85	3686.00	3686.35	3685.80	9.65	29.487	0.0500	0.0109	0.82754	0.40259	1.24096
1	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 12	Bz - 19	90.76	3687.50	3686.10	1.70	1.40	3686.00	3684.60	3685.80	3684.70	9.65	29.487	0.0300	0.0109	1.24096	0.04703	1.29885
1	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 19	BZ - 25	108.60	3686.10	3688.15	1.40	1.50	3684.60	3686.65	3684.60	3686.65	9.65	23.121	0.0100	0.0109	1.29885	0.01027	1.31998
2	1.20	JR. ANGAMOS	BZ - 25	BZ - 28	111.00	3688.15	3692.37	1.50	1.20	3686.65	3691.17	3686.65	3691.17	9.65	23.121	0.5000	0.0109	1.31998	0.50252	1.83334
																			9.039	40.574

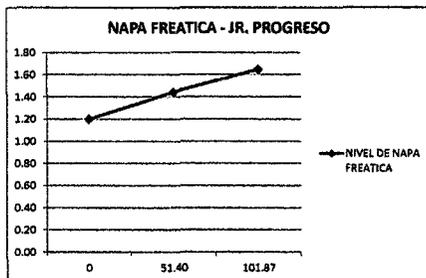
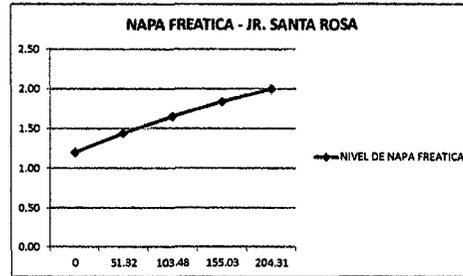
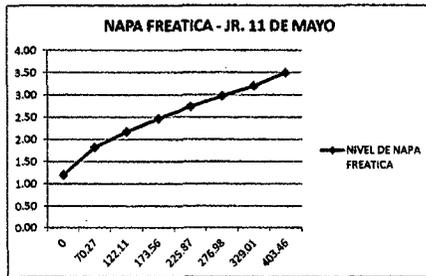
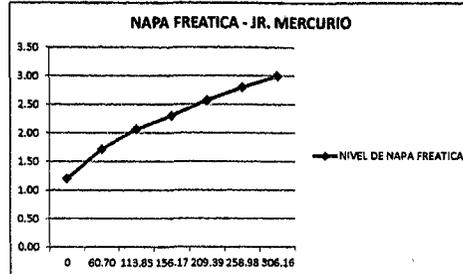
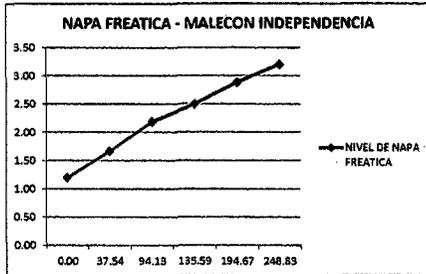
### 3.- TRAZADO DE SUPERFICIE FREÁTICA (ALTURA DE AGUA):

Para calcular la altura del agua (h) que existe a una distancia "x", para ello igualamos las dos expresiones de Q (6) y (7), y despejamos h, según la figura mostrada.

$$h = \sqrt{h_0^2 - \left( \frac{h_0^2 - h_1^2}{L} \right) x} \dots \dots \dots (8)$$

ZONA	NIVEL DE MAPA FREÁTICA	TRAMO (CALLE)	BUZON		LONGITUD (m)	LIMITE MINIMO DE PROF. DEL COLECTOR		ALTURAS (m)		Longitud Total	RESULTADOS	
			AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO		AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	H <sub>0</sub>	H <sub>L</sub>		h	x
2	1.30	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 01	Bz - 02	37.54	1.20	1.50	1.20	3.20	248.83	1.2000	0.00
2	1.30	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 02	Bz - 03	56.39	1.50	1.80				1.6636	37.54
2	1.30	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 03	Bz - 04	41.46	1.80	2.00				2.1838	94.13
1	1.50	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 04	Bz - 05	59.08	2.00	2.80				2.4970	135.59
1	1.50	MALECON INDEPENDENCIA	Bz - 05	Bz - 06	54.16	2.80	3.20	2.8852	194.67			
											3.2000	248.83
2	1.30	JR. MERCURIO	Bz - 07	Bz - 08	60.70	1.20	1.50	1.20	3.00	306.16	1.2000	0
2	1.30	JR. MERCURIO	Bz - 08	Bz - 09	53.15	1.50	1.50				1.7143	60.70
2	1.30	JR. MERCURIO	Bz - 09	Bz - 10	42.32	1.50	2.00				2.0619	113.85
2	1.30	JR. MERCURIO	Bz - 10	Bz - 11	53.22	2.00	2.00				2.3014	156.17
1	1.50	JR. MERCURIO	Bz - 11	Bz - 12	49.59	2.00	3.00				2.5711	209.39
1	1.50	JR. MERCURIO	Bz - 13	Bz - 12	47.18	3.00	3.00	2.7991	258.98			
											3.0000	306.16
2	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 14	Bz - 15	70.27	1.20	1.50	1.20	3.50	403.46	1.2000	0
2	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 15	Bz - 16	51.84	1.50	1.50				1.8228	70.27
2	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 16	Bz - 17	51.45	1.50	1.80				2.1707	122.11
2	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 17	Bz - 18	52.31	1.80	2.50				2.4678	173.56
1	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 18	Bz - 19	51.11	2.50	3.00				2.7371	225.87
1	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 19	Bz - 20	52.03	3.00	3.50				2.9768	276.98
1	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 20	DESFOGUE	74.45	3.50	3.50	3.2024	329.01			
											3.5000	403.46
2	1.30	JR. SANTA ROSA	BZ - 21	BZ - 22	51.32	1.20	1.50	1.20	2.00	204.31	1.2000	0
2	1.30	JR. SANTA ROSA	BZ - 22	BZ - 23	52.16	1.50	2.00				1.4433	51.32
2	1.30	JR. SANTA ROSA	BZ - 23	BZ - 24	51.55	2.00	1.50				1.6543	103.48
2	1.30	JR. SANTA ROSA	BZ - 24	BZ - 25	49.28	1.50	1.20				1.8392	155.02
											2.0000	204.31
2	1.30	JR. PROGRESO	BZ - 26	BZ - 27	51.40	1.20	1.80	1.20	1.80	101.87	1.2000	0
2	1.30	JR. PROGRESO	BZ - 27	BZ - 28	50.47	1.80	1.20				1.4436	51.40
											1.6482	101.87

3.- REPRESENTACION GRAFICA DE LA NAPA FREATICA (POR CALLES)



5.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA

ZONA	NIVEL DE NAPA FREATICA	TRAMO (CALLE)	BUZON		LONGITUD (L)	COTA INFERIOR NIVEL DE DRENAJE		CAUDAL (gNF)			COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K)	GRADIENTE HIDRAULICA (I)	PENDIENTE (S)	RUGOSIDAD (n)	DIAMETRO CALCULADO (mm)	DIAMETRO COMERCIAL (pulgadas)
			AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO		AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	EN EL TRAMO	AGUAS ABAJO						
			Bz - 01	Bz - 02		Bz - 01	Bz - 02	Bz - 01	EN EL TRAMO	Bz - 01						
2	2.00	MALECON INDEFENIA	Bz - 01	Bz - 02	37.54	3688.71	3687.14	0.00000	0.24421	0.23506	23.121	0.1300	4.18%	0.009	63.22	6"
	2.00	MALECON INDEFENIA	Bz - 02	Bz - 03	36.39	3687.14	3686.86	0.23506	0.13708	0.40298	23.121	0.1100	0.49%	0.009	94.33	6"
1	1.80	MALECON INDEFENIA	Bz - 03	Bz - 04	41.46	3686.86	3686.40	0.40298	0.35719	0.77102	23.121	0.2100	1.11%	0.009	81.08	6"
	1.70	MALECON INDEFENIA	Bz - 04	Bz - 05	59.08	3686.40	3686.55	0.77102	0.04567	0.82754	29.487	0.0300	0.25%	0.009	104.90	6"
2	1.80	MALECON INDEFENIA	Bz - 05	Bz - 06	54.16	3686.55	3686.25	0.82754	0.01661	0.85499	29.487	0.0100	0.35%	0.009	92.33	6"
	2.00	JR. MERCURIO	Bz - 07	Bz - 08	60.70	3687.93	3687.39	0.00000	0.74277	0.75362	23.121	0.3900	0.91%	0.009	84.22	6"
1	1.80	JR. MERCURIO	Bz - 08	Bz - 09	53.15	3687.39	3686.50	0.75362	0.34801	1.11248	23.121	0.1600	1.66%	0.009	75.21	6"
	1.80	JR. MERCURIO	Bz - 09	Bz - 10	42.32	3686.50	3686.00	1.11248	0.13658	1.25991	23.121	0.0500	1.18%	0.009	80.12	6"
2	1.90	JR. MERCURIO	Bz - 10	Bz - 11	53.22	3686.00	3685.02	1.25991	0.06517	1.33593	23.121	0.0300	1.84%	0.009	73.72	6"
	1.63	JR. MERCURIO	Bz - 11	Bz - 12	49.59	3685.02	3685.80	1.33593	0.02230	1.36908	29.487	0.0075	1.57%	0.009	75.94	6"
1	1.50	JR. MERCURIO	Bz - 12	Bz - 13	47.18	3685.80	3685.80	1.36908	0.21531	1.59524	29.487	0.0689	0.59%	0.009	91.16	6"
	1.30	JR. 11 DE MAYO	Bz - 14	Bz - 15	70.27	3685.25	3685.90	0.00000	0.04092	0.05177	23.121	0.0250	1.92%	0.009	73.15	6"
2	1.53	JR. 11 DE MAYO	Bz - 15	Bz - 16	51.84	3686.90	3684.90	0.05177	0.01664	0.07926	23.121	0.0075	3.86%	0.009	64.17	6"
	1.60	JR. 11 DE MAYO	Bz - 16	Bz - 17	51.45	3684.90	3684.85	0.07926	0.00559	0.09570	23.121	0.0025	0.10%	0.009	127.97	6"
1	1.60	JR. 11 DE MAYO	Bz - 17	Bz - 18	52.31	3684.85	3684.60	0.09570	0.05497	0.16153	23.121	0.0250	0.48%	0.009	94.93	6"
	1.40	JR. 11 DE MAYO	Bz - 18	Bz - 19	51.11	3684.60	3684.70	0.16153	0.14351	0.21589	29.487	0.0500	0.20%	0.009	112.23	6"
2	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 19	Bz - 20	52.03	3684.70	3685.50	0.21589	0.14097	0.46771	29.487	0.0500	1.54%	0.009	76.26	6"
	1.50	JR. 11 DE MAYO	Bz - 20	DESFOGUE	74.45	3685.50	3685.00	0.46771	0.09852	0.57708	29.487	0.0500	0.67%	0.009	89.07	6"
2	2.00	JR. SANTA ROSA	BZ - 21	BZ - 22	51.32	3688.07	3687.11	0.00000	0.88731	0.89816	23.121	0.3900	1.87%	0.009	73.52	6"
	1.90	JR. SANTA ROSA	BZ - 22	BZ - 23	52.16	3687.11	3686.56	0.89816	0.33734	1.44628	23.121	0.2400	1.05%	0.009	81.86	6"
1	1.70	JR. SANTA ROSA	BZ - 23	BZ - 24	51.55	3686.56	3687.02	1.44628	0.02265	1.47976	23.121	0.0100	0.89%	0.009	94.44	6"
	1.50	JR. SANTA ROSA	BZ - 24	BZ - 25	49.28	3687.02	3686.65	1.47976	0.05686	1.54747	23.121	0.0240	0.75%	0.009	87.24	6"
2	2.00	JR. PROGRESO	BZ - 26	BZ - 27	51.40	3691.53	3690.42	0.00000	1.36297	1.37382	23.121	0.6000	2.16%	0.009	71.59	6"
	1.30	JR. PROGRESO	BZ - 27	BZ - 28	50.47	3690.42	3691.17	1.37382	0.06940	1.45407	23.121	0.0300	1.49%	0.009	76.79	6"
2	2.00	JR. QUINTANILLA	BZ - 02	BZ - 08	106.78	3687.14	3687.38	0.23506	0.14529	0.41120	23.121	0.1100	0.22%	0.009	109.38	6"
	1.80	JR. QUINTANILLA	BZ - 08	BZ - 15	87.48	3687.38	3686.70	0.41120	0.14510	0.56715	23.121	0.0900	0.55%	0.009	92.52	6"
1	1.30	JR. QUINTANILLA	BZ - 15	BZ - 21	110.31	3686.90	3689.07	0.56715	0.19178	0.76978	23.121	0.1500	1.06%	0.009	81.78	6"
	1.60	JR. CESAR VALLEJO	Bz - 03	Bz - 09	83.44	3686.86	3686.50	0.40298	0.06685	0.48068	23.121	0.0500	0.43%	0.009	96.79	6"
2	1.60	JR. CESAR VALLEJO	Bz - 16	BZ - 22	110.31	3686.50	3687.11	0.48068	0.02528	0.51681	23.121	0.0250	0.55%	0.009	92.39	6"
	1.90	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 04	Bz - 10	65.10	3686.40	3686.00	0.77102	0.24459	1.02646	29.487	0.0800	0.61%	0.009	90.57	6"
1	1.60	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 10	Bz - 17	88.08	3686.00	3684.85	1.02646	0.01772	1.05503	23.121	0.0100	1.31%	0.009	78.63	6"
	2.00	AV. ERNESTO MORALES	Bz - 17	BZ - 23	110.49	3684.85	3686.56	1.05503	0.21187	1.27775	23.121	0.1500	1.55%	0.009	76.17	6"
2	1.20	AV. ERNESTO MORALES	BZ - 23	BZ - 26	110.02	3686.56	3691.30	1.27775	0.15210	1.44070	23.121	0.1500	4.49%	0.009	62.41	6"
	2.00	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 05	Bz - 11	40.20	3686.55	3685.02	0.82754	0.56637	1.40465	29.487	0.1600	3.81%	0.009	64.34	6"
1	1.60	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 11	Bz - 18	90.95	3685.02	3684.60	1.40465	0.12465	1.65015	29.487	0.1500	0.46%	0.009	95.54	6"
	1.70	JR. MIGUEL GRAU	Bz - 18	BZ - 24	108.23	3684.60	3687.02	1.65015	0.15461	1.81562	23.121	0.1500	2.24%	0.009	71.10	6"
2	1.80	JR. MIGUEL GRAU	BZ - 24	BZ - 27	110.35	3687.02	3690.42	1.81562	0.15164	1.97811	23.121	0.1500	3.08%	0.009	66.97	6"
	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 06	Bz - 12	17.67	3686.55	3685.80	0.82754	0.40259	1.24098	29.487	0.0500	4.24%	0.009	63.04	6"
1	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 12	Bz - 19	90.76	3685.80	3684.70	1.24098	0.04703	1.29885	29.487	0.0300	1.21%	0.009	79.73	6"
	1.50	JR. ANGAMOS	Bz - 19	BZ - 25	108.60	3684.70	3686.65	1.29885	0.01077	1.31998	23.121	0.0100	1.80%	0.009	74.08	6"
2	1.20	JR. ANGAMOS	BZ - 25	BZ - 28	111.00	3686.65	3691.17	1.31998	0.50252	1.83334	23.121	0.5000	4.07%	0.009	63.37	6"

**PLANOS**