



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE  
LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE MICROPOZOS PARA EL  
RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE”**

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

**TESISTAS:**

Bach. HUADO AVALOS MARCO ANTONIO

Bach. VALDIVIESO CASTAÑEDA RICARDO ANTONIO

**ASESOR :**

M.Sc. Ing. HUGO AMADO ROJAS RUBIO

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ  
2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---



**“APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA,  
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE MICROPOZOS  
PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE”**

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

REVISADO POR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hugo A. Rojas Rubio', is written over a horizontal line.

**M.Sc. Ing. Hugo A. Rojas Rubio**

**ASESOR**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---



**“APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA,  
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE MICROPOZOS  
PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE”**

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

**TESISTAS:**

- HUADO AVALOS MARCO ANTONIO
- VALDIVIESO CASTAÑEDA RICARDO ANTONIO

**SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO: EL DÍA 29 DE  
ENERO DE 2014**

Ing. Edgar Sparrow Álamo

**PRESIDENTE**

M.Sc. Ing. Hugo Amado Rojas Rubio

**SECRETARIO**

Ing. Cirilo Olasedaga Cruzado

**INTEGRANTE**



## **DEDICATORIA**

*A mis padres **David** y **Silvia** que gracias a sus concejos, enseñanzas y esfuerzos han hecho posible la culminación de mi carrera universitaria.*

*A mis hermanas **Yessenia** y **Lili**, por su comprensión y colaboración en la lucha por el deseo de superación, las cuales son la razón de mi esfuerzo y dedicación en la conclusión de mis estudios.*

*A los Docentes universitarios, por su incansable lucha por inculcarnos los conocimientos y valores éticos para desenvolvemos profesionalmente.*

*A mis compañeros de la universidad, quienes me han acompañado en el desarrollo de mi vida universitaria y culminación de la tesis.*

**MARCO A.**



## AGRADECIMIENTOS

*Un agradecimiento muy especial a nuestro asesor M.Sc. Ing. Hugo Amado Rojas Rubio por su apoyo, orientación y asesoramiento brindado para la elaboración de nuestra tesis.*

*A los miembros de la Comisión de Tesis y a las autoridades universitarias por su comprensión y paciencia.*

*A nuestra Alma Mater, la Universidad Nacional del Santa, fuente de cultura y tecnología en la región, por brindarnos en sus aulas los conocimientos para nuestra formación profesional.*

*A nuestra Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, que a través de sus docentes nos impartieron sus experiencias y conocimientos durante el período de nuestra formación académica.*

*A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para que el presente trabajo llegue a su culminación.*



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, el aprovechamiento del agua subterránea en zonas específicas de Chimbote (I.E. Inmaculada de la Merced), en dicha zona de estudio se encuentra el nivel freático alto, por lo cual se utilizará un sistema de riego tecnificado adecuado para las áreas verdes, empleando: estudios de mecánica de suelos, hidráulica, hidrología y ensayos de laboratorio.

La implementación de un sistema de bombeo para la extracción del agua subterránea, ha permitido desarrollar un sistema de riego tecnificado adecuado. Garantizando así un riego sostenible de las áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

El caudal obtenido del presente trabajo de investigación es de 0.47 lt/seg, el cual fue satisfactorio a la medida de nuestras expectativas teóricas, concluyendo que el sistema de micropozos es una solución sostenible y rentable a mediano y largo plazo, con el cual se puede obtener la cantidad de agua necesaria, con una calidad aceptable, para el riego de las áreas verdes que se demande.



## ABSTRACT

The present research work, use of groundwater in specific areas of Chimbote (School Inmaculada the Merced), for these fields of study are located at a high level watertable, for which we used a irrigation's system of green areas, using soils survey, hydraulic, hydrology and laboratory's tests.

he pumping system implementation to waterground's extraction, have allowed develop a most appropriate technified irrigation's system. This ensures a sustainable irrigation system of green areas in Chimbote city.

The discharge have in the present investigation work was 0.47 lt/seg, it was satisfactory especially our theorist perspective, the well point's system is a sustainable and profitable solution to middle and long time, with we are obtain a lot of water, with acceptable quality, from the green areas that need us.



## ÍNDICE

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES</b>	
<b>I. ASPECTOS GENERALES</b>	
1.1 Antecedentes del Proyecto	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos del Proyecto	4
1.3.1 Objetivos Generales	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Tipo de Investigación	5
1.5 Hipótesis	5
1.6 Variables del Proyecto	5
1.6.1 Variables Independientes	5
1.6.2 Variables Dependientes	6
1.7 Justificación del Proyecto	6
1.8 Importancia del Proyecto	6
<b>II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN</b>	
2.1 Descripción de la zona de Estudio	7
2.2 Ubicación de la zona de Estudio	8
2.3 Accesibilidad a la zona de Estudio	9
2.4 Topografía de la zona de Estudio	9
2.5 Geología de la zona de Estudio	9
2.5.1 Según la Geomorfología	9
2.5.1.1 Unidad de Playas	10
2.5.1.2 Unidad de Humedales	10
2.5.1.3 Unidad de Colinas	10
2.5.1.4 Unidad de Dunas	10
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
<b>I. HIDRÁULICA ELEMENTAL DE POZOS DE AGUA</b>	
1.1 El Ciclo Hidrológico	11



1.2	Distribución del Agua Subterránea	12
1.2.1	Zona de Aireación	13
1.2.1.1	La Capa de Agua del Suelo	13
1.2.1.2	El Borde Capilar	13
1.2.1.3	La Capa Intermedia	13
1.2.2	Zona de Saturación	14
1.3	Tipos de Capas Acuíferas	14
1.3.1	Manto Acuífero del Tipo de Capa Freática	15
1.3.2	Capa Acuífera Artesiana	15
1.4	Cálculo y Diseño de Micropozos	16
1.4.1	Permeabilidad (K) del Sub-suelo	16
1.4.2	Cálculo de la Altura de Agua en el Pozo (Ho)	16
1.4.3	Cálculo del Caudal Teórico por Pozo de Agua (Qw)	16
1.4.4	Cálculo de Distancia de Separación de los Pozos Pequeños	17
<b>II.</b>	<b>EXPLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA</b>	
2.1	Datos Geológicos	18
2.1.1	Mapas Geológicos	18
2.1.2	Secciones Transversales Geológicas	19
2.1.3	Fotografías Aéreas	20
2.2	Inventario de Pozos Existentes	21
2.3	Indicios en la Superficie	22
<b>III.</b>	<b>ESTUDIOS PREVIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MICROPOZOS</b>	
3.1	Investigaciones y Trabajos de Campo	26
3.1.1	Exploración mediante Calicatas	26
3.1.2	Exploración con Barrenos	27
3.1.3	Muestreo Disturbado	27
3.2	Estudio de Mecánica de Suelos	28
3.2.1	Clasificación de Suelos	28
3.2.1.1	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	29
3.2.1.2	Clasificación de la "American Association of State Highway and Transportation Officials" (AASHTO)	29
3.2.2	Ensayos de Laboratorio	30
3.2.2.1	Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D- 422)	31



3.2.2.2	Límites de Consistencia	31
	Límite Líquido (ASTM D- 423)	32
	Límite Plástico (ASTM D- 424)	33
	Índice de Plasticidad	34
3.2.2.3	Contenido de Humedad (ASTM D- 2216)	35
3.3	Estudio de la Calidad del Agua Subterránea	35
3.3.1	Calidad Física del Agua	36
3.3.2	Calidad Microbiológica del Agua	37
3.3.3	Calidad Química del Agua	38
3.3.3.1	Materia Orgánica	38
3.3.3.2	Materia Inorgánica	38
<b>IV.</b>	<b>SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO</b>	<b>39</b>
4.1	Sistema de Riego por Aspersión	40
4.1.1	Equipamiento del Sistema de Riego por Aspersión	41
4.1.1.1	Fuentes de Agua	41
4.1.1.2	Equipo de Bombeo	41
4.1.1.3	Dispositivos de Aspersión	42
4.1.1.4	Red de Tuberías	44
4.1.2	Distribución del Sistema de Riego por Aspersión	44
4.1.2.1	En Cuadrado	44
4.1.2.2	En Rectángulo	45
4.1.2.3	En Triángulo	45
4.1.3	Diseño del Sistema de Riego por Aspersión, Criterios y Parámetros	45
4.1.3.1	Requerimiento Mínimo de Datos para el Diseño	45
4.1.3.2	Determinación del Régimen de Riego para el Diseño del Sistema por Aspersión	48

### **CAPITULO III: MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS**

#### **I. CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE MICROPOZOS**

1.1.	Prospección de Campo	61
1.1.1	Calicatas	61
1.1.2	Muestreo Disturbado	62



1.1.3.	Ensayos de Laboratorio	63
1.1.4.	Clasificación de Suelos	65
<b>II. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA</b>		
2.1	Ensayos que se le Realizaron al Agua	70
2.1.1	Ensayo de Salinidad	70
2.1.2	Carga Celular	71
2.1.3.	Ensayo del PH	71
2.1.4.	Análisis Físico-Químico del Agua	74
<b>III. CÁLCULO Y DISEÑO DE MICROPOZOS</b>		
3.1	Determinación del Caudal de Riego a Utilizar	78
3.1.1	Determinación de la Evapotranspiración (Et)	78
3.1.2.	Cálculo de la Humedad Aprovechable (ha)	78
3.1.3	Profundidad Radicular (ZR)	76
3.1.4	Factor de Aprovechamiento (f)	79
3.1.5	Cálculo de Abatimiento Permisible (DPH)	79
3.1.6	Eficiencia de Riego (Ea)	79
3.1.7	Lámina de Riego (D')	79
3.1.8.	Intervalo o Ciclo de Riego (F')	80
3.1.9.	Tiempo Requerido para Aplicar un Riego (t)	80
3.1.10	Capacidad del Sistema (Q)	81
3.2	Cálculos Previos del Micropozo	82
3.2.1	Cálculo de la Permeabilidad (K) del Sub-Suelo	83
3.2.2	Cálculo de la Altura de Agua en el Pozo (ho)	84
3.2.3	Cálculo del Caudal por Pozo de Agua (Qw)	84
3.2.4	Cálculo de Distancia de Separación de los Pozos Pequeños	85
3.3	Cálculo de Tuberías de Succión e Impulsión	86
3.4	Cálculo de la bomba	87
<b>IV. CÁLCULOS CON DATOS OBTENIDOS EN EL CAMPO</b>		
4.1	Cálculo del Caudal Real en Campo	93
4.2	Cálculo de Electrobomba Real	93
4.3	Determinación de la distancia de Riego del Aspersor	96
4.4	Cálculo del Consumo Máximo Transformado, de la Superficie Transformada, de la Pluviometría y del Tiempo de Riego	98



4.4.1	Cálculo del Consumo Máximo Transformado, si el Sistema de Riego es por Aspersión	98
4.4.2	Cálculo de la Superficie Transformada Regada por un Aspersor	99
4.4.3	Cálculo de la Pluviometría o Intensidad de Lluvia	99
4.4.4	Cálculo del Tiempo de Riego	100
V.	<b>DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MICROPOZOS</b>	102

## **CAPITULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

I.	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	
1.1	Según la Calidad del Agua	125
1.2	Según la Tubería Filtro	127
1.3	Según el Material de Pre Filtro	129
1.4	Según el Caudal	129
1.5	Según la Bomba del Proyecto	130

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

I.	CONCLUSIONES	131
II.	RECOMENDACIONES	133
III.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	135

## **ANEXOS**

- ANEXO A:** Plano de Ubicación y Localización
- ANEXO B:** Resultados de los Ensayos de Suelos
- ANEXO C:** Características de la Electrobomba
- ANEXO D:** Características de los Aspersores
- ANEXO E:** Prueba de Bombeo



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se puede observar la disminución y contaminación de las aguas superficiales (ríos, lagos, manantiales y presas), generando así en la población, agricultura e industria la racionalización del agua. Por otro lado dentro del recurso hídrico, se encuentran las aguas subterráneas que representan más del 96% del agua dulce existente en el suelo; su consumo y aprovechamiento, daría solución a los problemas de abastecimiento de agua en el mundo; beneficiando así a la agricultura y al consumo humano.

Este Trabajo de Investigación, tiene como objetivo principal aprovechar el agua subterránea el cual se encuentra en abundancia, mediante la construcción y funcionamiento de micropozos (pozos pequeños), que puedan suministrar agua de buena calidad y en cantidades adecuadas. Y mediante un sistema de riego tecnificado poder irrigar las áreas verdes de la ciudad de Chimbote como punto de inicio.

Para lograr el objetivo principal del Proyecto, se diseñó y construyó 02 pozos pequeños extrayendo así el agua subterránea, para luego mediante un sistema de riego por aspersion, se irrigó una determinada área verde de prueba en Chimbote.

Este Proyecto de Investigación, tratará de servir como texto de ayuda para el diseño y construcción de pozos pequeños, empleados primordialmente como abastecimiento de agua para el riego de áreas verdes (sector agrícola).



# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES





## CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

### I. ASPECTOS GENERALES:

#### 1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO:

En el Distrito de Chimbote existen en la actualidad áreas verdes, como por ejemplo Parques recreativos, Campos deportivos, Berma central de la Av. José Pardo y Jardines, que no cuentan con un adecuado riego constante (diario), causando así el deterioro de las mismas. Además estas áreas verdes son irrigadas por los vecinos con aguas que provienen del sistema de agua potable, y también por **camiones cisternas** pertenecientes a la municipalidad Provincial del Santa (Foto N°01), aunque se está viviendo en épocas donde se conoce la utilidad de los sistemas de riego tecnificado, éste aún no se utiliza en su totalidad, lográndose que las áreas verdes de Chimbote sean irrigadas con sistemas improvisados y deficientes, que hasta la fecha utilizan gran parte del agua potable por inundación y otra parte con cisternas, el cual genera mayores gastos de operación y mantenimiento, perjudicando de alguna manera a la población de los servicios de este recurso, por el mal uso del mismo.



**Foto N°01:** Riego por medio de camiones cisternas.



Por otra parte, a partir del año 2000 a la actualidad, se vienen mejorando las redes de alcantarillado en las diferentes Urbanizaciones y Pueblos Jóvenes de la ciudad, así como otras Obras Civiles, producto de dichas construcciones se ha podido observar que la napa freática del agua subterránea está a un nivel muy superficial, originando el constante bombeo y drenaje del mismo en la ejecución de las obras. Haciendo relevancia de lo antes expuesto, se puede determinar que en las diferentes zonas de la ciudad, el agua subterránea se encuentra a profundidades adecuadas para su utilización.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Realizar un sistema de micropozos y/o pozos pequeños, para utilizar el recurso hídrico subterráneo en pos de un sistema de riego sostenible en Chimbote, se plantean dos preguntas puntuales:

- ✓ *¿Cuál será la cantidad y calidad del agua subterránea?*
- ✓ *¿Cuál será la eficiencia de riego de áreas verdes?*

Además de lo antes mencionado, el mal manejo del riego conlleva a que las plantas (áreas verdes), pierdan o disminuyan su desarrollo, conllevando a la proliferación de otro tipo de especies de plantas, como por ejemplo la llamada "mala hierba", la cual crece rápidamente asfixiando a las primeras.

Que sería de la Ciudad Chimbote si persiste esta situación, con sus áreas verdes descuidadas, sin un sistema de riego sostenible, dando una pobre imagen de la cultura de la ciudad y un aspecto lúgubre y sucio; más aún con el paso del tiempo (Foto N°02). Por otro lado, la cantidad de agua que se



desperdicia en el riego de Parques y Jardines Públicos, las cuales son irrigadas por la Municipalidad Provincial del Santa con aguas que provienen del sistema de agua potable mayormente a través de los servicios domiciliarios en muchos casos, es alarmante; en la realidad no cubre con la demanda de agua necesaria para el riego de las áreas verdes del distrito encontrándose estas en mal estado y en otras inexistentes, por lo tanto es necesario un control racional y sistema confiable.



**Foto N°02:** Área verde deteriorada, por falta de riego.

Se plantea el siguiente problema:

**¿Cómo mejorará la eficiencia del riego con el sistema de micropozos, para las áreas verdes de la ciudad de Chimbote y además utilizando un sistema de riego tecnificado?**

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

#### **1.3.1 Objetivos Generales:**

- Realizar el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego de áreas verdes en la ciudad de Chimbote.



### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

- Utilizar el sistema de micropozos, para la extracción del agua subterránea.
- Verificar la calidad del agua extraída, para el riego de las áreas verdes.
- Diseñar un sistema de irrigación, para un adecuado riego tecnificado de las áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

### **1.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

Cuasi Experimental.

### **1.5 HIPÓTESIS:**

Si se realiza la extracción y el estudio del agua subterránea, mediante la utilización de un sistema de micropozos; entonces se logrará obtener el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego tecnificado adecuado de áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

### **1.6 VARIABLES DEL PROYECTO:**

#### **1.6.1 Variables Independientes:**

- Riego tecnificado adecuado de áreas verdes en la ciudad de Chimbote.
- Napa freática del subsuelo de la I.E. Inmaculada de la Merced.



### **1.6.2 Variables Dependientes:**

- El aprovechamiento del agua subterránea, mediante un sistema de micropozos.

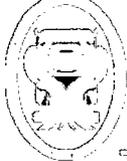
### **1.7 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:**

En el distrito de Chimbote que no cuenta con un sistema de riego adecuado para las áreas verdes y donde en determinadas zonas la napa freática es superficial, justifica aprovechar y extraer este recurso hídrico, utilizando un sistema de micropozos por ser aplicable en el lugar y por su fácil instalación y mantenimiento. Generando así, el mejoramiento y cuidado de las áreas verdes, para un mejor ornato de la ciudad de Chimbote.

### **1.8 IMPORTANCIA DEL PROYECTO:**

El presente trabajo de investigación será de mucha importancia porque contribuirá al ordenamiento y embellecimiento de la ciudad, viéndose un amplia gama de áreas verdes al momento de que el morador se traslade a diferentes zonas de la ciudad.

Además permitirá la reducción de los gastos administrativos de la Municipalidad, pues el riego realizado por los camiones cisternas dejaran de funcionar, evitándose así los gastos de maquinarias, equipos y de mano de obra, esto debido a la ejecución de micropozos y/o pozos pequeños, los cuales garantizaran un riego tecnificado sostenible en el tiempo.



Por último, siendo necesario tomar conciencia del daño ecológico que se genera al deteriorar las áreas verdes de la ciudad, se proyecta recuperar estos espacios y poder conservarlos con un sistema efectivo de riego tecnificado.

## II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN:

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

El área en donde se llevará a cabo el Proyecto de Investigación, está ubicado en el interior de la *Institución Educativa Inmaculada de la Merced* (al costado del Campo Deportivo de futbol), dicha Institución colinda por el **Norte** con el Jr. Ciro Alegría, Por el **Este** con el C.A. Jorge Chávez, por el **Sur** con el Jr. Miguel Grau y con la Mz. G del A.H. Manuel Arévalo, por el **Oeste** con el Jr. Ferrocarril.

La Institución Educativa, cuenta con un área total de 34 084.35 m<sup>2</sup>, y cuyo perímetro está delimitado por muros de cerco en albañilería confinada (Foto N°03).

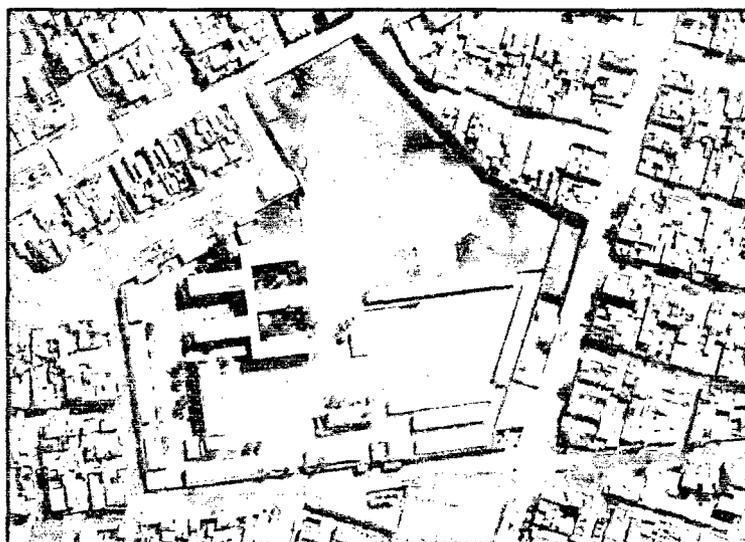
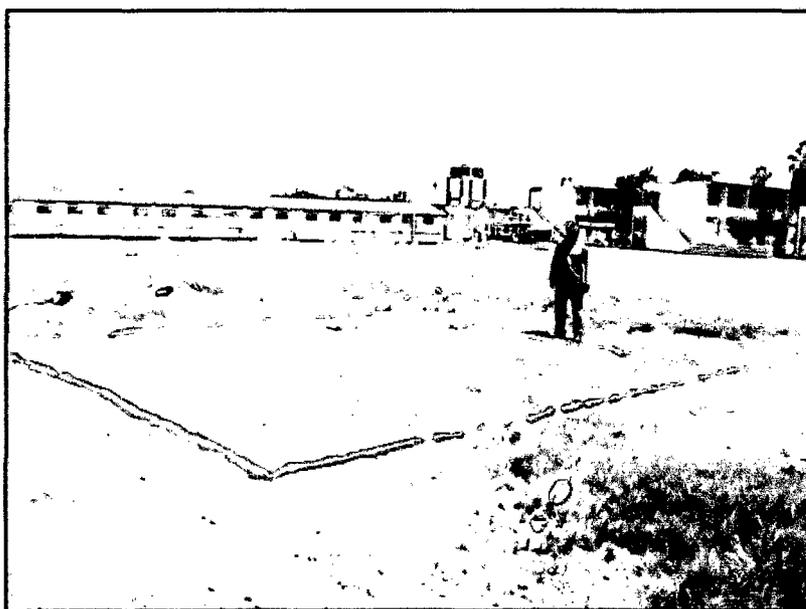


Foto N°03: Vista área de la I.E. Inmaculada, según Google Earth.



El área que se consideró para la ubicación de los micropozos fue de  $49\text{m}^2$  (cuadrado de  $7\text{m} \times 7\text{m}$ ), esto debido a las consideraciones de dimensionamiento previo de los micropozos, dicha área de estudio se limpió y delimito mediante un trazo previo con yeso (Foto N°04). Además se consideró un área de  $140\text{m}^2$  de forma triangular (triángulo equilátero de  $18\text{m}$  de lado) para el riego experimental del proyecto, utilizando los micropozos.



**Foto N°04:** Área de estudio, delimitado y/o marcado con yeso.

## 2.2 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

La zona de estudio (*I.E. Inmaculada de la Merced*) con dirección en el Jr. Ferrocarril S/N, tiene su ubicación entre el P.J. La Balanza, el P.J. Ramón Castilla, A.H. Víctor Raúl y el A.H. Manuel Arévalo, geográficamente se ubica en el Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash (Ver *Anexo A*).



### CUADRO N°01: Ubicación Geográfica y Superficie.

ZONA	ALTITUD m.s.n.m.	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ÁREA (m <sup>2</sup> )
I.E. INMACULADA DE LA MERCED	8	09°04'2"	78°35'39"	34 084.55

**FUENTE:** Aplicación de Google Earth.

#### 2.3 ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO:

Actualmente el acceso a la zona donde se proyectó la construcción de micropozos para aprovechar el agua subterránea, se realiza a través de la Av. José Pardo y el Jr. Saenz Peña, para luego llegar al Jr. Ferrocarril, el cual colinda con la Institución Educativa.

#### 2.4 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO:

La topografía del terreno de la zona de investigación, por su ubicación en la Costa Peruana presenta un suelo fértil a orillas del mar, parcialmente arenoso con una superficie plana.

#### 2.5 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO:

##### 2.5.1 SEGÚN LA GEOMORFOLOGÍA:

El área de estudio (interior de la I.E. Inmaculada de la Merced) y sus alrededores está enmarcada dentro de las siguientes geomorfologías:



### **2.5.1.1 Unidad de Playas:**

Se ubica a lo largo de la costa de la bahía de Chimbote, con un ancho promedio de 5 a 30 m. Está constituido de arenas media a fina y conchas marinas, con intercalaciones de limos en los laterales.

### **2.5.1.2 Unidad de Humedales:**

Cubiertas por las expansiones urbanas tales como el A.H. La Balanza, A.H. Manuel Arévalo y A.H. Bolívar Alto, algunos humedales afloran en los terrenos de Sider Perú y el Vivero Forestal de Chimbote, presentándose un nivel freático casi superficial. La presencia de materia orgánica y turba provocan inestabilidades en las construcciones ubicadas en dichas áreas.

### **2.5.1.3 Unidad de Colinas:**

Constituidas por elevaciones de rocas volcánicas e intrusivas, cubiertas parcialmente por arenas eólicas, formando colinas cuyas pendientes varían de 10° a 45°.

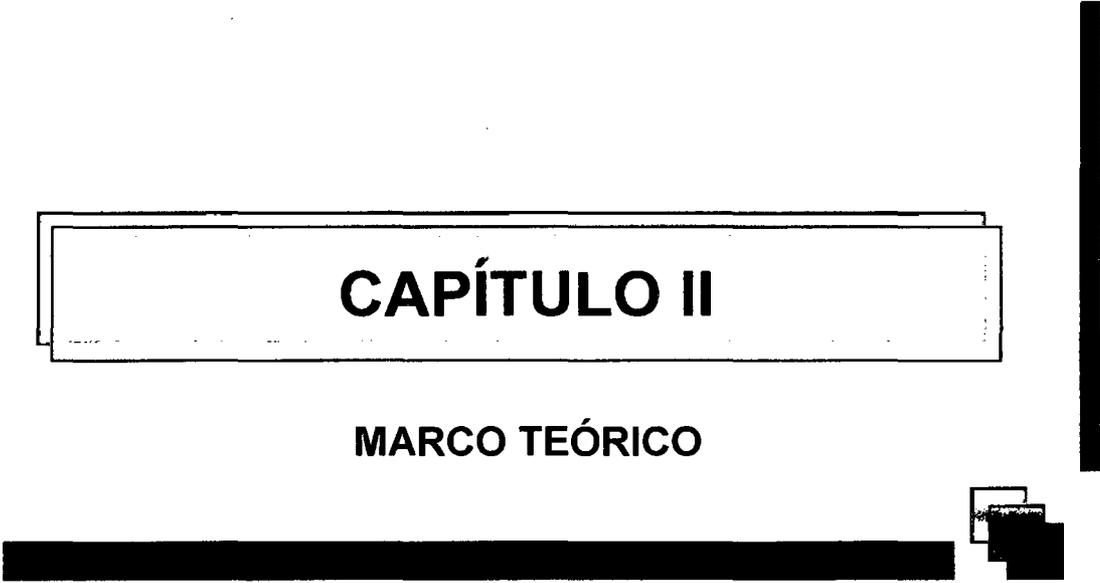
### **2.5.1.4 Unidad de Dunas:**

Son depósitos eólicos ubicados en las zonas de la Urb. Los Pinos, Ubr. Laderas del Norte, A.H. San Pedro, A.H. El Progreso y A.H. Bolívar Alto, con un espesor de 5m a 40m de profundidad aproximadamente.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

A thick horizontal black bar spans the width of the page below the chapter title. On the right side, there is a vertical black bar extending upwards from the bottom of the page. At the bottom right corner, there are several overlapping black rectangular shapes of varying sizes.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### I. HIDRÁULICA ELEMENTAL DE POZOS DE AGUA :

El conocimiento de los procesos y factores que afectan la existencia y la circulación del agua subterránea, es esencial para la captación y usos adecuados de las fuentes de dicha agua. Es importante, para determinar un grado satisfactorio de extracción y usos apropiados del agua, así como de su calidad respectiva.

#### 1.1 EL CICLO HIDROLÓGICO:

Es el nombre que se da a la circulación del agua en estado líquido, de vapor, o sólido, desde los océanos al aire, del aire a la tierra, sobre la superficie de ésta o bajo el suelo, y de nuevo a los océanos (Figura N°01).

Las lluvias generadas por la evaporación del agua, caen por gravedad, las cuales una parte caen en la tierra, la cual se evapora retornando inmediatamente la humedad a la atmósfera. Del resto de la lluvia, una parte alcanza la superficie del suelo mojándola y fluyendo hacia las corrientes superficiales y desembocando finalmente en el océano, mientras otra parte se filtra en el suelo y, entonces, se **percola** hacia el flujo del agua subterránea a través del cual llega, más tarde, hasta el océano. La evaporación regresa parte del agua de la superficie de la tierra mojada a la atmósfera, mientras que las plantas extraen algo de esta porción en el suelo mediante sus raíces, y en virtud de un proceso conocido como transpiración, la devuelven a la atmósfera a través de sus hojas.

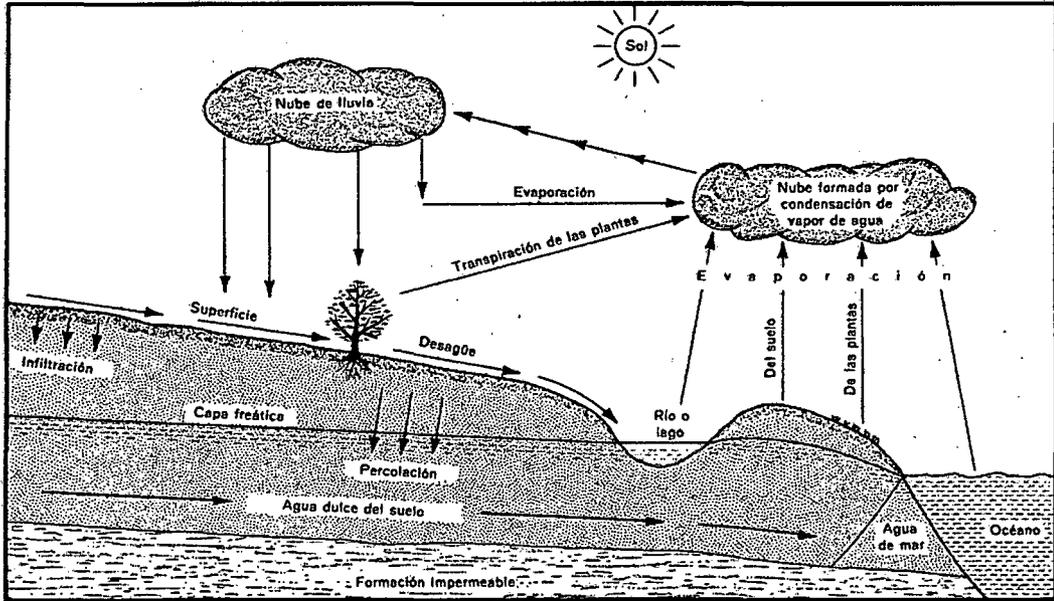


Figura N°01: El Ciclo Hidrológico.

## 1.2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA:

El agua del subsuelo que se encuentra en los poros de las rocas se puede dividir en dos zonas principales (Figura N°02). Estas son las zonas de Aireación y la de Saturación o Acuífero.

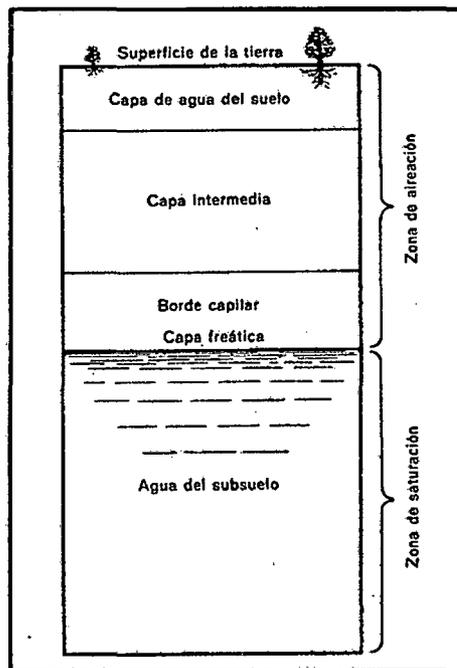


Figura N°02: Divisiones del Agua Subterránea



## **1.2.1 ZONA DE AIREACIÓN:**

Zona que se extiende de la superficie de la tierra al nivel al cual todos los poros o espacios abiertos en los componentes de la tierra se encuentran completamente llenos o saturados de agua (Napa Freática).

Se puede subdividir en tres capas:

### **1.2.1.1 La Capa de Agua del Suelo:**

Yace inmediatamente debajo de la superficie, y ésta es la región de la que las plantas extraen, por medio de sus raíces, la humedad necesaria para su desarrollo.

### **1.2.1.2 El Borde Capilar:**

Ocupa la porción del fondo de la zona de aireación y yace inmediatamente sobre la zona de saturación. Su nombre procede del hecho de que el agua, en esta capa, está suspendida por fuerzas capilares; por lo tanto, el espesor de la capa depende de la textura de la roca o el suelo y puede ser prácticamente cero cuando los poros son grandes.

### **1.2.1.3 La Capa Intermedia:**

Yace entre la capa de agua del suelo y el borde capilar. La mayor parte de su agua llega por gravedad hacia abajo a través de la capa del agua del suelo. El agua de esta capa se llama agua (vadosa) intermedia.



### 1.2.2 ZONA DE SATURACIÓN:

Inmediatamente bajo la zona de aireación yace la zona de saturación en la cual los poros están completamente llenos o saturados de agua. El agua de esta zona se conoce como *Agua Subterránea* y es la única forma que esta agua pueda fluir fácilmente hacia un pozo. Las formaciones que contienen agua del subsuelo y que la proporcionan fácilmente a los pozos son llamadas **Acuíferos**.

### 1.3 TIPOS DE CAPAS ACUÍFERAS:

Las capas acuíferas del agua subterránea pueden clasificarse como formaciones de **Capa Freática** o **Artesianas** (Figura N°03).

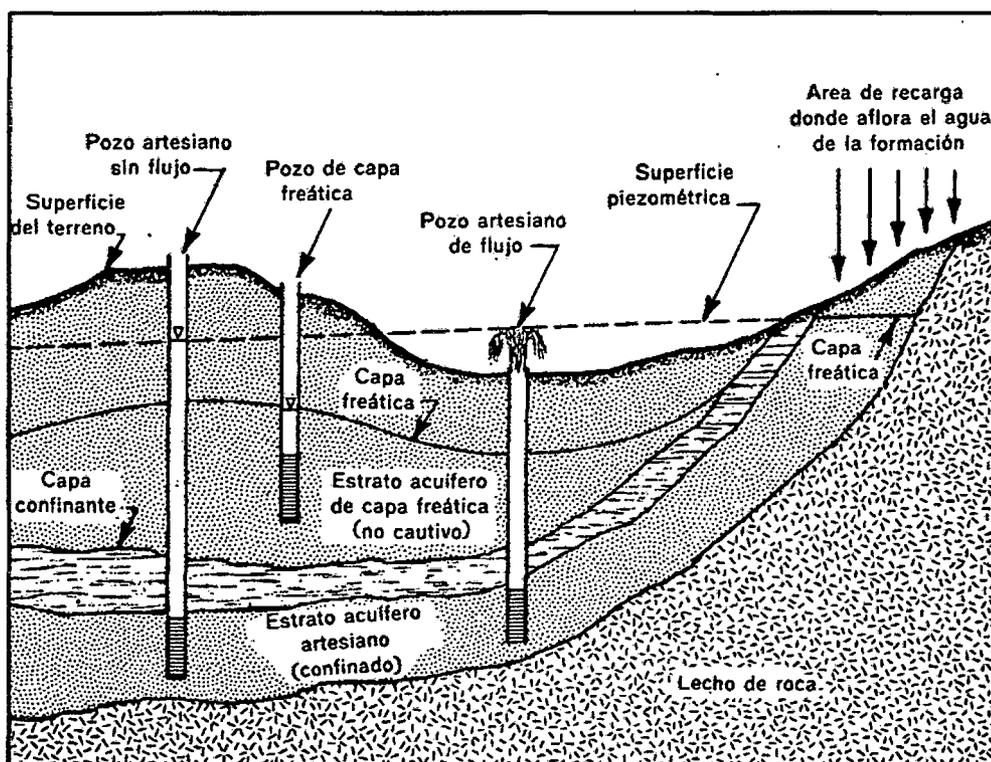


Figura N°03: Tipos de Capas Acuíferas.



### 1.3.1 MANTO ACUÍFERO DEL TIPO DE CAPA FREÁTICA:

Es el que no está confinado por una capa superior impermeable, el agua de esta capa está virtualmente a la presión atmosférica y el manto superior de la zona de saturación se llama **Napa Freática** (Figura N°02). La capa freática marca el nivel más alto al cual se elevará el agua en un pozo construido en un manto acuífero del tipo de capa freática. El manto acuífero superior en la Figura N°03 es un ejemplo de este tipo de capa.

### 1.3.2 CAPA ACUÍFERA ARTESIANA:

Es aquella en la que el agua está confinada bajo una presión más grande que la atmosférica, por una capa superpuesta relativamente impermeable. A diferencia del caso de capas freáticas, el agua de las capas artesianas se elevará en los pozos a niveles situados arriba del fondo del manto superior de confinamiento. Esto se debe a la presión creada por la capa confinante y es la característica distintiva entre los dos tipos de mantos acuíferos.

La superficie imaginaria a la cual se elevará el agua en los pozos localizados en una capa acuífera artesiana se llama **Superficie Piezométrica**. Esta superficie puede estar arriba o debajo de la superficie del suelo, en diferentes partes de la misma capa acuífera, como se muestra en la Figura N°03. Si la superficie piezométrica se encuentra sobre la superficie del suelo en un pozo, el agua fluirá sobre el nivel del suelo conociéndose como **Pozo Artesiano de Flujo**; y si la superficie piezométrica está por debajo del suelo, es un **pozo artesiano sin flujo**.



## 1.4 CALCULO Y DISEÑO DE MICROPOZOS:

### 1.4.1 PERMEABILIDAD (K) DEL SUB-SUELO:

Es una medida de la capacidad de una capa acuifera para conducir agua subterránea, y se determina en base a las características físicas del sub- suelo, como también está en función de la granulometría del suelo.

$$K = 100 d^{210} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:  $d^{210}$ , es el diametro correspondiente al porcentaje que pasa (10%) de la curva granulometria del suelo.

### 1.4.2 CÁLCULO DE LA ALTURA DE AGUA EN EL POZO ( $h_0$ ):

Se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$h_d = h_0 \left[ \frac{1.48}{L} (H - h_0) + 1 \right] \dots\dots\dots (2)$$

Donde: H = Altura de la napa freatica, hasta la capa impermeable del sub-suelo.

Ademas:  $L > H$  (Distancias que se asumen para fines de calculo).

### 1.4.3 CÁLCULO DEL CAUDAL TEÓRICO POR POZO DE AGUA ( $Q_w$ ):

$$Q_w = K1 Q_p \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_p = \left( \left( 0.73 + \frac{0.27(H - h_0)}{H} \right) \frac{k}{2L} (H^2 - h_0^2) \right) \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

$Q_w$ : es el caudal teórico por pozo de agua.

$Q_p$ : es el caudal teórico por metro lineal de pozo de agua.



### 1.4.4 CÁLCULO DE DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE LOS POZOS PEQUEÑOS:

La separación de los 02 micropozos, se basa en función del radio de la curva de depresión, cuando los pozos están en funcionamiento. La intersección de las curvas de depresiones para más de 02 pozos, causa el abatimiento del nivel freático; caso contrario si las curvas no se interceptan, esta sería la distancia de separación entre ambos pozos, por lo que geoméricamente la separación de los pozos es 2R.

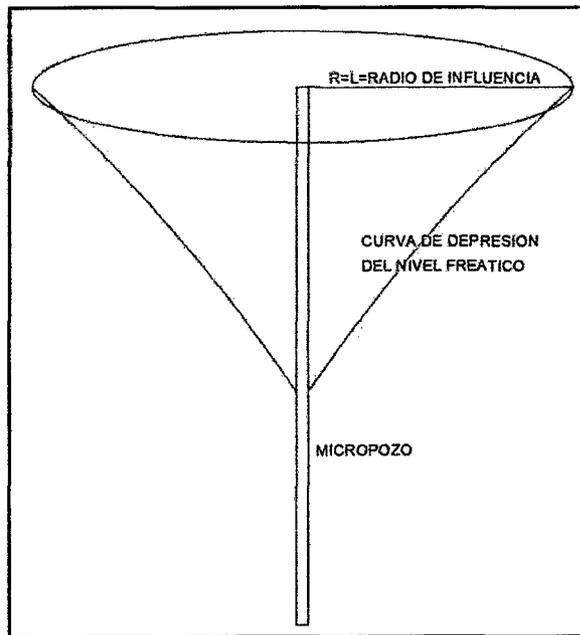


Figura N°04: Radio de influencia del pozo.

$$R = C(H - h_o)\sqrt{k} \dots\dots\dots (5)$$

Dónde: R= Radio de influencia de la curva de depresión en metros.

C = 30 (Para pozos simples)

C = 15 o 20 (Para wellpoint)



## II. EXPLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA:

El agua subterránea debe encontrarse en grandes cantidades, ser capaz de fluir sin interrupción hacia los pozos durante periodos largos de tiempo a velocidades razonables y ser de buena calidad. La exploración para localizar el agua subterránea debe combinar el conocimiento científico con la experiencia y el sentido común. Encontrar la ubicación correcta para un pozo que produce un buen abastecimiento de agua constante durante todo el año, suele ser el trabajo del *Hidrólogo*. La mayoría de las herramientas con las que cuenta el Hidrólogo están basadas en la aplicación del sentido común, la inteligencia y el buen juicio para permitir su uso con éxito razonable por el individuo promedio que se interesa por la localización de pozos pequeños.

El uso de los inventarios de pozos y de los indicios superficiales de la localización del agua subterránea no debe ofrecer dificultades y encuentra mayor aplicación general. A continuación se describen las herramientas más simples de los Hidrólogos así como su uso.

### 2.1 DATOS GEOLÓGICOS:

Antes de visitar el área que se va a investigar, el hidrólogo busca y estudia todos los datos geológicos existentes que se refieren a ella. Estos deben incluir mapas geológicos, secciones transversales y fotografías aéreas.

#### 2.1.1 MAPAS GEOLÓGICOS:

Los mapas geológicos, de los cuales la Figura N°05 es un ejemplo, es una herramienta para el hidrólogo, pues le ayuda a determinar la



ubicación y extensión superficial de las capas acuíferas por el tipo y localización del afloramiento de rocas y la localización de las fallas. Las fallas también son sitios probables para la aparición de arroyos. La anchura de la afloración y el ángulo de inclinación le indican el espesor aproximado de una capa acuífera y las profundidades a las que puede encontrarse.

La combinación de la veta y la inclinación le dicen en que dirección debe localizar un pozo para obtener el espesor máximo de la capa acuífera. Las afloraciones de la superficie también indican las áreas posibles de recarga para una capa acuífera y, por deducción, la dirección del flujo en ella. El contorno del lecho de roca indica la profundidad máxima que debe perforarse un pozo en busca de agua.

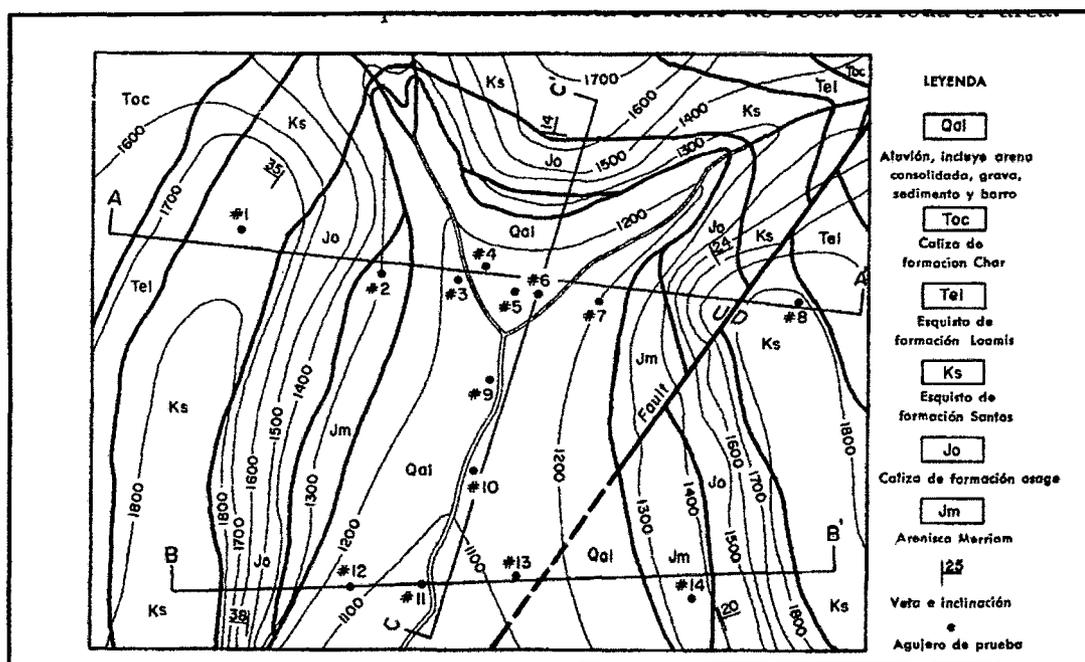


Figura N°05: Ejemplo de un Mapa Geológico.



## 2.1.2 SECCIONES TRANSVERSALES GEOLÓGICAS:

Estas herramientas proporcionan algunos de los principales indicios de las características del agua subterránea de una localidad, indican el tipo, el espesor y la sucesión de las formaciones subyacentes y, por lo tanto, las profundidades y espesores de las capas acuíferas existentes. Estas secciones también pueden indicar si existen rasgos de capa freática o artesianos en una formación acuífera. Las secciones transversales de la Figura N°6, obtenidas del mapa geológico de la Figura N°9, ilustran muchas de las características antes mencionadas.

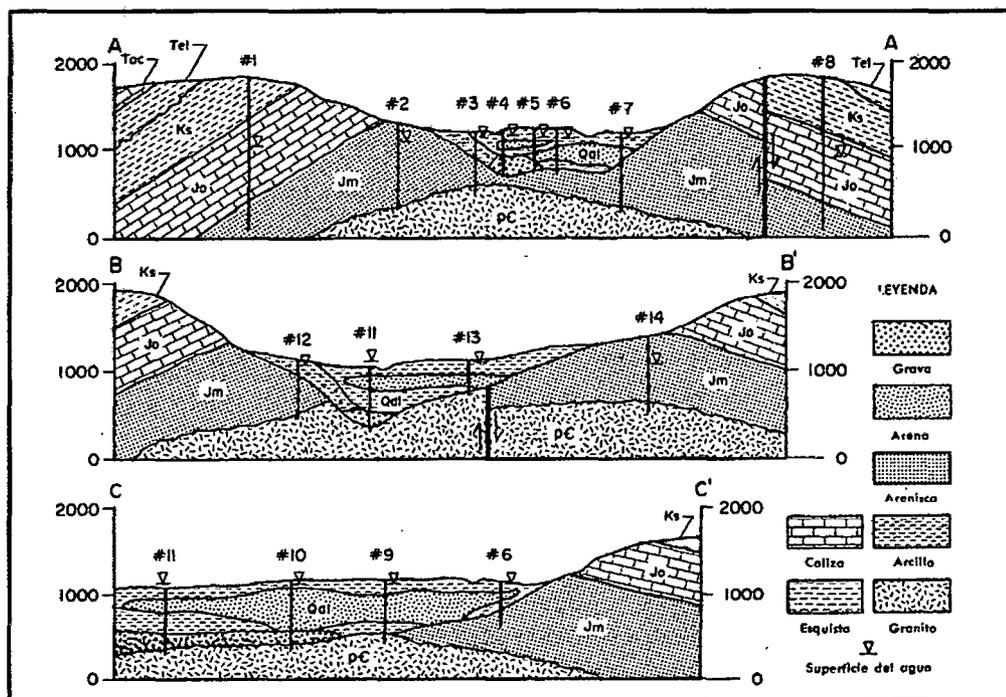


Figura N°06: Secciones Transversales Geológicas de la Figura N°5.

## 2.1.3 FOTOGRAFÍAS AÉREAS:

Las fotografías aéreas, hábilmente interpretadas, proporcionan información valiosa sobre las características del terreno que influyen considerablemente en la existencia del agua subterránea. Las



características que indican condiciones del subsuelo, tales como vegetación, forma y uso de la tierra, erosión, cauces de drenaje, terrazas, planos aluviales y depósitos de grava son evidentes en las fotografías aéreas. La persona de las fotografías aéreas puede determinar las áreas más prometedoras para el alumbramiento del agua del suelo.

## **2.2 INVENTARIO DE POZOS EXISTENTES:**

El hidrólogo hace un estudio de toda la información disponible sobre los registros de pozos existentes, que son notas de información concerniente a la perforación y construcción de los pozos, pueden ser las fuentes principales de información. De estos registros se puede obtener información como la localización y profundidad del pozo; profundidad, espesor y descripción de las formaciones de roca penetradas; variaciones del nivel del agua al penetrar los estratos sucesivos; rendimientos de las formaciones portadoras de agua penetradas, y la correspondiente aspiración; la forma de construcción el pozo, y el rendimiento y aspiración del pozo terminado.

Con los registros de un número suficiente de pozos, el hidrólogo estaría capacitado para hacer un plano acotado de la napa freática o de la superficie superior de la zona de saturación. Para esto, emplea las profundidades medidas desde la superficie de la tierra hasta la napa freática en los pozos y la altura de la superficie de la tierra sobre el nivel del mar, que obtiene de mapas topográficos o de un levantamiento en el terreno. Entonces, une todos los puntos de igual elevación de la napa freática en un plano. Este plano acotado muestra la forma de la superficie del agua. Es un plano muy importante en el



que se muestra no solamente la profundidad bajo la cual se almacena el agua subterránea, sino también la pendiente de la napa freática y la dirección en que fluye el agua.

### **2.3 INDICIOS EN LA SUPERFICIE:**

Ahora se visitará la zona y se realizará una observación más cercana de cualquier indicio superficial de agua subterránea. Es probable que el agua del suelo aparezca en mayor cantidad bajo los valles que bajo las colinas. Los rellenos del valle que contienen residuos de rocas deslavadas de las laderas de las montañas, a menudo resultan ser capas acuíferas muy productivas.

Cualquier indicio de agua superficial, tal como corrientes, arroyos, manantiales, pantanos o lagos, puede indicar, a su vez, la presencia de alguna forma de agua del suelo, aunque no necesariamente en cantidad aprovechable. Los depósitos de arena y grava que se encuentran en los lechos de los ríos pueden, muy frecuentemente, extenderse lateralmente en las riberas de los mismos y pueden penetrarse por medio de pozos poco profundos, altamente productivos.

Cuando se encuentra en regiones áridas plantas que requieren mucha humedad, esto constituye un buen indicio de la existencia de agua subterránea a poca profundidad. La presencia de vegetación exuberante es generalmente indicio seguro de la existencia de corrientes y otras aguas superficiales, cuyos alrededores serán sitios propicios para la búsqueda del agua subterránea. La Figura N°07 demuestra la aplicación de selección de sitios posibles para pozos.

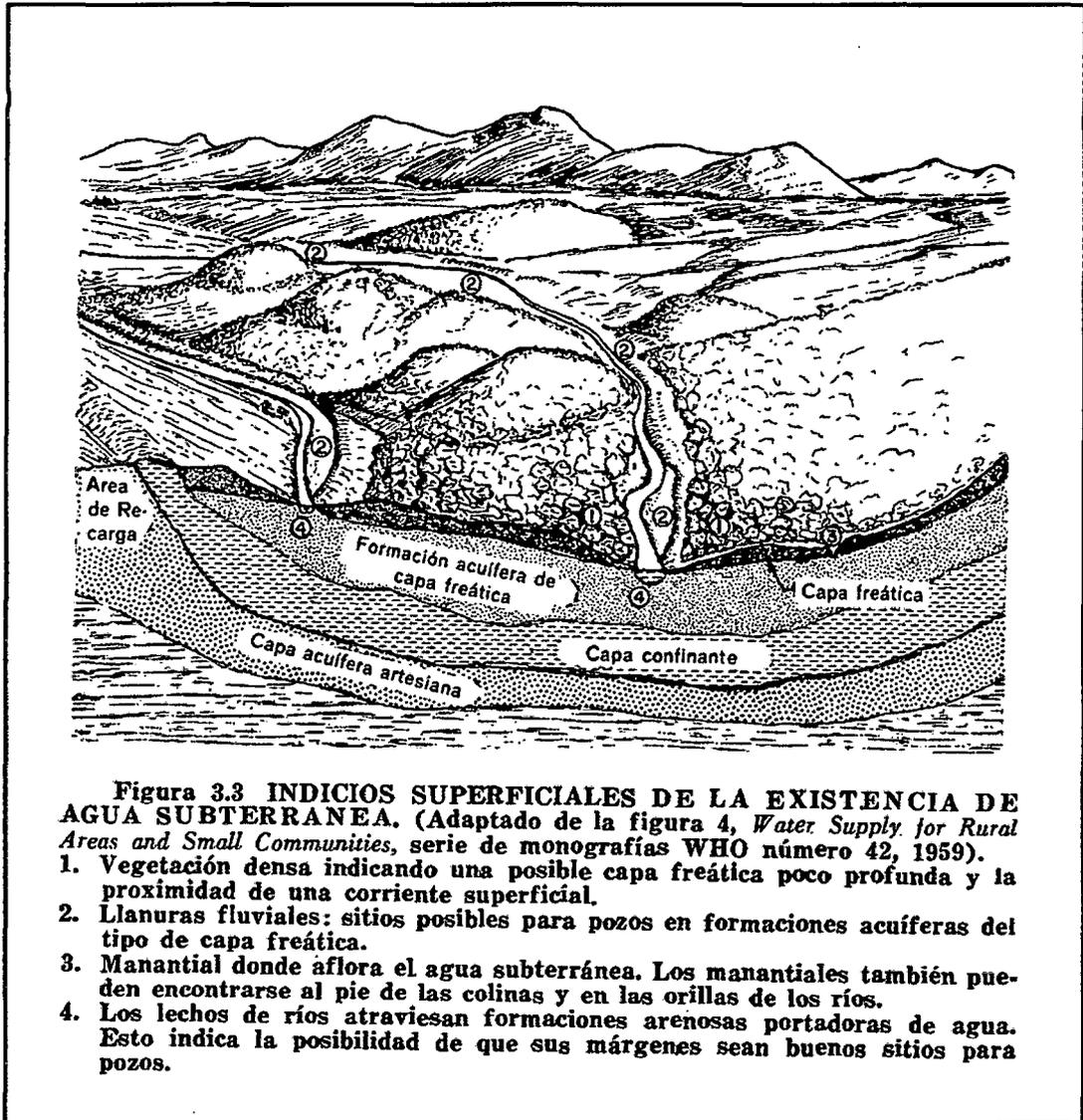


Figura N°07: Indicios superficiales de la existencia de agua subterránea.



### **III. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MICROPOZOS:**

Para aprovechar el agua subterránea mediante la utilización de pozos pequeños, es necesario obtener información y datos previos, lo cual garantizará un diseño y construcción confiable para pozos pequeños de agua. Para ello se deben desarrollar ensayos de campo y de laboratorio, los cuales se mencionan a continuación:

#### **3.1 INVESTIGACIONES Y TRABAJOS DE CAMPO:**

Su desarrollo es in situ (dentro de la zona de captación), con el propósito de recopilar datos y obtener las características físicas del sub-suelo, además de verificar la profundidad real de la napa freática del suelo (nivel estático). Estas operaciones fundamentales se mencionan a continuación:

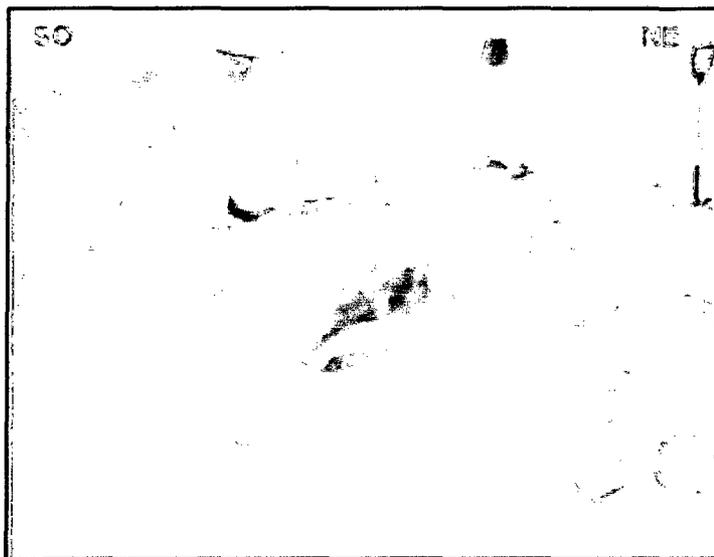
##### **3.1.1 EXPLORACIÓN MEDIANTE CALICATAS:**

Son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Además son excavaciones de profundidad pequeña a media (Foto N°05), que se realizan manualmente o mediante el empleo de maquinarias pesadas.

Este ensayo permite la inspección directa y visual del suelo "in situ" que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede



entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.



**Foto N°05:** *Excavación de calicata realizada.*

### 3.1.2 EXPLORACIÓN CON BARRENOS:

Es un método manual económico y rápido para obtener muestras de suelo a distintas profundidades mediante la perforación, sin tener que excavar una calicata. Se pueden tomar una serie continua de muestras y así juntarlas, con el fin de mostrar las capas y/o estratos del sub-suelo; además, puede utilizarse en la mayoría de los suelos que cubren la capa freática y en los suelos cohesivos que están debajo de está.

#### A. Barrenado Hueco:

La herramienta tiene un cilindro de metal de entre 20 cm a 30 cm de longitud y de 7cm a 15cm de diámetro (Foto N°06). Tiene



un filo cortante en el borde inferior, que le permite atravesar fácilmente casi todos los suelos, tienen la característica de tomar muestras de suelo a profundidades aceptables, obteniendo muestras suficientes para los ensayos de laboratorio correspondientes. Entre las limitaciones de esta herramienta de excavación, tenemos:

- Es menos eficiente en los suelos que contenga mucha arena y grava.
- Es difícil de utilizar en los suelos arcillosos.

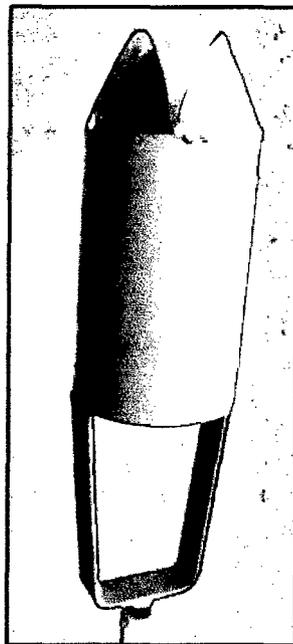


Foto N°06: Barreno del tipo hueco.

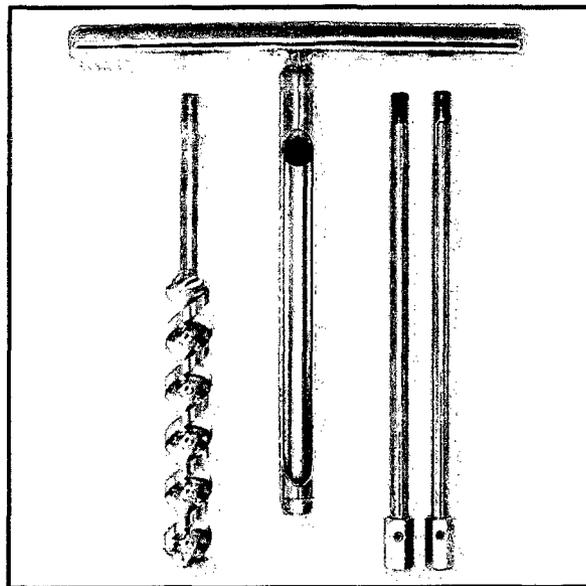
#### B. Barrenado Helicoidal:

La herramienta es una espiral metálica de unos 40 cm de longitud y de 3.5 cm a 4 cm de diámetro (Foto N°07). Este tipo de



barreno puede tomar muestras de suelo a mayores profundidades, lo cual es ventajoso. Entre las limitaciones de esta herramienta de excavación, tenemos:

- Las muestras de suelo se alteran severamente.
- No es eficaz en suelos que contengan mucha arena y grava.
- Es difícil de usar en arcilla dura.



**Foto N°07:** Barreno del tipo helicoidal.

### 3.1.3 MUESTREO DISTURBADO:

Es la recopilación de muestras disturbadas obtenidas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (capas y/o estratos), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, y así determinar la clasificación e identificación de suelos (Perfil Estratigráfico).



## 3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:

El estudio de suelos está orientado a determinar las características físicas del mismo en las áreas donde se emplazarán los pozos pequeños, con el propósito de extraer el agua subterránea.

### 3.2.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS:

El suelo consiste en una mezcla de partículas de minerales, agua y aire, además que incluye una gran variedad de materiales, desde los cascajos hasta las arcillas plásticas. Lo más importante en el estudio de las propiedades del suelo, es clasificarlo en tipos bien definidos, tomando en cuenta el tamaño, forma y naturaleza de las partículas que tiene. Los suelos se han clasificación como:

- **Suelos no Cohesivos (Grava y Arena):** Forman una acumulación plástica sin granos individuales (que no se atraen mutuamente).
- **Suelos Cohesivos (Limo y Arcilla):** Estos se adhieren entre las partículas y según su composición química y contenido de humedad, muestran ciertas propiedades plásticas.

Existen varios sistemas de clasificación de suelos, pero los que se utilizan con mayor frecuencia son:

- El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (**SUCS**).
- La clasificación de la "American Association of State Highway and Transportation Officials" (**AASHTO**).



### **3.2.1.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS):**

Aquí se identifica los suelos según las cualidades estructurales, la plasticidad y la agrupación de acuerdo a su comportamiento. Para esta clasificación de suelos, se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Si más del 50% de material fino pasa la malla No. 200 esta corresponde a limo y arcilla.
- Si del porcentaje de la fracción gruesa retenida en la malla No. 200, más del 50% pasa la malla No. 4, entonces corresponde a las arenas.
- Si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en la malla No. 4, entonces corresponde a las gravas.
- Tener en cuenta la forma de la curva de distribución granulométrica y las características de plasticidad y de compresibilidad.

### **3.2.1.2 Clasificación de la "American Association of State Highway and Transportation Officials" (AASHTO):**

Sistema que está basado en la composición granulométrica, límites de plasticidad y el Índice de Grupo, definiendo a los suelos en 7 grupos básicos, según la misma capacidad de soporte de cargas y servicios, considerando dos categorías: Suelos granulares y Suelos finos.



**A. Suelos Granulares:** Son aquellos que tiene el 35% o menos de material fino que pasa por la malla No. 200, estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3.

**B. Suelos Finos:** Se considera a los que tienen más del 35% del material que pasa por el tamiz No. 200, estos suelos forman los grupos A-4, A-5, A-6 y A7.

### 3.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO:

Para realizar los ensayos en el laboratorio, primeramente se deben tomar las muestras de campo, mediante la realización de calicatas y el barrenado cuyas dimensiones dependen de las características del terreno, en donde se debe tener en cuenta si el terreno presenta diferentes estratos o solo se encuentra un estrato uniforme, luego se procede a tomar muestras por estrato, en un aproximado de 2.00 Kg. y colocarlo en bolsas plásticas, las cuales se debe de cerrar herméticamente para evitar la pérdida de humedad y conducirlo rápidamente al laboratorio para los ensayos correspondientes.

Con las muestras alteradas y representativas obtenidas de las calicatas y barrenados realizadas, se efectúan los siguientes ensayos de laboratorio de acuerdo a las normas de la American Society for Testing and Materials (**ASTM**).



### **3.2.2.1 Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D- 422):**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, la que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de diferente diámetro, desde el tamiz de 3" hasta el tamiz N°. 200 (de diámetro 0.074 mm), considerándose el material retenido en los diferentes tamices, como el que pasa el tamiz N° 200 de manera global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo del tamiz N° 200 se realiza el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plantea: Diámetro de tamiz vs. Porcentaje acumulado que retiene o que pasa el mismo.

### **3.2.2.2 Límites de Consistencia:**

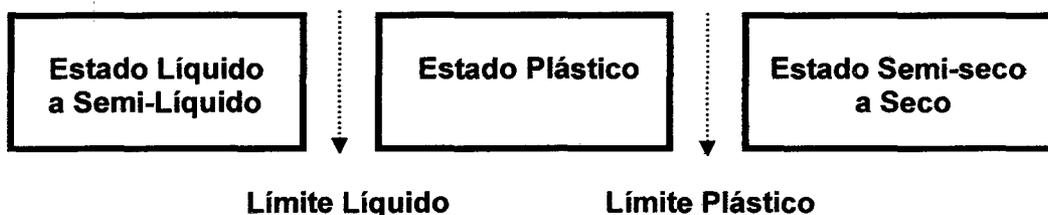
Se conoce como plasticidad de un suelo, a la capacidad de éste de ser moldeable, esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es éste material el que actúa como ligante. Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquido, plástico y seco.

Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en su estado húmedo de manera que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en que el suelo sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite



moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico; y si se sigue quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semiseco.

El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el **LÍMITE LÍQUIDO**, y el contenido de humedad en el que pasa del estado plástico al semiseco es el **LÍMITE PLÁSTICO**.



#### **A. Límite Líquido (ASTM D- 423):**

Es el contenido de humedad, bajo el cual el suelo se comporta como un material plástico y marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico. Es obtenido en los laboratorios haciendo uso de la copa Casagrande, este consiste en un recipiente de bronce, capaz de bascular en un eje fijo unido a la base; la excentricidad hace que la copa se llene a una altura constante y caiga periódicamente golpeando contra la base.



Esta prueba consiste en colocar una muestra en la copa previamente seleccionada y humedecida. A continuación se hace un ranurado trapezoidal utilizando un ranurador, luego se hace girar la manivela que lo mueve a la excéntrica golpeando a la copa sobre su base.

El agua contenida en el suelo, cuando se cierra la ranura del fondo en 1/2" (media pulgada), con 25 golpes de la copa, corresponde al Límite Líquido ( $LL=w\%$ ). Este proceso es tentativo, por lo tanto; es preferible construir la curva de fluidez mediante un gráfico semilogarítmico, con abscisa a escala logarítmica, el número de golpes y como ordenada, a escala natural, el contenido de humedad. Luego el Límite Líquido será el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes de la copa.

#### **B. Límite Plástico (ASTM D- 424):**

Es el agua contenida en el material en el límite inferior de su estado plástico, en el laboratorio se obtiene de la siguiente forma: Se mezcla aproximadamente 15gr. de suelo húmedo, se rola el suelo sobre una placa de vidrio o metal con la mano hasta alcanzar un diámetro de 3mm, se repite este proceso hasta que el cilindro presente señales de desmoronamiento y agrietamiento. Al llegar al límite señalado se determina el contenido de agua de una parte



del cilindro correspondiente, entonces el Límite Plástico será el promedio de tres valores obtenidos de estos procedimientos. Se efectúan 2 ensayos para tener una mejor aproximación, y el Límite Plástico de la muestra es el promedio de los dos resultados.

### C. Índice de Plasticidad:

Es la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico:

$$IP = LL - LP$$

El Índice de Plasticidad es el que nos indica cuán plástico es un material, generalmente un material arcilloso tiene un índice de Plasticidad alto. Un suelo gravoso o arenoso que no contenga finos no tendrá Límite Plástico, y aunque tiene Límite Líquido, este es difícilmente determinable, por lo que a estos suelos se les conoce como **NP** (No plástico). Esto se verifica cuando no se pueden formar bastoncitos en este caso el material se desintegra sin llegar a formar bastoncitos de 3mm.

Los valores del Límite Líquido y el Índice Plástico definen la plasticidad del suelo, como se muestra en la Tabla N°01.



**TABLA N° 01: GRADO DE PLASTICIDAD**

<b>GRADO DE PLASTICIDAD</b>	<b>LÍMITE</b>
NO PLÁSTICO	0 - 4
PLASTICIDAD BAJA	4 - 30
PLASTICIDAD MEDIA	30 - 50
PLASTICIDAD ALTA	450

**FUENTE:** Datos según ASTM.

### **3.2.2.3 Contenido de Humedad (ASTM D- 2216):**

El contenido de humedad de una muestra, indica la cantidad de agua que ésta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua (*Pagua*) en relación al peso del material seco (*Pms*). En cierta manera éste valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que son variables. Entonces es conveniente realizar el ensayo y trabajar casi inmediatamente con su resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

*Contenido de Humedad (W%)*

$$W\% = \frac{Pagua * 100}{Pms}$$

### **3.3 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA:**

Para determinar si el agua subterránea extraída es aceptable para el riego, deberá ser sometido antes de su utilización, a ciertos parámetros asociados con su calidad de acuerdo a sus características físicas, químicas y bacteriológicas.



### 3.3.1 CALIDAD FÍSICA DEL AGUA:

Físicamente, el agua subterránea es generalmente clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión y tiene una temperatura relativamente constante, esto se atribuye al proceso de *Percolación* lenta a través del suelo. Estas características son de menor importancia desde un punto de vista sanitario, pero son las que más impresionan a los sentidos del ser humano, además está relacionada a la estética del agua. Entre las características principales tenemos:

#### A. Color:

Se explica por la presencia de compuestos orgánicos en estado coloidal muy finos y compuestos inorgánicos en solución. Se verifica visualmente en el laboratorio con tubos de NESSLER.

#### B. Turbidez:

Si se presenta partículas en suspensión, constituye el indicador más usual del grado de contaminación. Se obtiene utilizando el *turbidímetro*, el cual mide la interferencia al paso de los rayos de luz por la muestra. La turbidez se elimina mediante tratamientos, como son la coagulación, sedimentación y filtración.

#### C. Sabor y Olor:

El sabor es producido por materias contenidos, y el olor por las materias volátiles. El agua potable no debe tener olor ni sabor.



#### D. Temperatura:

Este factor es aceptable en los usuarios, el agua es agradable al paladar a una temperatura de entre 5°C y 15°C.

#### 3.3.2 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA:

Las aguas subterráneas generalmente no presentan organismos muy pequeños (microbios), los cuales están normalmente presentes en las aguas superficiales. Este es otro de los beneficios que resultan de la filtración lenta al circular el agua a través del suelo. Además, la falta de oxígeno y nutrimentos en el agua subterránea la vuelve un medio inapropiado para que los microbios se desarrollen y multipliquen.

Este análisis nos define la cantidad de microorganismos vivientes y presentes en el agua, los cuales generalmente son bacterias, virus y quistes de amebas; las bacterias más comunes en el agua, se detallan en el Cuadro N°02.

**CUADRO N°02: Bacterias Patógenas presentes en el Agua**

<b>BACTERIAS</b>	<b>ENFERMEDADES</b>
<i>Salmonella Paratyphi A,B,C</i>	<i>Fiebre paratifoidea</i>
<i>Salmonella Typhi</i>	<i>Fiebre tifoidea</i>
<i>Shigella</i>	<i>Disentería bacilar</i>
<i>Escherichia Coli</i>	<i>Gastroenterítis</i>
<i>Vibrium Cólera</i>	<i>Cólera</i>
<i>Bacilo de Koch</i>	<i>Tuberculosis</i>

**FUENTE:** Según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S).



### 3.3.3 CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA:

El agua subterránea presenta un grado relativamente lento de percolación a través de la tierra, el cual proporciona tiempo más que suficiente para que muchos de los minerales que forman la corteza de la tierra se incorporen a la solución. Estos minerales tienen diferentes grados de disolución en el agua, dependiendo de cierto número de condiciones que pueden variar muy ampliamente en una región pequeña. Se definen las características de los compuestos orgánicos e inorgánicos según sus porcentajes:

#### 3.3.3.1 Materia Orgánica:

Está conformada por aquellos elementos que contienen carbono en su estructura molecular. Su procedencia se trata de la descomposición de animales, vegetales y la industria química relacionada con la síntesis de compuestos orgánicos.

#### 3.3.3.2 Materia Inorgánica:

- **PH:** Nos manifiesta la concentración de iones de hidrógeno, la intensidad de acidez o alcalinidad del agua. Cuando existe la concentración de iones de hidrógeno cargados positivamente  $H^+$  el agua es **ácida**, y es **alcalina** si existe mayor concentración de iones de hidróxilo  $OH^-$  cargados negativamente. El PH del agua natural puede oscilar entre **6.5 - 8.0**.



- **Cloruros:** Estos elementos provienen de la disolución de rocas y sólidos que los contiene. Será salada o amarga según el tipo de cloruros que tengan, llámese sodio, calcio o magnesio.
- **Sulfatos:** Cuando se crean en condiciones anaerobias son indeseables, fácilmente pueden pasar a sulfuros, especialmente a sulfuro de hidrógeno, que es un gas de olor nauseabundo.
- **Dureza:** Es definida como la concentración de iones de calcio  $\text{Ca}^{++}$  y magnesio  $\text{Mg}^{++}$ . Nos indica la cantidad de sales disueltas en el agua y se le llama agua dura a la que excede el límite permisible de carbonatos disueltos, la cual resulta antieconómica para ser usada en el lavado, debido a que consumen grandes cantidades de jabón; así mismo producen incrustaciones en las tuberías.

#### IV. SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO:

El volumen de agua destinado para el riego en la actualidad, se ha visto reducida por consecuencia de la disminución de las aguas superficiales en el planeta, dando motivo a cuidar y racionalizar el agua; por lo tanto, se están implementando sistemas de riego tecnificados que demandan una cantidad de agua necesaria para el riego de cultivos. Como es el sistema de riego por

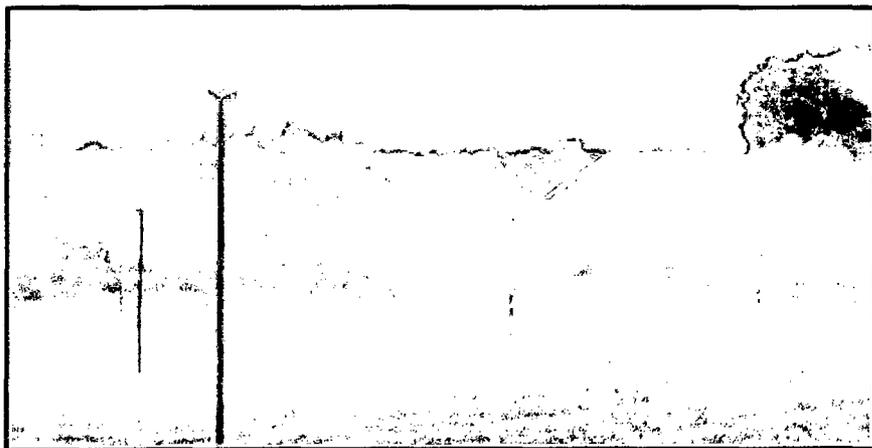


Goteo y el sistema de riego por Aspersión, siendo este último el sistema a utilizar en la investigación.

#### 4.1 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN:

Este método de riego presurizado consiste en aplicar gotas de agua en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme sobre el suelo, con el objeto de que infiltre en el mismo punto donde cae. El riego por aspersión hace uso de emisores, (según la Foto N°08), donde la descarga de agua es inducida por la presión disponible en los laterales de riego (tuberías donde van insertados los aspersores).

Cuando el riego superficial es inaplicable, este método es ventajoso ya que permite superar problemas de topografía, profundidad, y disponibilidad de agua en bajos caudales. El riego por aspersión se emplea en gran diversidad de cultivos y, por tratarse de un método que tiene un porcentaje de cobertura total, se presta especialmente para cultivos de alta densidad.



**Foto N°08:** *Sistema de riego por Aspersión.*



## **4.1.1 EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN:**

### **4.1.1.1 Fuentes de Agua:**

Los sistemas de aspersión necesitan aguas limpias y libres de impurezas, para evitar la obstrucción de las boquillas de los aspersores. Se pueden emplear pozas o estanques decantadores de materiales en suspensión, que terminan siendo estructuras para dar carga a los sistemas de tuberías principales. En el caso que el agua proceda de ríos y canales conviene emplear rejillas filtrantes para eliminar impurezas o desarenadores.

### **4.1.1.2 Equipo de Bombeo:**

Se utilizan diversas clases de estaciones de bombeo, unas estacionarias y otras móviles que se ponen en funcionamiento para mantener el régimen de trabajo de la red con una presión fija.

Sirve para succionar el agua de la fuente y poner el líquido bajo una cierta presión, para su transporte hacia los aspersores, con el fin de hacerlos funcionar; la presión en la bomba no es excesivamente alta. La línea de succión debe ser lo más corta posible para una operación efectiva (no debe exceder una altura de 7 m), la entrada del agua se protege por medio de una malla para evitar la entrada de impurezas en el sistema.



#### 4.1.1.3 Dispositivos de Aspersión:

Los aspersores son dispositivos que separan el líquido en gotas y la distribuyen en el campo en un círculo entero, o sólo en una de parte de un círculo. Para operar, el líquido tiene que estar bajo cierta presión hidráulica, así como la fuerza del chorro de agua se emplea para hacer girar el aspersor.

En principio, los aspersores están fabricados para que giren en círculo. Sin embargo, por las necesidades del terreno, por ejemplo, en jardines, a los aspersores se les equipa con dispositivos que permiten regar sólo un sector. Estos aspersores pueden ser de varias formas:

**A. Tuberías Perforadas:** Constituidos por tubos metálicos o de PVC, provistos de orificios o de pequeñas boquillas roscadas en la parte superior y distribuida en toda su longitud.

**B. Aspersores no Giratorios:** El cual consta de un orificio calibrado por donde sale el chorro, que se dispersa al chocar contra un deflector colocado de forma perpendicular u oblicua con respecto al eje del aspersor.

Su campo de aplicación se limita a invernaderos y jardinería.



**C. Aspersores Giratorios:** Son los más utilizados en la agricultura, constituidos por uno o más agujeros provistos de boquillas calibradas. El aspersor gira alrededor de su eje, lo que permite regar la superficie de un círculo cuyo radio corresponde al alcance del chorro.

**D. Aspersores de Brazo Oscilante:** El movimiento rotativo del cuerpo del aspersor es discontinuo, debido a impulsiones periódicas provocadas por el chorro del agua que golpea intermitentemente un brazo oscilante, el cual vuelve a su posición inicial por la acción de un resorte. Son aspersores de giro lento.

**E. Aspersores de Reacción:** Donde la reacción a la salida del agua provoca el movimiento de giro del aspersor. Estos aspersores son de giro rápido, se utilizan en jardinería y en riego de árboles bajo las copas.

**F. Aspersores de Turbina,** en estos aspersores el chorro incide sobre una turbina, cuyo movimiento se transmite a un eje instalado a lo largo del tubo del aspersor, y de éste, mediante engranajes, a la base del aspersor, para producir un giro del aspersor lento y uniforme. Por lo general son de gran tamaño y suministran grandes caudales.



#### **4.1.1.4 Red de Tuberías:**

Las tuberías son usadas como líneas de conducción del agua y en dicho caso se les conoce como "línea o tubería principal" o también pueden tener acopladas a ellas los elevadores o aspersores y en ese caso se les llama "línea o tubería lateral".

La tubería incluye una o más líneas principales y un número de líneas laterales, la diferencia entre ellas estriba en el diámetro y los tipos de conexiones. Las secciones de las líneas principales y de las laterales se conectan entre sí por medio de uniones que permiten conectar y desconectar los tubos de las líneas.

#### **4.1.2 DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN:**

El aspersor no proporciona una superficie uniformemente mojada y/o regada, por lo general la zona próxima al aspersor recibe más agua, decreciendo conforme aumenta la distancia del aspersor. Además, el área cubierta tiene una forma circular, que no permite un arreglo sin la superposición de la superficie que riegan los aspersores adyacentes. Por esto, existen tres tipos de arreglos básicos de los aspersores:

##### **4.1.2.1 En Cuadrado:**

Los aspersores ocupan los vértices de un cuadrado, siendo la distancia entre alas regadoras igual a la separación entre los aspersores dentro de la misma ala.



#### **4.1.2.2 En Rectángulo:**

Los aspersores ocupan los vértices de un rectángulo, debido a que la separación entre los aspersores es distinta que la separación de las alas regadoras.

#### **4.1.2.3 En Triángulo:**

Los aspersores ocupan los vértices de una red de triángulos equiláteros. La disposición en triángulo ofrece mejores condiciones, ya que para una misma superficie se precisa menor número de aspersores que en la disposición en cuadrado; pero esta última es más utilizada en los riegos con ramales portátiles, por las dificultades que ofrece la disposición en triángulo para el cambio de los tubos.

### **4.1.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN, CRITERIOS Y PARÁMETROS:**

El diseño comprende un equipamiento completo de todo lo necesario para el riego por aspersión. La planificación hidráulica de una unidad de riego por aspersión, se efectúa en base a la planificación agrícola, permitiendo definir un esquema hidráulico de la infraestructura básica de la unidad, así como de los equipos de riego por aspersión para cada sub unidad.

#### **4.1.3.1 Requerimiento Mínimo de Datos para el Diseño:**

El diseño requiere un mínimo de datos básicos necesarios:



### **A. Calidad del Agua:**

Se sobreentiende que el agua es químicamente satisfactoria para el suelo y para los cultivos, así mismo, no tiene efectos corrosivos para las tuberías, equipos y accesorios.

### **B. Abastecimiento de Agua:**

Esta consideración se refiere, si hay suficiente agua para satisfacer los requerimientos de los cultivos y para la superficie proyectada con riego por aspersión.

### **C. Planos Topográficos:**

Se debe contar con planos generales. Las curvas de nivel deben ser con equidistancias cada 5 a 10 m, cuando el terreno es razonablemente uniforme y cuando la topografía es ondulada y accidentada o cuando hay cambios muy pronunciados en las pendientes, se recomienda que las curvas sean de 1 a 3 m.

### **D. Suelos:**

En lo referente a los suelos, debe contarse con planos agrológicos, que indique las características físico-químicas, la velocidad de infiltración, la capacidad de retención del agua por el suelo.



### **E. Cultivos:**

Se necesita conocer el máximo requerimiento diario de agua de cada cultivo, a fin de determinar la mínima capacidad del equipo de riego. Es en este periodo durante el cual se llega a la máxima demanda diaria promedio de agua de los diversos cultivos. Es importante analizar cuidadosamente los requerimientos de agua de cada uno de los cultivos.

### **F. Clima:**

Debe contarse con información climatológica: temperatura, humedad, intensidad y dirección del viento, lluvias, etc.

### **G. Volumen efectivo del Agua:**

Es la precipitación pluvial durante la temporada normal de riego a usarse para satisfacer las necesidades de los cultivos. En zonas áridas y semiáridas no se considera el aporte de las lluvias. En las regiones húmedas, el sistema de riego por aspersión se diseña como riego complementario, para cuando se presentan condiciones de sequía.

### **H. Requerimiento de Lixiviación:**

Es el volumen neto de agua que permite el lavado de sales de la zona radicular. El volumen a aplicarse, es el



volumen bruto, que a partir del volumen neto y en base a la eficiencia del sistema, es el volumen anual de agua, que se aplica como lámina (horas de operación) por medio del sistema de riego por aspersión.

#### **4.1.3.2 Determinación del Régimen de Riego para el Diseño del Sistema por Aspersión:**

Para la planificación y diseño del sistema de riego por aspersión, se requiere previamente, determinar el régimen de riego (duración y frecuencia), en base a la evapotranspiración máxima del mes crítico (mes con mayor evaporación y el cultivo con mayor demanda de agua), a la capacidad de retención de agua por el suelo, a la lámina de riego y el tiempo requerido para aplicar dicha lámina.

##### **A. Evapotranspiración (ET):**

La evapotranspiración es la suma de la evaporación del agua de la superficie de la planta hacia la atmósfera y el agua que se evapora del suelo. Es expresada en unidades de mm de lámina de agua por día o mes (cm/mes, mm/día).

La evapotranspiración es afectado por muchos factores, los más importantes de los cuales son: la cantidad de área cubierta con el cultivo, la fase de crecimiento del cultivo, el clima y el suelo. Generalmente, la



evapotranspiración se estima en aquellas áreas en donde no existen estudios previos. Para estimar la evapotranspiración, el consumo de agua de algún cultivo de referencia es considerado sin que este tenga limitaciones de humedad.

Se puede estimar una evapotranspiración para el **grass**, según el tipo de suelo y la zona climatológica. La demanda de agua de riego por los cultivos, son de gran importancia para dimensionar una unidad o sub unidad de riego.

En la **Tabla N° 02** que se presenta a continuación, podemos observar el valor de la Evapotranspiración máxima, según el tipo de cultivo y el clima predominante.

**TABLA N° 02:** Valores Máximos de Evapotranspiración (ET)

CULTIVO	CLIMA FRÍO		CLIMA MODERADO		CLIMA CALIENTE	
	mm/día	LPM/Ha	mm/día	LPM/Ha	mm/día	LPM/Ha
Alfalfa	4.90	33.00	6.25	42.00	7.55	51.20
Algodón	4.90	33.00	6.25	42.00	7.55	51.20
<b>GRASS</b>	4.90	24.20	<b>4.95</b>	42.00	7.55	51.20
Granos	3.70	24.20	4.95	33.50	5.50	38.40
Papas	3.70	24.20	4.95	33.50	6.35	43.00
Acelgas	5.00	33.50	6.20	42.00	7.55	51.20

**FUENTE:** Datos obtenidos del valle Lacramarca con respecto al Senamhi.



## **B. Humedad Aprovechable (HA):**

Es aquella que es retenida en los suelos entre un rango presiones negativas que van desde un tercio de bar (Capacidad de Campo) hasta 15 bar (Punto de Marchitez Permanente). Sin embargo la humedad disponible puede variar dependiendo de la textura del suelo, por lo que el tipo de suelo puede influenciar la práctica del riego.

La práctica del riego está basada en considerar al suelo como un reservorio donde se almacena al agua y del cual las raíces de las plantas van extrayendo la humedad necesaria, para satisfacer sus necesidades fisiológicas. El agua que almacena el suelo y puede ser utilizada por las plantas, es una cantidad definida; que está comprendida entre las constantes hídricas:

- **Capacidad de Campo (CC):** Es la cantidad máxima de agua que se puede almacenar en un suelo y puede ser utilizada por las plantas.
- **Punto de Marchitez Permanente (PMP):** Es el contenido de humedad del suelo, del cual las plantas no pueden obtener fácilmente agua aprovechable y éstas se marchitan y mueren. La diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, es



expresada en términos de humedad aprovechable en la zona radicular, varía según el tipo de suelo (**Tabla N°03**):

$$HA = (cc - PMP) \times S$$

*Dónde:*

HA: Humedad aprovechable (mm).

S : Gravedad específica aparente.

Sin embargo, el máximo beneficio económico de la inversión hecha en un cultivo no ocurrirá si el total de la humedad aprovechable es extraída por el cultivo. Consecuentemente, sólo una fracción de la humedad aprovechable puede extraerse, definiéndose como "Depleción o Abatimiento Permisible de la Humedad del Suelo", también denominada "Capacidad de Almacenamiento" y es expresada de la siguiente forma:

$$DPH = f \times (cc - PMP) \times \phi \times ZR$$

$$DPH = f \times Ha \times ZR$$

*Dónde:*

DPH: Deflexión permisible de la humedad (mm)

F : Factor de aprovechamiento = 0.65 (para zonas áridas y semiáridas se recomienda 0.50)

ZR : Profundidad de la zona de las raíces (m)



**Tabla N°03:** Valores Aproximados de la Humedad Aprovechable (HA) según el tipo de Suelos

Clasificación de Texturas	Centímetros de Agua por metro de Suelo
Textura Gruesa: arena de grava	3.33 - 6.25
<b>Textura de Arena Media: arena fina y migajón arenoso</b>	<b>6.25 - 10.42</b>
Textura Moderada	10.42 - 14.58
Textura Media: arena muy fina, migajón, limo y sedimento	12.50 - 19.17
Textura Moderadamente Fina: migajón arcilloso, migajón arcilloso arenoso	14.58 - 20.83
Textura Fina: arcillas, arcilla-arena, arcilla limosa	13.33 - 20.83
Suelo Orgánico	16.67 - 25.00

**FUENTE:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).

En la **Tabla N° 04**, se muestran la profundidad radicular de los cultivos y la humedad aprovechable en suelos de diferentes texturas.



**TABLA N° 04:** Valores de la Profundidad Radicular y Humedad Aprovechable en Suelos de diferentes Texturas

Tipo de Textura de Suelo	Zona Radicular (m)	Humedad Aprovechable (mm)
a) Espinacas, remolacha, zanahorias, etc.		
Arena Fina	0.50	50
Franco arenoso	0.50	75
Franco limoso	0.62	125
Franco arcilloso	0.40	100
Arcilloso	0.25	
b) Maiz, algodón, tabaco y granos pequeños.		
Arena Fina	0.75	75
Franco arenoso	1.00	150
Franco limoso	1.00	200
Franco arcilloso	0.80	200
Arcilloso	0.50	150
c) Alfalfa, <b>pastos</b> , etc.		
Arena Fina	0.25	100
<b>Franco arenoso</b>	<b>0.30</b>	150
Franco limoso	0.45	250
Franco arcilloso	0.40	250
Arcilloso	0.35	200

**FUENTE:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).



### C. Eficiencia de Riego ( $E_a$ ):

En sistemas de riego por aspersión, no se considera la eficiencia de conducción, debido a que no son apreciables las pérdidas de agua, por llevarlas desde la fuente (pozo o embalse) mediante tuberías.

La eficiencia del riego, por tanto, es la eficiencia de aplicación en el campo y se expresa como la relación (en %), del volumen que se aplica a la zona de raíces, con respecto al volumen que descargan los aspersores. Dicha eficiencia en riego por aspersión, varía entre un 60 a 75 %, dependiendo de la uniformidad de la distribución, de las pérdidas por evaporación y del manejo del equipo de riego. Una forma práctica de asumir un valor de eficiencia, están en función de la región climatológica donde trabaje el sistema de riego por aspersión, esto fue propuesto por Fry y Gray en 1971 y sus valores se dan en la Tabla N°05.

**TABLA N° 05:** Valores de Eficiencia de Aplicación del Agua

Región Climatológica	$E_a$ (%)
Humedad o de Clima Frío	80
Clima Moderado	75
Clima Seco y Cálido	70
Clima Desértico	65

**FUENTE:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).



#### D. Lamina de Riego (D'):

Anteriormente se vio la forma de estimar la cantidad de agua a aplicar, cuándo y cómo aplicarla. Por lo tanto, la capacidad del sistema de riego por aspersión es basada en la demanda más alta. En cada riego, la lámina de riego a aplicar está dado por:

$$D' = \frac{DPH}{Ea} = \frac{f \times HA \times ZRD}{Ea}$$

Dónde:

D' : Promedio de aplicación de agua (cm)

DPH: Depleción permisible de la humedad en la zona radicular (cm)

Ea : Eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión

F : Factor de aplicación permisible

HA : Humedad aprovechable

#### E. Intervalo o Ciclo de Riego (F):

El intervalo o ciclo de riego, depende de las características del suelo, se le considera como un reservorio de agua, cuanto mejor es la calidad del suelo para retener agua y mayor sea el espesor del suelo para almacenar agua, se lograra mayor intervalo o ciclo de riego.



$$F' = \frac{DPH}{ET}$$

Dónde:

F' : Intervalo o ciclo de riego (día)

DPH : Depleción permisible de la humedad (mm)

ET : Evapotranspiración (mm/día)

#### **F. Lámina de Agua para ser aplicada en un Riego (Lr):**

Es la cantidad de agua a aplicarse a la unidad de superficie, en un tiempo dado, para cada ciclo o intervalo de riego. Esta lámina no deberá exceder la capacidad de infiltración del suelo de tal manera que un escurrimiento de agua no ocurra. La Tabla N° 05 establece la tasa de infiltración básica para algunos suelos bajo diferentes condiciones.

$$Tr = F' \times ET$$

Dónde:

F' : Intervalo o ciclo de riego (día).

ET : Evapotranspiración (mm/día).

#### **G. Tiempo Requerido para aplicar un Riego (T):**

Se refiere al tiempo o duración del riego necesario, para aplicar en el campo la lámina de agua requerida para un ciclo de riego.



Para calcular el tiempo requerido, se necesita determinar el valor de la precipitación generada por el equipo de riego por aspersión.

$$T = \frac{Lr}{Pp}$$

Dónde:

Lr : Lámina de agua requerida (mm)

Pp : Precipitación pluvial aplicada por el equipo de aspersión (mm/hora)

Otro factor que influye en el tiempo de un riego, es la velocidad de infiltración del agua en el suelo. La infiltración es la penetración lenta del agua a través de los poros del suelo. También se puede definir como el paso del agua de la superficie al interior del suelo, con objeto de diferenciar del término de conductividad hidráulica. La velocidad de infiltración, es la relación entre una lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarde en hacerlo, generalmente se expresa en cm/hora. Por abreviar, a la velocidad por infiltración se le llama solamente infiltración.

Se llama infiltración básica a la velocidad de infiltración, que más o menos permanece constante, es decir, cuando la variación respecto al tiempo es muy pequeña. En riego



por aspersión se considera el valor de la infiltración básica estabilizada ( $le$ ) y su valor está expresado en mm/hora.

#### H. Intensidad de la Precipitación ( $P_p$ ):

En general, la intensidad de la precipitación ( $P_p$ ) es limitada por el valor de la infiltración estabilizada ( $le$ ) y debe cumplirse que la precipitación debe ser menor o igual que la infiltración:

$$P_p < le$$

Para que no se produzca fenómenos de escurrimiento o encharcamiento en la superficie de riego.

La intensidad de la precipitación, influye directamente en el dimensionamiento de las redes de tuberías; del equipo de bombeo y en general de las instalaciones del sistema de riego por aspersión. Considerando la textura del suelo y pendiente del terreno en % se recomienda la máxima intensidad de precipitación según la Tabla N° 06:



**Tabla N° 06:** Máximas Precipitaciones de Aspersores en mm/hora, sugeridos para Suelos y Pendientes del Terreno

Textura y Perfil del Suelo	Pendientes en %			
	0 - 5%	5 - 8%	8 - 12%	12 - 16%
Arena hasta 2.0 m	51	37	25	12
Arenoso encima de estratos más densos	37	25	19	10
Franco arenoso hasta 2.0 m	25	20	15	10
Franco arenoso encima de estratos más densos	19	12	10	7
Limoso hasta 2.0 m	12	10	7	5
Limoso sobre estratos más densos	7	6	3	2.5
Suelo arcilloso	3	2	2	1.5

**FUENTE:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).

### I. Capacidad Total del Sistema (Q):

Una vez que la lámina de agua requerida para el riego es determinada y revisada para prevenir escurrimientos en la superficie, se calcula la capacidad total del sistema; es decir, el caudal necesario.

Cuando el suministro de agua para el riego es adecuado, el caudal necesario es calculado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{15.7778 \times A \times D}{F' \times T}$$



Dónde:

Q : Capacidad total del sistema (lt/seg).

A : Área del campo a cultivar (Ha).

D' : Lámina de riego (cm).

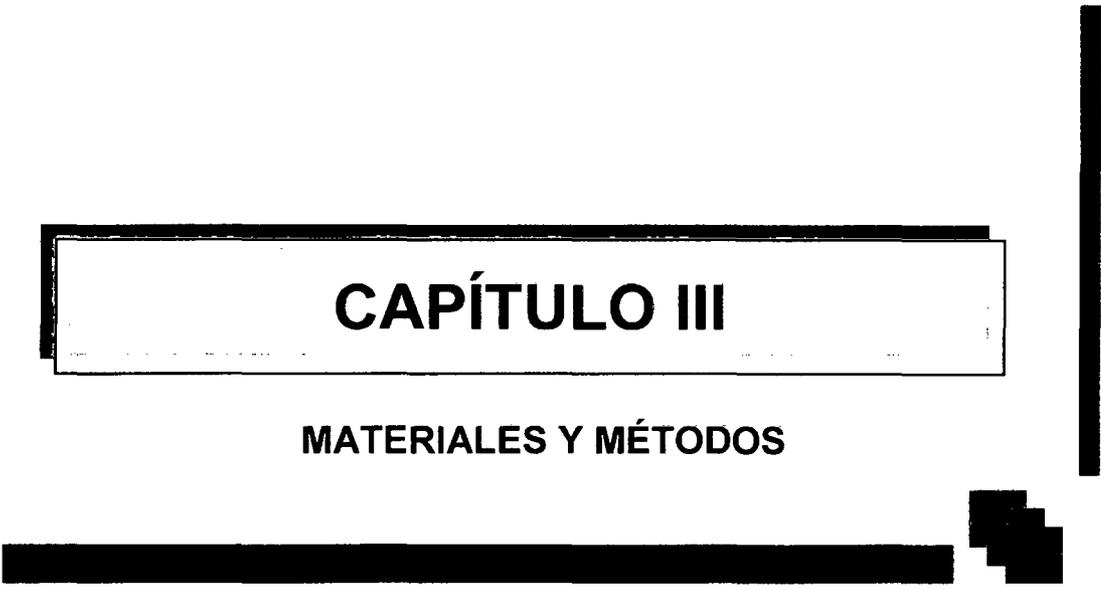
F' : Intervalo o ciclo de riego (día).

T : Tiempo requerido para aplicar un riego (hora).



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

A series of thick black horizontal and vertical bars are positioned at the bottom of the page, serving as a decorative element. There is a long horizontal bar, a vertical bar on the right side, and a small cluster of three overlapping squares in the bottom right corner.



## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### I. CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE MICROPOZOS:

El dimensionamiento de micropozos consiste en la toma de muestras y datos in situ de las características del sub-suelo; así como, el estudio de mecánica de suelos de muestras obtenidas, y en paralelo analizar la calidad del agua a extraer.

#### 1.1. PROSPECCIÓN DE CAMPO:

##### 1.1.1. CALICATAS:

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del sub-suelo, se realizó una calicata exploradora de 0.5m de profundidad, para luego hacer el barrenado hasta una profundidad de 3.40m, con respecto al nivel de terreno natural (Foto N°09).

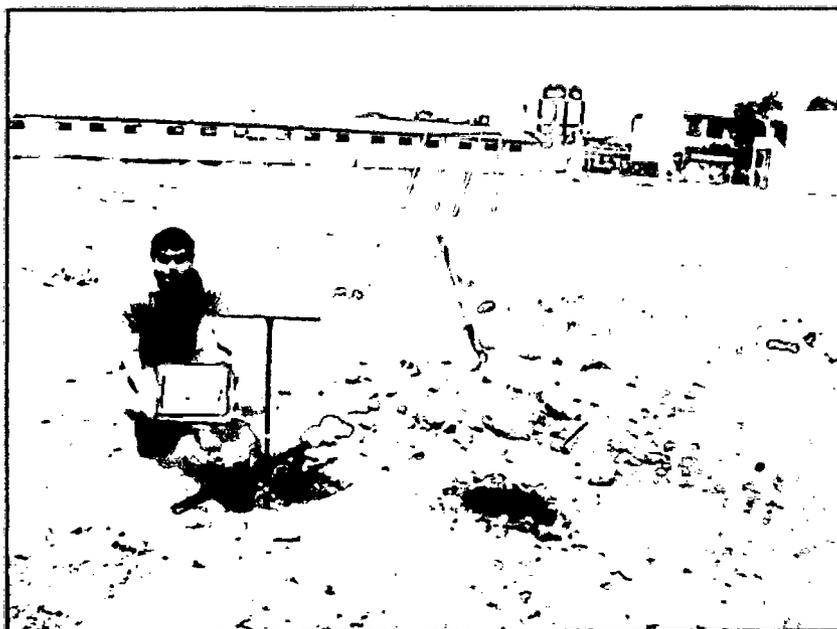


Foto N°09: calicata realizada en el área de estudio.



### 1.1.2. MUESTREO DISTURBADO:

Se tomaron muestras de suelo disturbadas del barrenado realizado, en cantidad suficiente y guardadas en bolsas plásticas para realizar los ensayos de clasificación de suelos.



Foto N°10: Muestras disturbadas de suelo

Se tomaron muestras cada 0.25 m, empezando a tomar dichas muestras desde el nivel -0.50m de profundidad.



Foto N°11: muestras para seleccionar el tipo de estrato.



### 1.1.3. ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Se realizó 04 Análisis granulométricos SUCS (ASTM-D-422).

Tomando pesos de las muestras secas.



Foto N°12: peso de las muestras secas para tamizarlas

Tamizando la muestra seca.

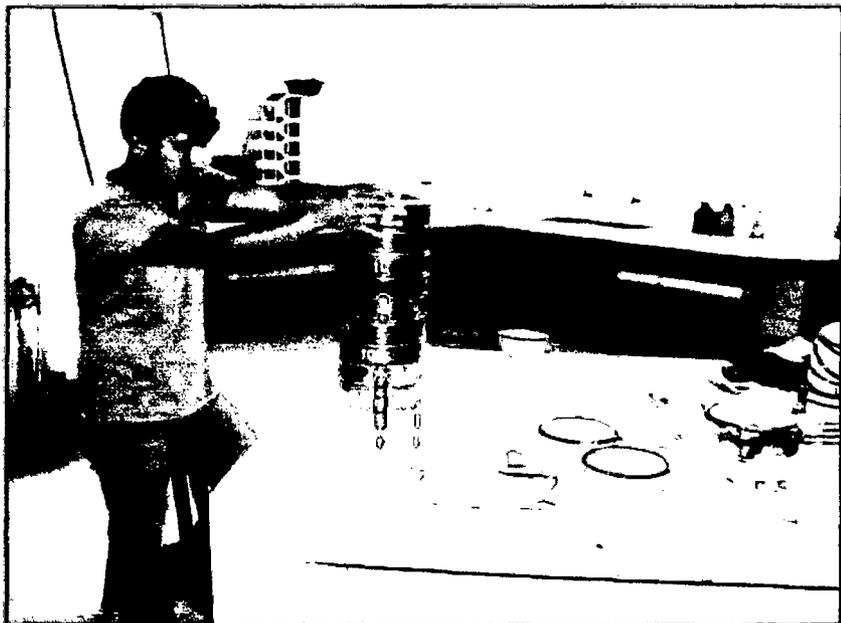
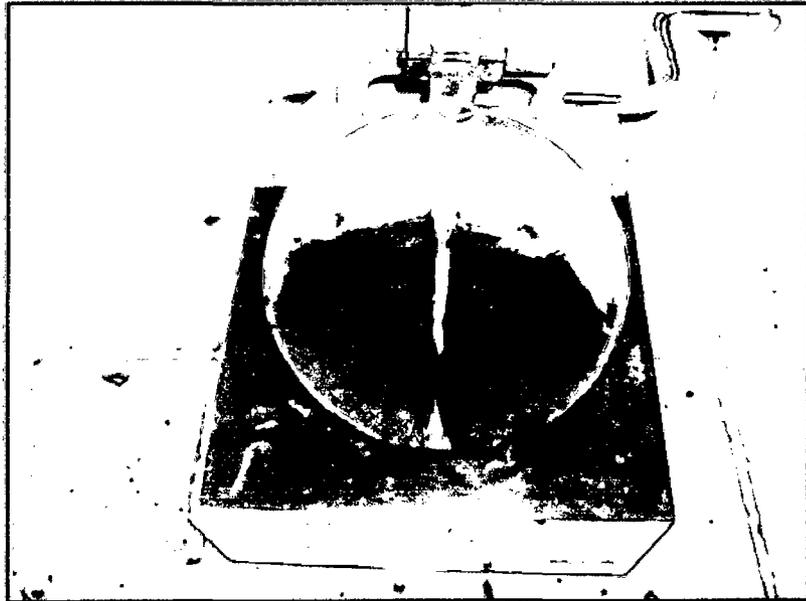


Foto N°13: tamizado de los tipos de suelos encontrados.



- Se hizo 04 ensayos de limite liquido (ASTM-D-4318).

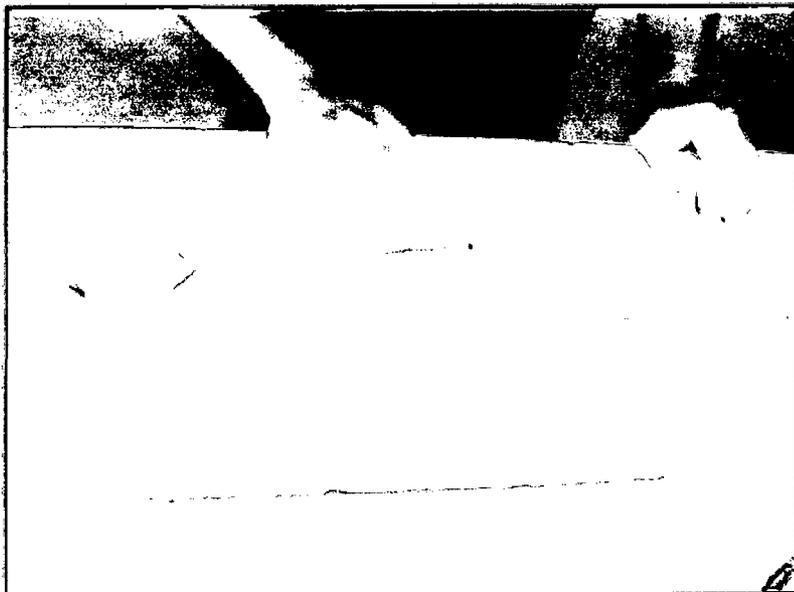
Solo se encontró en la segunda capa de los estratos del suelo.



**Foto N°14:** Ensayo con la copa de Casa Grande

- 04 ensayos de limite plástico (ASTM-D-4318)

Solo se encontró en la segunda capa de estrato del suelo.

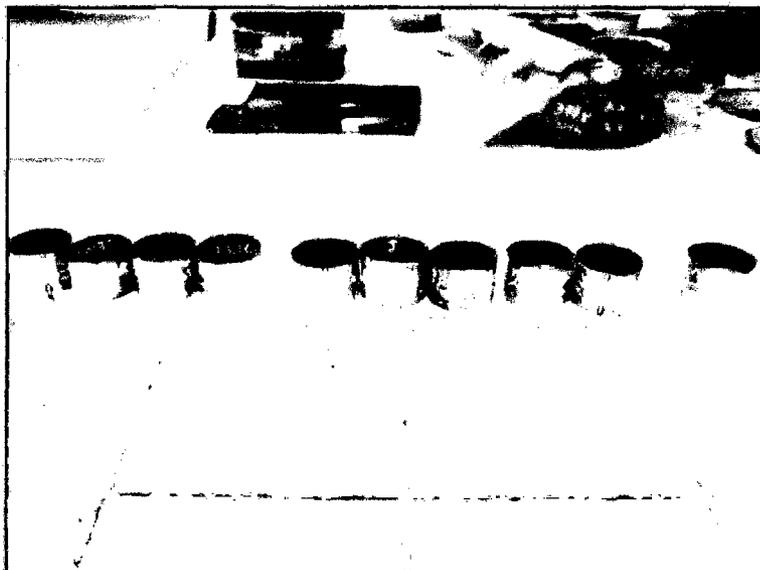


**Foto N°15:** realizando el ensayo de límite plástico que consiste en hacer rollos de 3mm, con el suelo en estudio.



- 04 ensayos de contenido de humedad (ASTM-D-216)

De las muestras tomadas se pudo identificar **4 tipos de estratos** de suelo, los cuales se identifican más adelante en los resultados.



**Foto N°16:** separación de las taras de muestra en los 4 tipos de suelos encontrados

#### 1.1.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS:

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS - ASTM D-2487), los cuales se adjuntan en el **ANEXO B** del informe.

**NOTA:** VER ANEXO B (resultado de los ensayos de laboratorio)

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce lo siguiente:



- El terreno está conformado por depósitos aluviales, transportados por antiguas avenidas del río Lacramarca que cruzaba Chimbote para llegar al Océano Pacífico y a su paso dejaban los sedimentos que hoy en día se encuentran en el área de estudio.

- El suelo en la superficie de 0.50 a 0.90m de profundidad, está constituido por arena con limos (SP - SM) es un suelo suelto saturado de color beige claro y finos no plásticos. A mayor profundidad de 0.90 a 1.60m, el suelo está conformado por arenas limosas (SM) conformada por suelo medio a blando, saturada de color beige oscuro y finos plásticos. De 1.60 a 2.60m de profundidad esta constituido por arena mal graduada con limos (SP - SM), conformada por un suelo blando, saturado de color beige claro; de 2.60 a 3.40m es una arena mal graduada (SP), es un suelo medianamente compacto, saturado de color beige claro. El nivel freático se registró entre 0.70 a 0.75m de profundidad del nivel terreno natural.

A continuación se mostrara el perfil estratigráfico del área de estudio (**Ver Figura N°08**):



PROYECTO	: APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROPOZOS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE		
LUGAR	: I.E. INMACULADA DE LA MERCED	DIRECCION	: A.H. LA BALANZA DEPARTAMENTO: ANCASH
DISTRITO	: CHIMBOTE	PROVINCIA	: SANTA PROFUNDIDAD ALCANZADA : 3.40 m
CALICATA	: C-01	CALICATA	: M-01 NIVEL FREÁTICO : 0.70 m

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION SUCS
0.00	CALICATA			Suelo de relleno, con material de organico, inorganico y material de eliminacion de construccion	
0.50					
0.90	BARRERA	M-1		Arena mal graduada con limos (SP-SM); 3.72% de gravas finas subangulosa; 87.51% de arena media a fina subangulosa y 8.77% de finos no plasticos. Condicion in situ: suelo suelto, humedo de color beige claro	SP - SM
1.60		M-2		Arena limosa (SM); 0.59% de gravas finas subangulosa; 66.35% de arena media a fina subangulosa y 33.06% de finos plasticos, LL=27.25% e IP=3.80% Condicion in situ: suelo blando a medio, humedo a saturado de color beige oscuro	SM OSCURO
2.60		M-3		Arena mal graduada con limos (SP-SM); 0.80% de gravas finas subangulosa; 92.04% de arena media a fina subangulosa y 7.16% de finos no plasticos. Condicion in situ: suelo blando, a medianamente humedo a saturado de color beige claro	SP - SM
3.40		M-4		Arena mal graduada (SP); 7.55% de gravas finas subangulosa; 89.06% de arena media a fina subangulosa y 3.40% de finos no plasticos. Condicion in situ: suelo medianamente compacto, saturado de color beige claro	SP

Figura N°08: Perfil Estratigráfico del Sub-suelo en estudio.



**NOTA:** Según el perfil estratigráfico, podemos concluir:

- La zona más adecuada para colocar el filtro (tubo ranurado) es en un suelo granular (3.40m de profundidad), debido a su permeabilidad, pero para evitar la excesiva cantidad de finos usaremos material de filtro, piedra de 1/4" (confitillo), esto permitirá un mayor aprovechamiento del agua del subsuelo y la no obstrucción de los filtros de PVC.
- El diámetro de nuestro pozo será de 4", por lo que nuestra excavación será manual (barrenos) y usaremos una tubería de PVC de 4", como protector para evitar desmoronamientos internos.

La piedra de filtro que se utilizó fue:

- la que se retuvo en la malla n°10 y paso la malla n°4
- la que paso la malla n°3/8" y retuvo la malla n°4



**Foto N°17:** Tamizado de la piedra filtro



Foto N°18: Piedra filtro tamizada y lavada

Luego estas piedras de filtro, se combinó en proporción de 50%-50%, para garantizar un correcto filtrado de los finos no cohesivos (limo), que se encontraban en contacto entre el filtro de PVC .

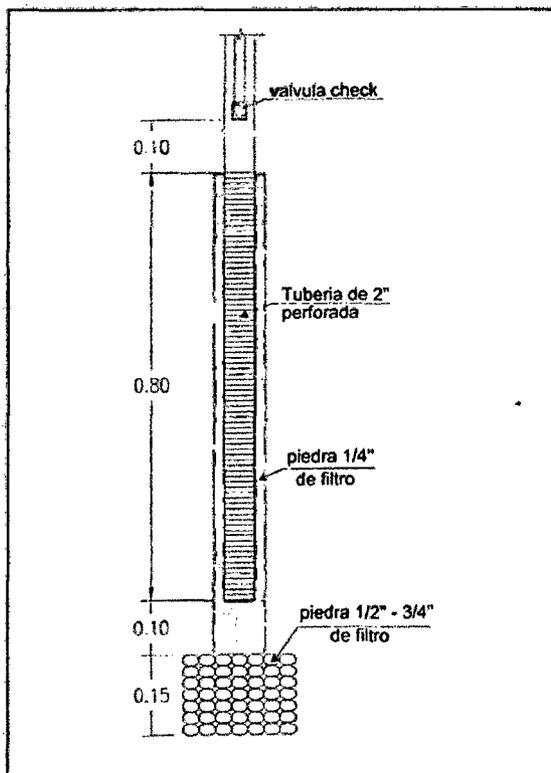


Figura N°09:

Corte transversal de la tubería filtro, donde se aprecia la colocación de la piedra filtro.



## II. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA:

### 2.1 ENSAYOS QUE SE LE REALIZARON AL AGUA:

Se realizaron los ensayos del agua que se extrajo al azar de los micropozos a una profundidad de 3.40m, en el laboratorio de escuela de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, los cuales tuvieron como resultados:

#### 2.1.1 ENSAYO DE SALINIDAD:

Se realizó con un refractómetro ATAGO S-28E (margen de error 0-28%), el cual arrojó un nivel de salinidad de 0.3 partes/mil.

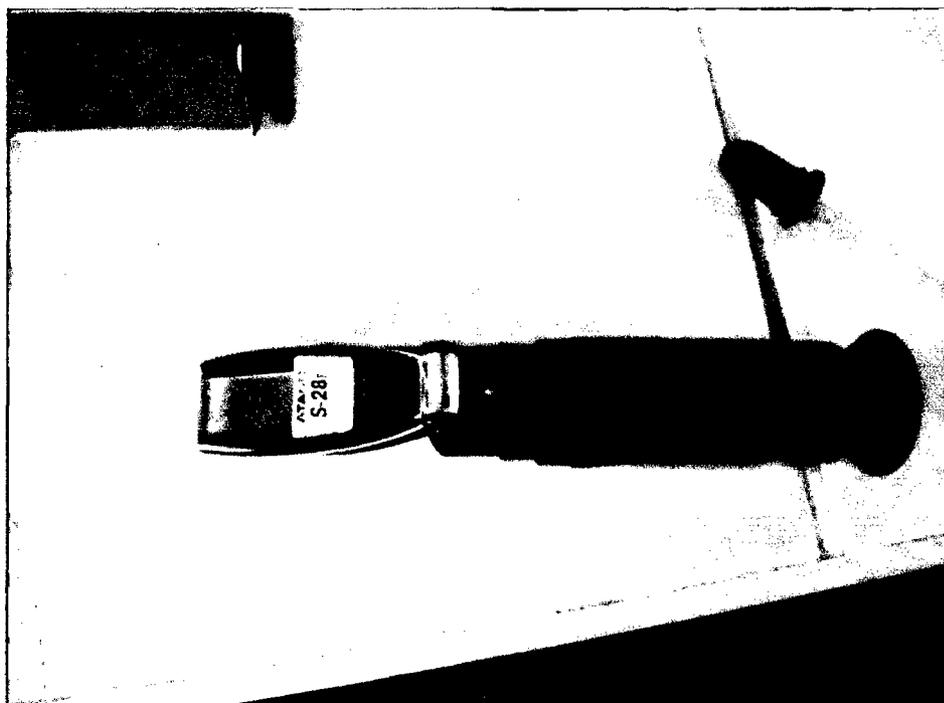


Foto N°19: refractómetro ATAGO S-28E



### 2.1.2 CARGA CELULAR:

Se realizó con un microscopio OLYMPUS CX-31, con un aumento de 40x, obteniendo como resultado:

- Presencia de CIANOBACTERIA SYNECHOCOCCUS (ínfimo).
- Presencia de CLOROPHYTA NANNOCHLOROPSIS (ínfimo).

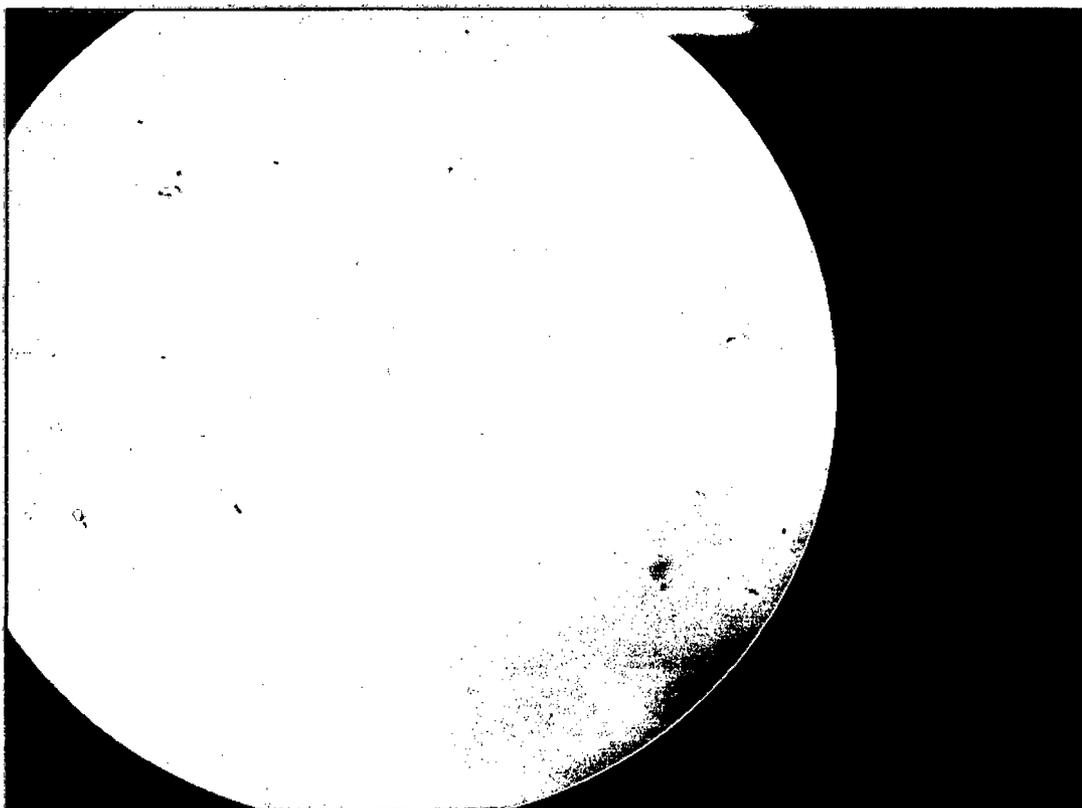


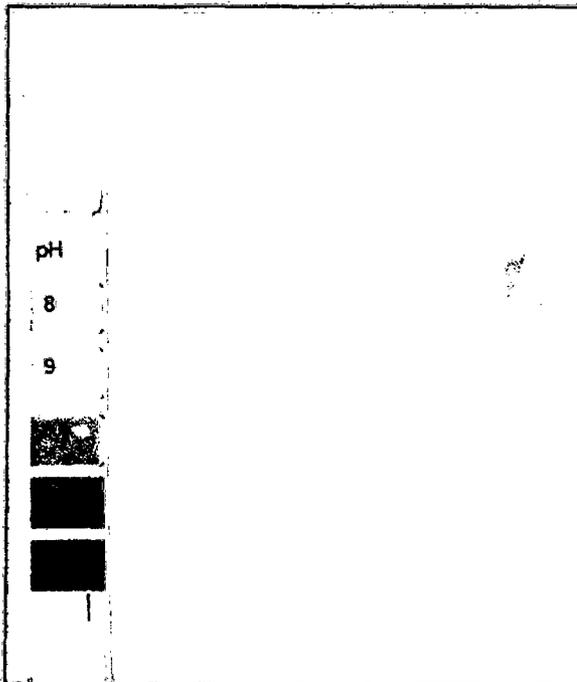
Foto N°20: Carga celular del agua, foto del microscopio OLYMPUS CX-31

### 2.1.3 ENSAYO DE PH:

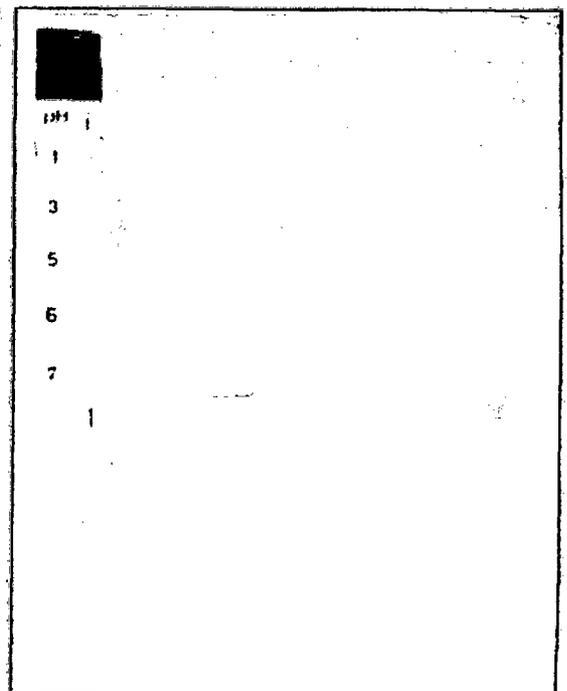
Se realizó (02) dos cálculos para el ensayo del PH:



- Primero se realizó con papel ph y nos arrojó un PH de 7.8 aproximadamente.
- Para corroborar este dato se realizó mediante reactivo y nos arrojó un dato similar, por lo tanto asumimos este valor.

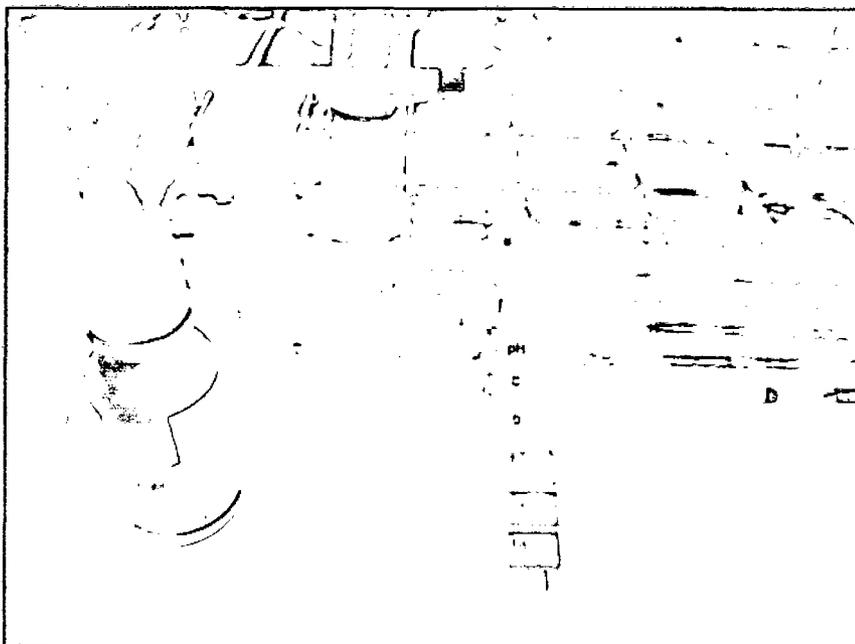


**Foto N°21:** Cálculo de PH con  
papel reactivo

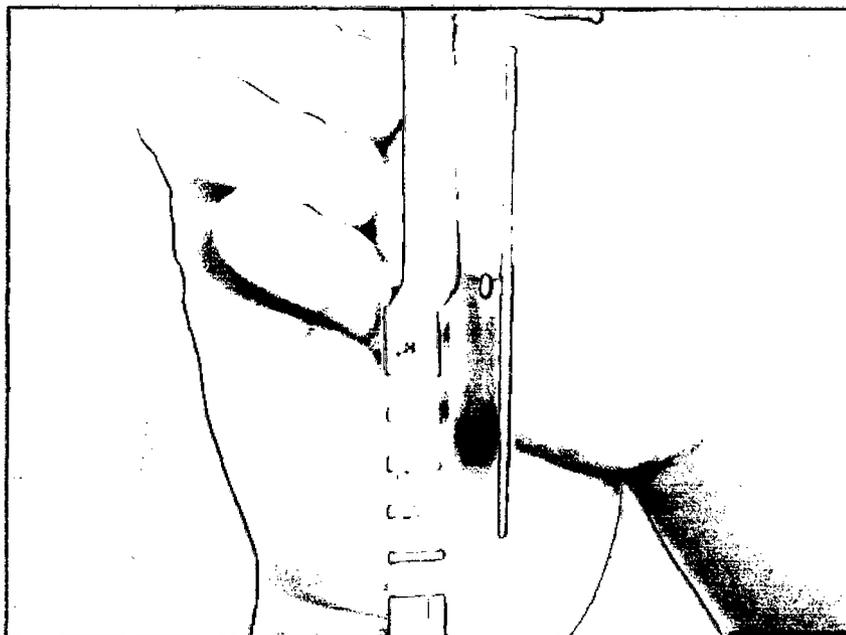




Análisis del PH con reactivo:



**Foto N°22:** Reactivo usado en el cálculo del PH de la muestra del agua del pozo pequeño.



**Foto N°23:** Vista cercana de la muestra de agua con reactivo



## 2.1.4 Análisis Físico-Químico del Agua:

Se realizó mediante reactivos químicos, los cuales son:

AMONIO	0
NITRITO	0.3 mg/lit
NITRATO	5 mg/lit
FOSFATO	0.25 mg/lit

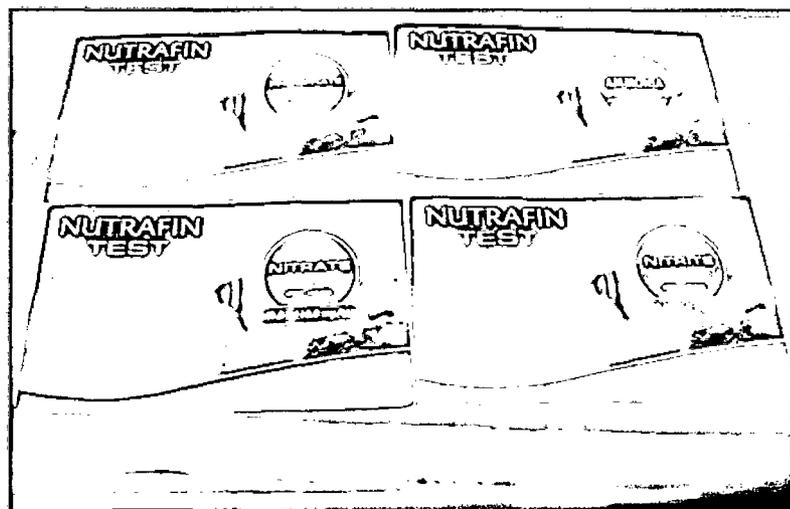


Foto N°24: Sets de juego de reactivos

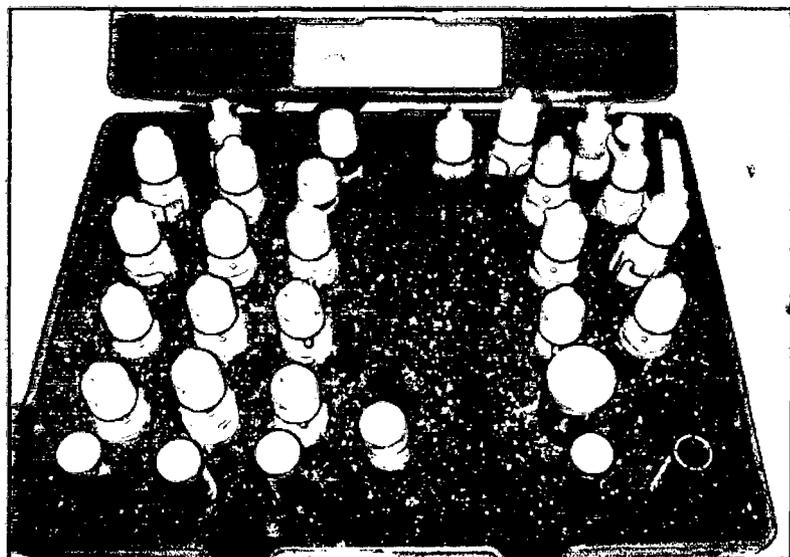


Foto N°25: Sets de reactivos



- **NITRITO:** es de un valor de 0.3 mg/lit, lo que se recomienda es que sea menor de 0.5 mg/lit, los nitritos existentes en un agua pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consume, si se encuentran en una concentración bastante elevada. La enfermedad producida por la ingestión de nitritos se denomina metahemoglobinemia en sangre, que disminuye la capacidad de oxigenación.

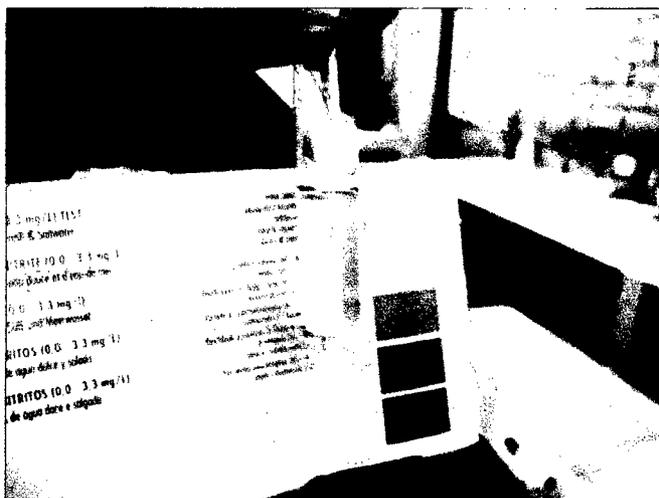


Foto N°26: Utilización de reactivo para el cálculo de nitrito

- **NITRATO:** es de un valor de 5 mg/lit, lo que se recomienda es que sea menor de 50 mg/lit, Los nitratos existentes en el agua son, habitualmente, consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Como contaminantes debido a actividades humanas provienen de contaminación orgánica o de la contaminación por abonos químicos.

La Organización mundial de la salud (OMS), incluye a los nitratos entre los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud. Son peligrosos para concentraciones mayores a 50mg/lit.



El efecto perjudicial de los nitratos se debe a que por acción bacteriana se reducen a nitritos en el estómago, estos pasan a la sangre y son responsables de la formación de metahemoglobina en sangre, que disminuye la capacidad de oxigenación.



Foto N°27: Utilización de reactivo para cálculo de nitrato.

- **FOSFATO:** es de un valor de 0.25 mg/lit, lo que se recomienda es que sea menor de 3.6 mg/lit, Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo ( $PO_4-P$ ) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. Si el crecimiento de algas es excesivo, cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición pueden dar como resultado una alta demanda de oxígeno, agotando el oxígeno presenta en el agua

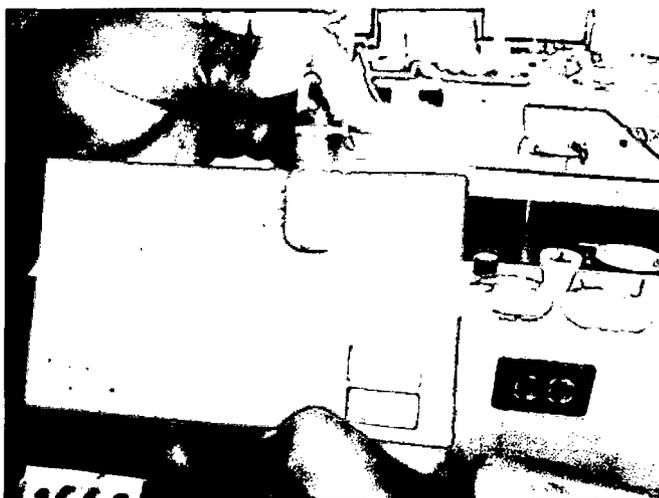


Foto N°28: Utilización de reactivo para cálculo de fosfato.

- **AMONIO:** es de un valor de 0.0 mg/lit. El amoníaco, junto con los nitritos y nitratos, es un típico indicador de contaminación del agua. La presencia de amoníaco indica una degradación incompleta de la materia orgánica. En disolución acuosa se puede comportar como una base y formarse el ion amonio,  $\text{NH}_4^+$ . El amoníaco es fácilmente biodegradable. Las plantas lo absorben con gran facilidad eliminándolo del medio, de hecho es un nutriente muy importante para su desarrollo

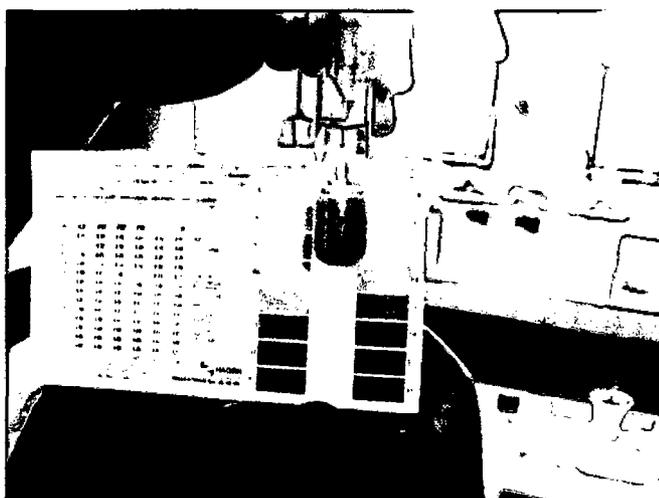


Foto N°29: Utilización de reactivo para cálculo de amonio.



### III. CÁLCULO Y DISEÑO DE MICROPOZOS:

#### 3.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE RIEGO A UTILIZAR:

##### 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET):

Ya que para determinar la evapotranspiración de un cultivo son necesarios diversos parámetros y datos obtenidos en una trabajo de campo, según las condiciones de clima y terreno.

Para nuestro diseño asumiremos un valor de evapotranspiración según los diseños y estudios de ciertos autores para lo que se refiere el tipo de cultivo el cual se piensa sembrar **pasto y grass**, la evapotranspiración según la tabla N° 02, adopta el valor de:

$$ET = 4.95 \text{ mm/día}$$

##### 3.1.2. CÁLCULO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE (ha):

La humedad aprovechable está en función de la textura del terreno; por lo tanto para una textura de arena media y según la Tabla N° 03, se tomará el valor de:

HA esta entre 6.25 y 10.42 (valor aproximado)

$$HA = 100 \text{ mm/m} = 10.00 \text{ cm/m}$$

##### 3.1.3 PROFUNDIDAD RADICULAR (ZR):

Es la profundidad radicular (raíces), para un suelo franco arenoso y un cultivo de pasto y grass, tal como lo indica la Tabla N° 04:

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



### 3.1.4 FACTOR DE APROVECHAMIENTO (f):

Se tomará el valor de acuerdo al tipo de zona, el cual se considera una zona semiárida (pág. 51):

$$f = 0.50$$

### 3.1.5 CÁLCULO DE ABATIMIENTO PERMISIBLE (DPH):

También llamado capacidad de almacenamiento y se calcula de acuerdo a la formula siguiente:

$$DPH = f \times Ha \times ZR$$

$$DPH = 0.50 \times 100\text{mm/m} \times 0.30\text{m}$$

$$DPH = 15.00\text{mm} = 1.50\text{cm}$$

### 3.1.6 EFICIENCIA DE RIEGO (Ea):

Teniendo en consideración la uniformidad de la distribución, las pérdidas por evaporación y el manejo del equipo de riego; tomas la eficiencia de acuerdo a la Tabla N° 05:

$$Ea = 75 \%$$

### 3.1.7 LÁMINA DE RIEGO (D´):

En cada riego la lámina de riego a aplicar, está dado por la siguiente fórmula:

$$D' = \frac{DPH}{Ea} = \frac{15.00 \text{ mm}}{75\%}$$



$$D' = 20.00\text{mm} = 2.00\text{cm}$$

### 3.1.8. INTERVALO O CICLO DE RIEGO (F´):

El ciclo de riego depende de las características del terreno, ya que a mejor calidad de suelo, mayor será la capacidad de retener el agua. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F' = \frac{DPH}{ET} = \frac{15.00 \text{ mm}}{4.95\text{mm/día}}$$

$$F' = 3.03 \text{ días} = 3 \text{ días}$$

Con este intervalo de riego será cada tres (03) días para no llegar al punto de marchitez permanente.

### 3.1.9. TIEMPO REQUERIDO PARA APLICAR UN RIEGO (t):

Está referido o duración necesaria para aplicar la lámina de agua en un intervalo de riego, este número de horas se elige por conveniencia. Se asumirá el valor de:

$$T = 0.50 \text{ horas.}$$



### 3.1.10 CAPACIDAD DEL SISTEMA (Q):

La capacidad total del sistema o caudal necesario es calculada mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{15.7778 \times A \times D}{F' \times T}$$

$$Q = \frac{15.7778 \times 0.014 \text{Ha} \times 2.00 \text{ cm}}{3 \text{días} \times 0.5 \text{ horas}}$$

$$Q = 0.29 \frac{\text{Lt}}{\text{Seg}}$$

*Por lo tanto el caudal obtenido es el que se necesita para irrigar un área de 140m<sup>2</sup>.*



### 3.2 CÁLCULOS PREVIOS DEL MICROPOZO:

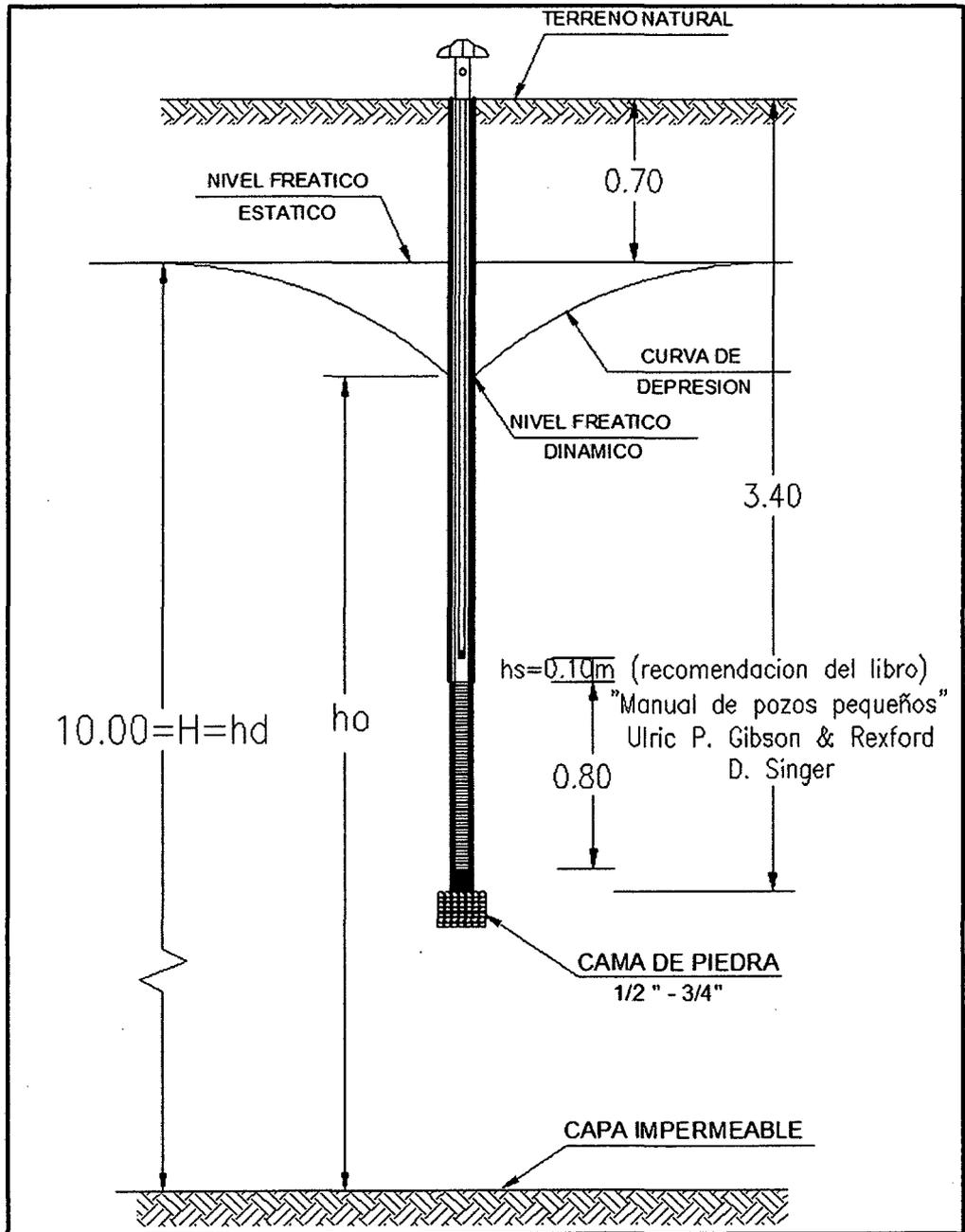


Figura N°10: CORTE TRANSVERSAL DEL MICROPOZO

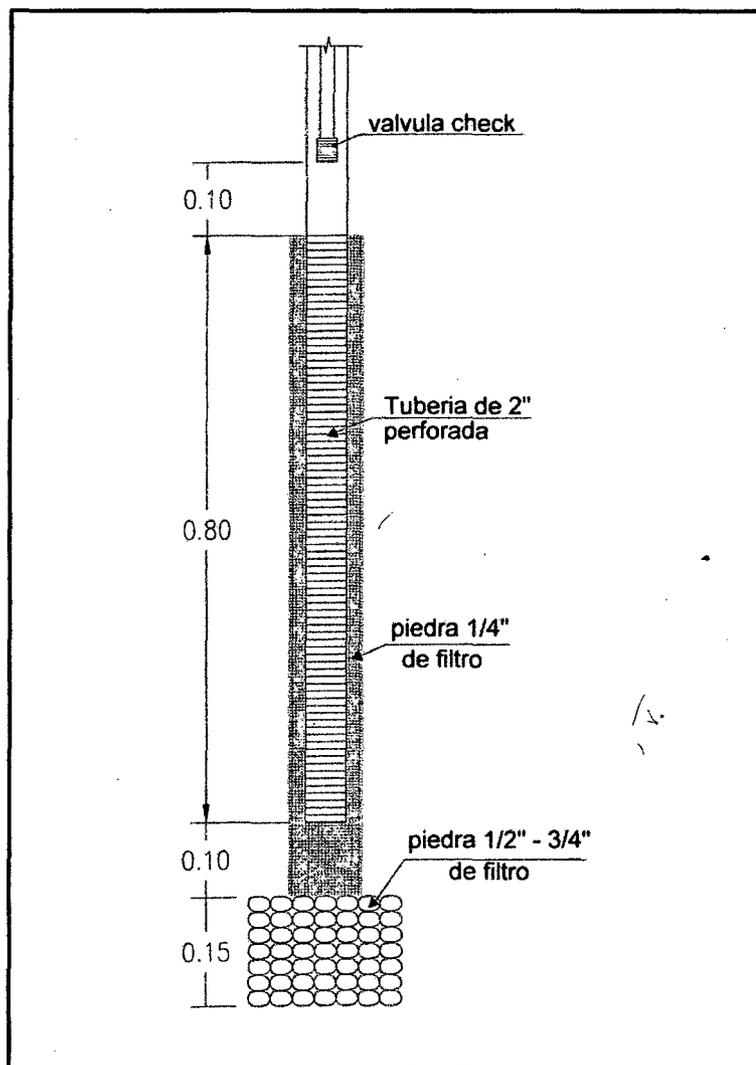


Figura N°11: DETALLE DEL FILTRO Y EL PRE-FILTRO

### 3.2.1 CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD (K) DEL SUB-SUELO:

Se determinará la permeabilidad del terreno en base al estudio granulométrico del suelo (Ver Anexo B).

$$K = 100d^{210} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:  $d^{210}$ , es 0.15mm = 0.015cm (Según curva granulométrica)

Entonces reemplazando en la formula 1, obtenemos la permeabilidad (k):

$$K = 0.0225\text{cm/seg} = 0.000225\text{m/seg.}$$



### 3.2.2 CÁLCULO DE LA ALTURA DE AGUA EN EL POZO ( $h_o$ ):

Se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$h_d = h_o \left[ \frac{1.48}{L} (H - h_o) + 1 \right] \dots\dots\dots (2)$$

Donde: H = Altura de la napa freatica, hasta la capa impermeable del sub-suelo.

H = 10m (Se asume este dato, por motivos de cálculo).

Ademas:  $H = hd$  (Por motivo de ejecucion de pozos simples y no de Wellpoint).

Nota:  $L > H$  (Entonces asumiremos un valor de 14m, por cálculo).

Reemplazando datos en la ecuacion 2, tenemos:

$$h_o = 9.46m$$

**Por lo tanto:** La longitud de agua teorica ( $K1$ ) en metros del pozo, es según la Figura N°09 y el  $h_o$  obtenido, es:

$$K1 = 2.16m$$

### 3.2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL TEÓRICO POR POZO DE AGUA ( $Q_w$ ):

$$Q_w = K1 Q_p \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_p = \left( \left( 0.73 + \frac{0.27(H - h_o)}{H} \right) \frac{k}{2L} (H^2 - h_o^2) \right) \dots\dots\dots (4)$$

Primero en la ecuación (4) obtenemos:  $Q_p = 0.063 \text{ lts/seg/m}$

Según la ecuación (3), nos da como resultado final:

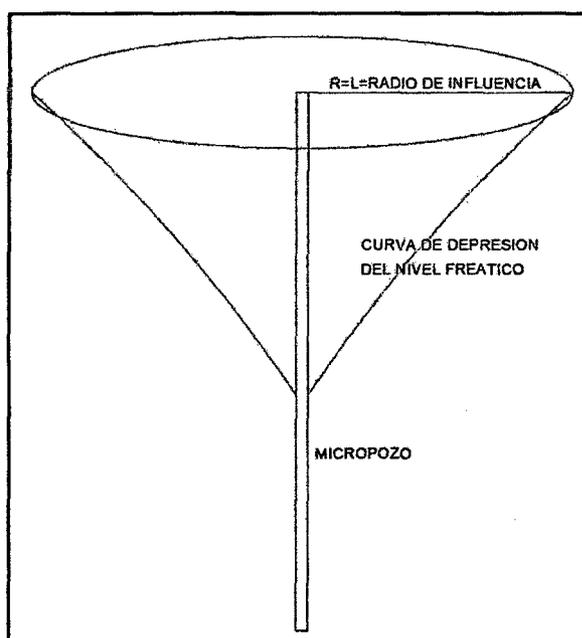
$$Q_w = 0.14 \text{ lts/seg.}$$



**NOTA:** *Por lo tanto tenemos que un pozo proporciona 0.14 lts/seg teóricamente, y como necesitamos un caudal de riego que nos demanda 0.29 lts/seg. Entonces se ejecutarán 02 pozos para satisfacer el caudal de riego teórico antes calculado, el cual se comprobó en campo.*

### 3.2.4 CÁLCULO DE DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE LOS POZOS PEQUEÑOS:

La separación de los 02 micropozos, se basa en función del radio de la curva de depresión, cuando los pozos están en funcionamiento. La intersección de las curvas de depresiones para más de 02 pozos, causa el abatimiento del nivel freático; sin embargo, por motivos de utilización de los pozos, asumiremos que ambas curvas no se intercepten, por lo que geoméricamente la separación de los pozos es  $2R$ .



**Figura N°12:** Radio de influencia del pozo.



$$R = C(H - h_o)\sqrt{k} \dots\dots\dots (5)$$

Dónde: R= Radio de influencia de la curva de depresión en metros.

C = 30 (Para pozos simples)

C = 15 o 20 (Para wellpoint)

Reemplazando datos, obtenemos un radio de **R= 2.75m**

Por lo tanto, para que las curvas de depresión no se junten, la distancia de separación de los 02 micropozos será de **6m**.

### 3.3 CÁLCULO DE TUBERÍAS DE SUCCIÓN E IMPULSIÓN:

- **TUBERÍA DE IMPULSIÓN:**

Según la fórmula de BRESSE:

$$\phi_i = 1.2 x (t)^{1/4} x \sqrt{Q_b} \quad (\text{Fórmula para un bombeo discontinuo})$$

$$t = \frac{\text{tiempo de bombeo}}{24}$$

$$Q_b = \text{caudal de bombeo} \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

Asumiremos un tiempo de bombeo de media hora, obtenemos:

$$t = \frac{0.5}{24}$$

$$Q_b = 0.00029 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Luego reemplazando datos en la formula, se obtiene un diámetro de:

$$\phi_i = 0.0078 \text{ m} = 0.31 \text{ pulgadas} = \mathbf{1/2''} \quad (\text{Diámetro de Impulsión})$$



### • TUBERÍA DE SUCCIÓN:

La tubería de succión será el diámetro inmediato superior, por lo tanto será 3/4" (Diámetro de Succión).

Ahora hallamos su velocidad:

$$V_s = \frac{\text{Caudal}}{\text{Area}}$$

$$V_s = \frac{0.0003}{\frac{(0.01905)^2 \times \pi}{4}}$$

$$V_s = 1.052 \text{ m/s}$$

Esta dentro de lo que especifica el reglamento:

$$0.6 \text{ m/s} \leq V_s < 1.9 \text{ m/s}$$

Ahora si se usara tubería de una pulgada para la succión (1")

$V_s = 0.59 \text{ m/s}$ , este valor está casi por el mínimo recomendado, por lo tanto usaremos la tubería de 3/4 "

### 3.4 CÁLCULO DE LA BOMBA:

**Determinación de Perdidas de Carga en la Red de Tuberías:**

***Perdidas por succión:***

Determinación, según HAZEN:

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}}}$$

Usamos los datos:

$$Q = 0.00029 \text{ m}^3/\text{s}$$

$C = 150$  para tuberías nuevas de P.V.C., según el R.N.E. (O.S. 010)

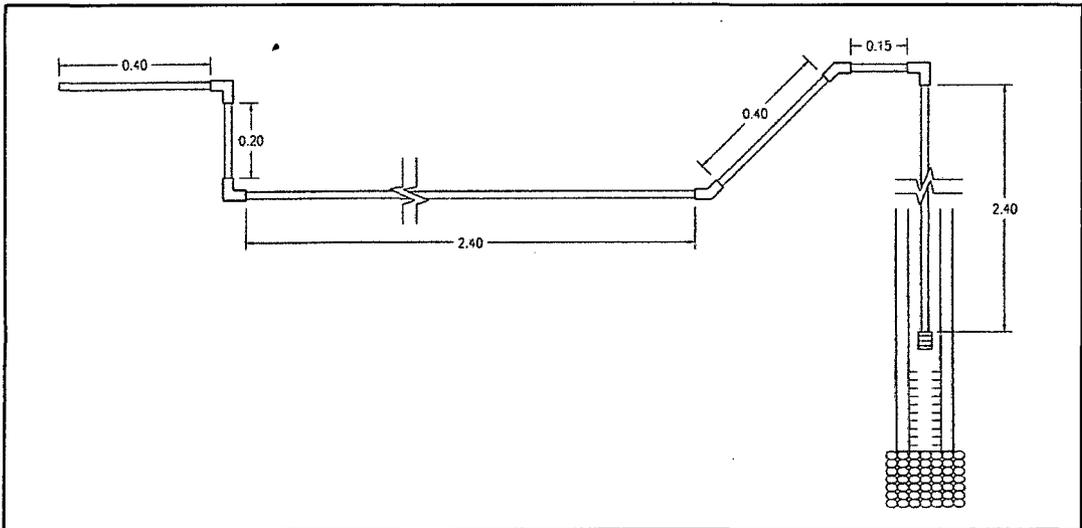
$$D = 0.01905 \text{ m (3/4")}$$



Reemplazando los datos en (S), obtenemos:

$$S = 0.0668$$

- Hallando la longitud de la tubería de succión (3/4"), según la FiguraN°13:  
 (El esquema es solo de un tramo; sin embargo, son 02 los tramos los cuales se conectan a la electrobomba).



**FiguraN°13: Un tramo de la línea de Succión**

*PERDIDAS EQUIVALENTES:*

- 6 codos 90° = 0.7m x 6 = 4.20 m
- 4 codos 45° = 0.3 m x 4 = 1.20 m
- 1 Tee = 0.4 m = 0.40 m
- 1 válvula check de 3/4" = 5.60 m
- 1 válvula check de 1" = 7.30 m
- Línea recta (2 pozos) = 22.60

-----  
**40.90 m**



Calculando la pérdida de carga por succión, tenemos:

$$H_{fs} = S \times L = 0.0668 \times 40,90 = 2.73 \text{ m}$$

**Perdidas por impulsión:**

Determinación, según HAZEN:

$$S = \frac{0.54 \sqrt{Q}}{\sqrt{0.2785 \times C \times D^{2.63}}}$$

Usamos los datos:

$$Q = 0.00029 \text{ m}^3/\text{s}$$

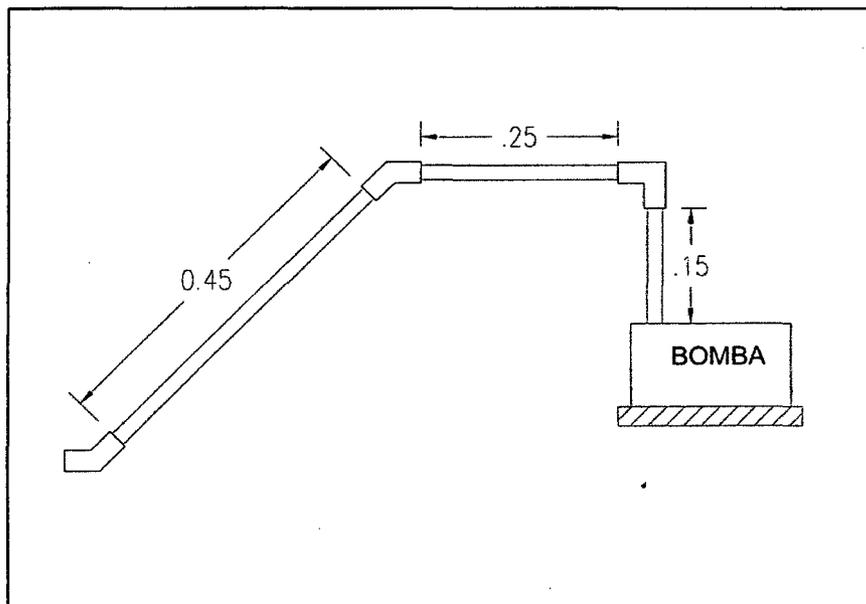
$C = 150$  para tuberías nuevas de P.V.C, según el R.N.E (O.S. 010)

$$D = 0.0127 \text{ m (1/2")}$$

Reemplazando lo datos:

$$S = 0.4812$$

Calculando la longitud de la tubería de impulsión (1/2"):



**Figura N°14:** Un tramo de la línea de Impulsión

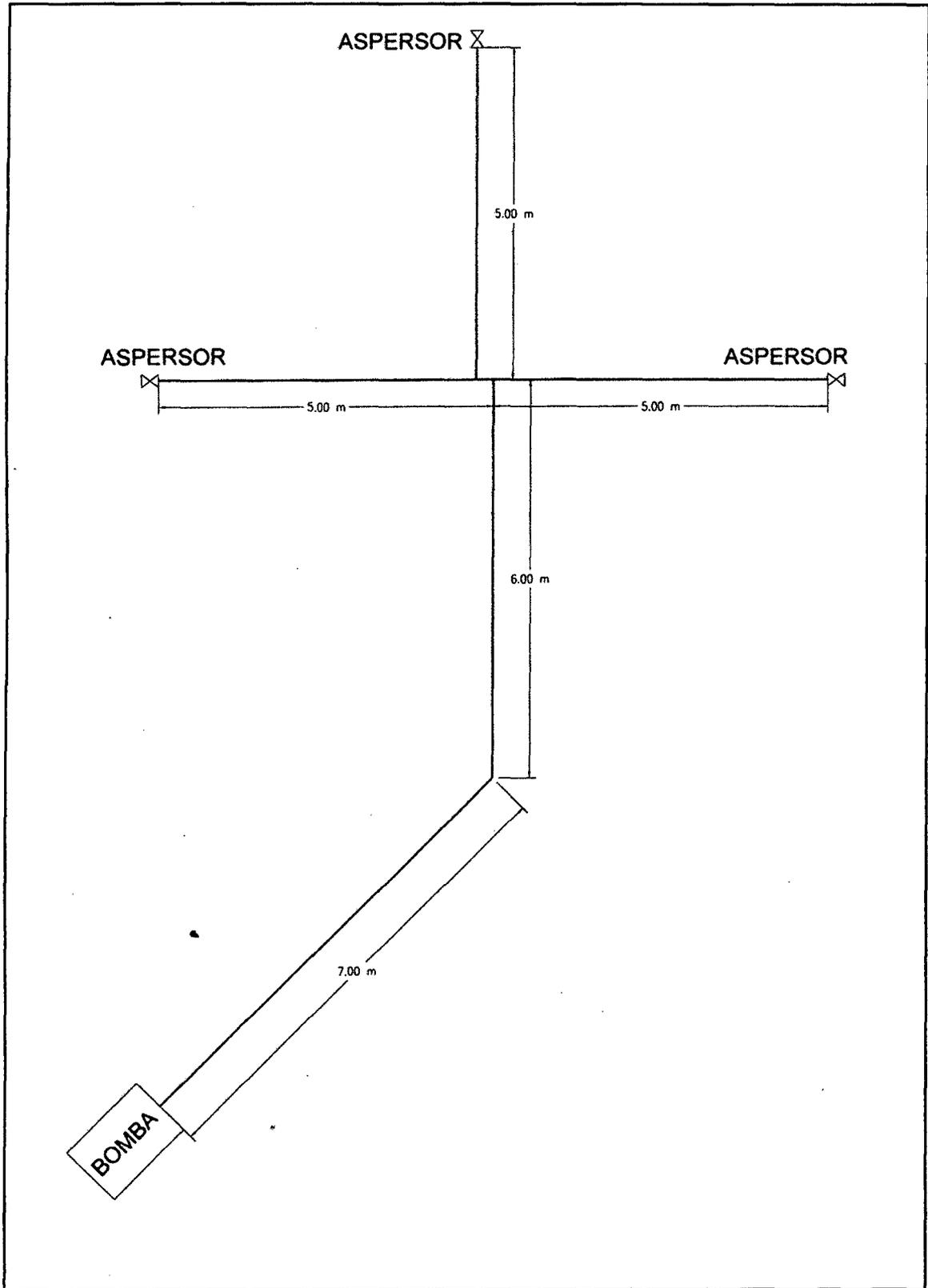


Figura N°15: Ramal de la línea de Impulsión



*PERDIDAS EQUIVALENTES:*

- 1 codos 90°	= 0.5 m x 1	= 0.50 m
- 3 codos 45°	= 0.2 m x 3	= 0.60 m
- 2 Tee	= 0.3 m x 2	= 0.60 m
- Línea recta		= 28.00 m
		-----
		29.70 m

Calculando la pérdida de carga por succión, tenemos:

$$H_{fs} = S \times L = 0.4812 \times 29.70 = \mathbf{14.29 \text{ m}}$$

Calculando la altura dinámica total (HDT):

$$HDT = \text{altura de los pozos} + H_{fs} + H_{fi}$$

$$HDT = (2.40 \times 2 + 0.40) + 2.73 + 14.29$$

$$\mathbf{HDT = 22.22 \text{ m}}$$

Según la expresión:

$$Potencia = \frac{Q_{bombeo} \times HDT}{75 n}$$

$$Q_{bombeo} = 0.29 \text{ lt/seg}$$

Donde  $n$  es la eficiencia de la bomba a calcular, el cual se obtiene mediante la Figura N° 16.

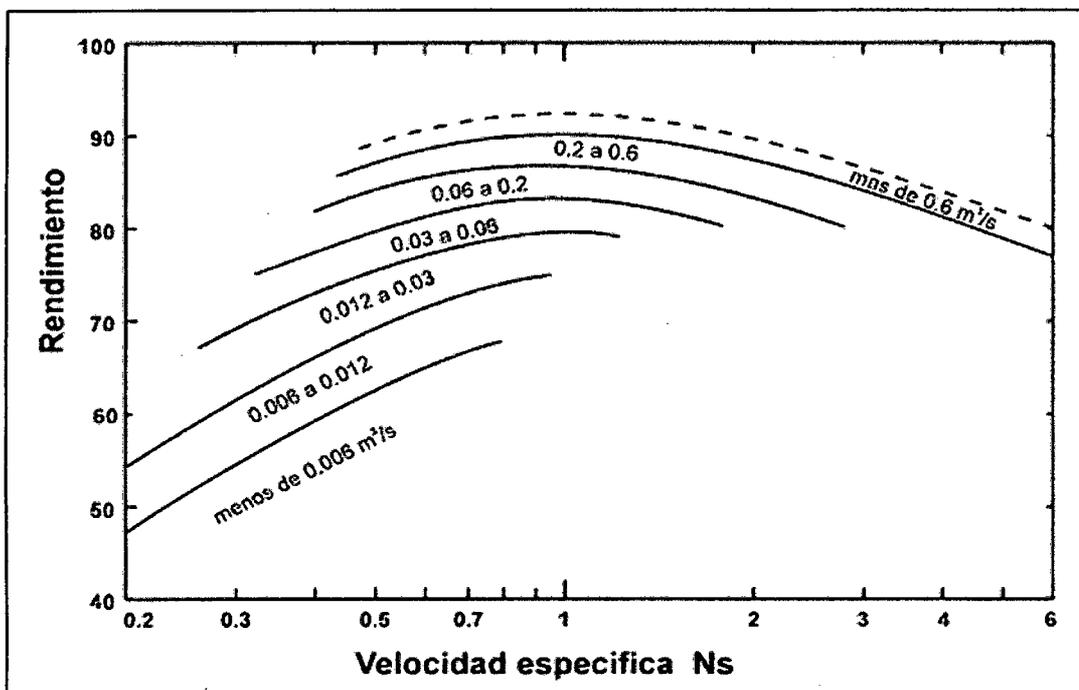


Figura N°16: Relación de Eficiencia de la Bomba con la Velocidad del Flujo

Teniendo el ábaco de la figura adoptamos la eficiencia "n" de la bomba igual a 0.67.

Con los datos obtenidos, reemplazamos en la expresión para el cálculo de potencia de la bomba:

$$HDT = 22.22 \text{ m}$$

$$Q = 0.29 \text{ lt/seg (Caudal teórico de riego)}$$

Por lo tanto tenemos: **Potencia = 0.13 HP**, adoptando una potencia comercial de **0.5 HP** (potencia teórica).

**Nota:** Ver ANEXO C, características de la electrobomba.



#### IV. CÁLCULOS CON DATOS OBTENIDOS EN EL CAMPO:

##### 4.1 CÁLCULO DEL CAUDAL REAL EN CAMPO:

Tomando las mediciones del caudal en campo, se obtuvieron los siguientes datos:

CUADRO N°01: Mediciones del Caudal Real

N°	TIEMPO (Segundos)	VOLUMEN (litros)
1	8.54	4
2	8.58	4
3	8.46	4
4	8.50	4
5	8.57	4

Sacamos un promedio de los tiempo y obtenemos un promedio de 8.53 segundos para llenar 4 litros

Por lo tanto en **caudal real** fue:

$$Q = 0.4689 \text{ litros} = \mathbf{0.47 \text{ litros/seg}}$$

Desviación estándar = 0.05

##### 4.2 CÁLCULO DE ELECTROBOMBA REAL:

Datos:

$$\text{Caudal real} = 0.47 \text{ litros / seg}$$



Diámetro de tubería de succión = 3/4 "

Diámetro de tubería de impulsión = 1/2 "

• **Perdidas por Succión:**

Según Hazen:

$$S = \frac{0.54 \sqrt{Q}}{\sqrt{0.2785 \times C \times D^{2.63}}}$$

Usamos los datos:

$$Q = 0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$$

C = 150 para tuberías nuevas de PVC, según el RNE (O.S. 010)

$$D = 0.01905 \text{ m (3/4")}$$

Reemplazando lo datos, tenemos:

$$S = 0.1633$$

• Longitud equivalente de tubería de succión (3/4"):

- 6 codos 90° = 0.7m x 6 = 4.20 m
- 4 codos 45° = 0.3 m x 4 = 1.20 m
- 1 Tee = 0.4 m = 0.40 m
- 1 válvula check de 3/4" = 5.60 m
- 1 válvula check de 1" = 7.30 m
- Línea recta (2 pozos) = 22.60 m

-----  
41.13 m

Calculando la pérdida de carga por succión:

$$H_{fs} = S \times L = 0.1633 \times 41.13 = \mathbf{6.72 \text{ m}}$$



• **Perdidas por Impulsión:**

Según Hazen:

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}}}$$

Usamos los datos:

$$Q = 0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = 150 \text{ para tuberías nuevas de PVC, según el RNE (O.S. 010)}$$

$$D = 0.0127 \text{ m (1/2")}$$

Reemplazando lo datos:

$$S = 1.1767$$

• Longitud equivalente de tubería de impulsión (1/2"):

- 1 codos 90° = 0.5 m x 1 = 0.50 m
- 3 codos 45° = 0.2 m x 3 = 0.60 m
- 2 Tee = 0.3 m x 2 = 0.60 m
- Línea recta = 28.00 m

-----  
29.70 m

Calculando la pérdida de carga por succión:

$$H_{fs} = S \times L = 1.1767 \times 29.70 = \mathbf{34.95 \text{ m}}$$

• Calculando la altura dinámica total (HDT):

$$HDT = \text{altura de los pozos} + H_{fs} + H_{fi}$$

$$HDT = (2.40 \times 2 + 0.40) + 6.68 + 34.95$$

$$HDT = \mathbf{46.83 \text{ m}}$$



Hallando la potencia de la bomba:

$$Potencia = \frac{Q_{bombeo} \times HDT}{75 n}$$

$$Q_{bombeo} = 0.47 \text{ lt/seg}$$

n = eficiencia de la bomba

Según la Figura N°13, la eficiencia "n" de la bomba es igual a 0.67.

Con los datos:

$$HDT = 46.83 \text{ m}$$

$$Q = 0.47 \text{ lt/seg}$$

$$Potencia = 0.438 \text{ HP} = \mathbf{0.5 \text{ HP}}$$
 (potencia de campo)

#### 4.3 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE RIEGO DEL ASPERSOR:

Según la bomba que se utilizó en el desarrollo del ensayo, tenemos:

Marca City pumps 0.5 HP (altura de impulso = 90m).

**NOTA:** (Ver especificaciones en **ANEXO D**)

Calculamos la diferencia que queda de presión:

$$90 - HDT = 90 - 46.83 = 43.17 \text{ m.c.a.}$$

Ahora esto lo transformamos a PSI

$$10.33 \text{ m.c.a.} = 1 \text{ atm}$$

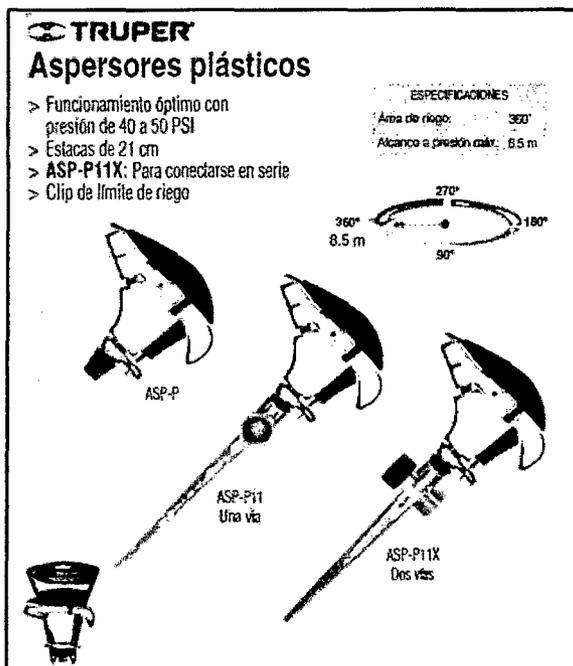
$$1 \text{ atm} = 14.7 \text{ PSI}$$



Entonces transformamos los 43.17 mca que tenemos disponibles a PSI:

$$43.17 \text{ m.c.a.} = 61.43 \text{ PSI}$$

El aspersor que se utilizó, fue el de marca **TRUPER ASP-P11**.



Un aspersor de esta marca necesita de 40 – 50 PSI para que su radio tenga un alcance máximo de 8.5 m, nosotros tenemos 3 aspersores entonces dividimos la presión que disponemos entre 3 y nos da:

$$\frac{61.43}{3} = 20.47 \text{ PSI}$$

**Figura N°17: ASPERSORES**

Entonces por regla de tres simple:

Si este aspersor necesita 50PSI, para que alcance su máximo alcance que es 8.50 metros, para nuestra presión de 20.47 PSI, el alcance de cada aspersor será de:

$$\text{Radio de chorro} = 3.48 \text{ m}$$

Por lo tanto este dato fue corroborado en campo, siendo este el promedio de radio de alcance de cada aspersor.



El caudal es de 0.47 lt/seg, por lo tanto a cada uno de los tres aspersores, se le suministra alrededor de **0.16 lt/seg**.

$$0.16 \text{ lt / seg} = 576 \text{ lt /hr}$$

En total para los 3 aspersores será **1758 lt / hr**

#### **4.4 CÁLCULO DEL CONSUMO MÁXIMO TRANSFORMADO, DE LA SUPERFICIE TRANSFORMADA, DE LA PLUVIOMETRÍA Y DEL TIEMPO DE RIEGO:**

Se operará de la siguiente manera:

##### **4.4.1. CÁLCULO DEL CONSUMO MÁXIMO TRANSFORMADO, SI EL SISTEMA DE RIEGO ES POR ASPERSIÓN:**

Se sigue el siguiente ejemplo, se instalará:

- 3 aspersores de 90° X 340 l/h de consumo.
- 2 aspersores de 180° X 680 l/h de consumo.

La cantidad de agua aportado al suelo por un aspersor de 90° es la mismo que aporta un aspersor de 180°, y la misma que arroja uno de 360° (1360 l/h), ya que el consumo es proporcional al ángulo que abarca. Mientras un aspersor de 360° pasa su chorro una sola vez por la zona de riego arrojando 1360 l/h, un aspersor de 90° pasa 4 veces, arrojando también 1360 l/h (340 l/h X4). Por lo tanto es aconsejable calcular el "volumen máximo transformado", que es el consumo que



tendría un aspersor de 360°. En resumen, cualquier cálculo se referirá a aspersores de 360°, aunque no se instale ninguno de estos.

#### 4.4.2 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE TRANSFORMADA REGADA POR UN ASPERSOR:

Que coincidirá con la superficie del marco o disposición utilizada.

En los ejemplos propuestos el marco será un rectángulo oblicuo de 12 m entre filas de aspersores y 10 m entre estos (12 X 10 m), resultando 120 m<sup>2</sup>.

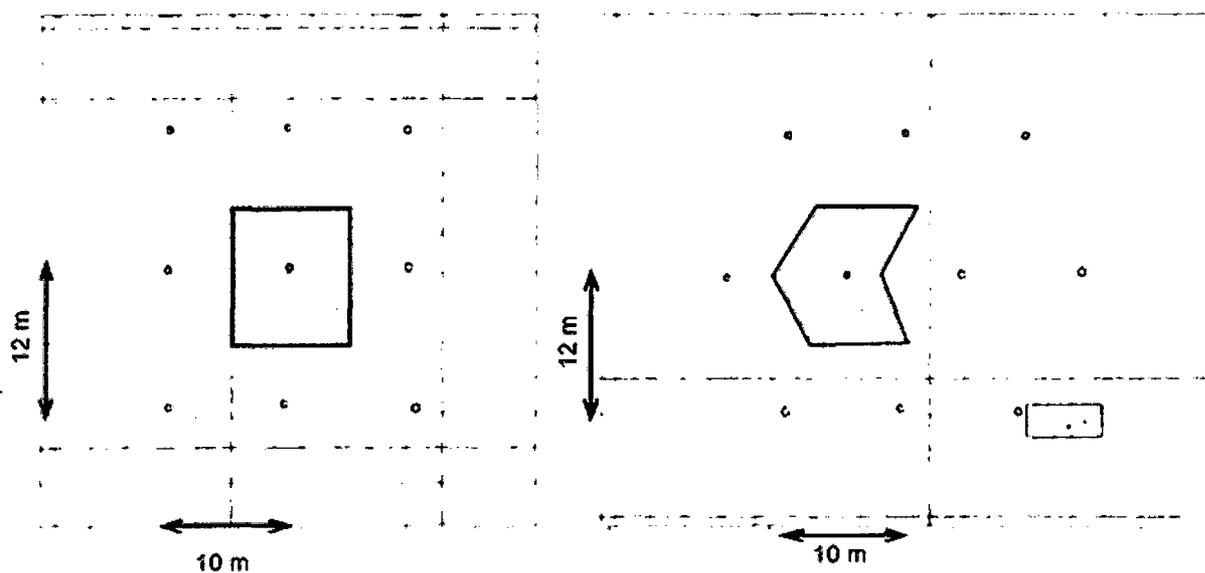


Figura N°18: ÁREA TRANSFORMADA REGADA POR UN ASPERSOR

#### 4.4.3 CÁLCULO DE LA PLUVIOMETRÍA O INTENSIDAD DE LLUVIA:

Cálculo de la pluviometría; que es la intensidad de agua aportada al suelo por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) en cierta unidad de tiempo, se expresa en (mm/hr) o (lt/m<sup>2</sup>/hora)



$$P = \frac{Qa}{S}$$

Dónde:

Qa = Caudal del aspersor de 360° en l/h.

S = Superficie transformada regada en m<sup>2</sup>.

Por tanto.

$$P = 1360 \text{ (lt/h)} / 120 \text{ m}^2 = 11,33 \text{ lt/m}^2/\text{hora.}$$

Para nuestra investigación, tenemos:

Q = 576 lt/hora (caudal por aspersor)

Área = 140 m<sup>2</sup> (Área de riego del proyecto) / 3 (N° aspersores)

En donde el área para cada aspersor es de 46.7 m<sup>2</sup>, por tanto en nuestra investigación cada aspersor necesita

$$P = 576 \text{ (lt/h)} / 46.7 \text{ m}^2 = 12,33 \text{ lt/m}^2/\text{hora}$$

#### 4.4.4. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RIEGO:

$$Tr = ND/P.$$

Dónde:

ND = Necesidades diarias de agua en mm/día.

P = Pluviometría en mm/h.



Supongamos que vamos a sembrar grass en toda el área, para lo cual este necesita de 6-8 lt/m<sup>2</sup>/día o es lo mismo de decir que necesita 6-8 mm/día.

Por lo tanto para el ejemplo y para el caso más crítico que es de

$$Tr = 8 \text{ (mm/día)} / 12,33 \text{ (mm/h)} = 0,650 \text{ horas} = \mathbf{39 \text{ minutos.}}$$



## V. DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MICROPOZOS:

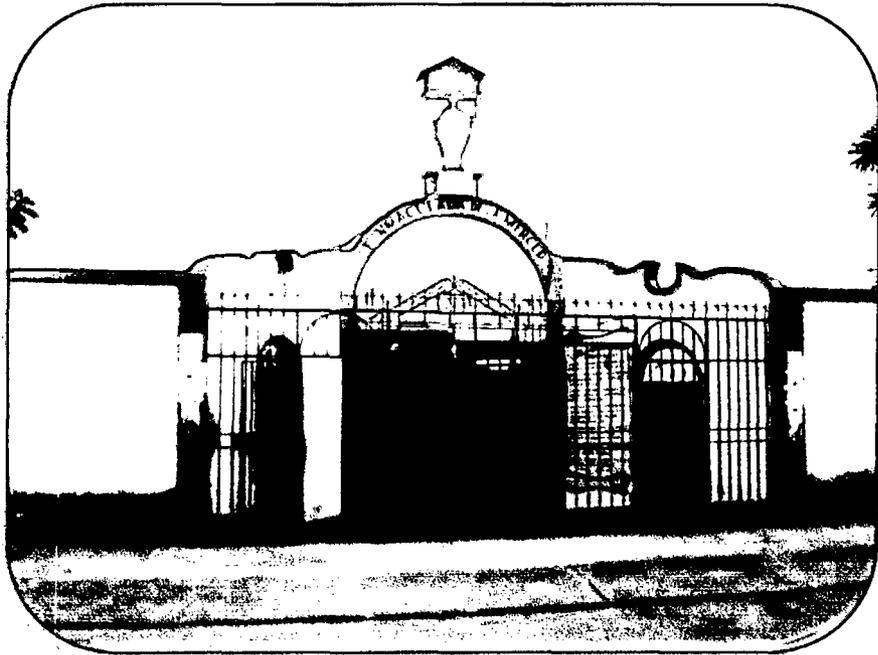


FOTO N°30: Lugar de exploración, colegio Inmaculada de la Merced

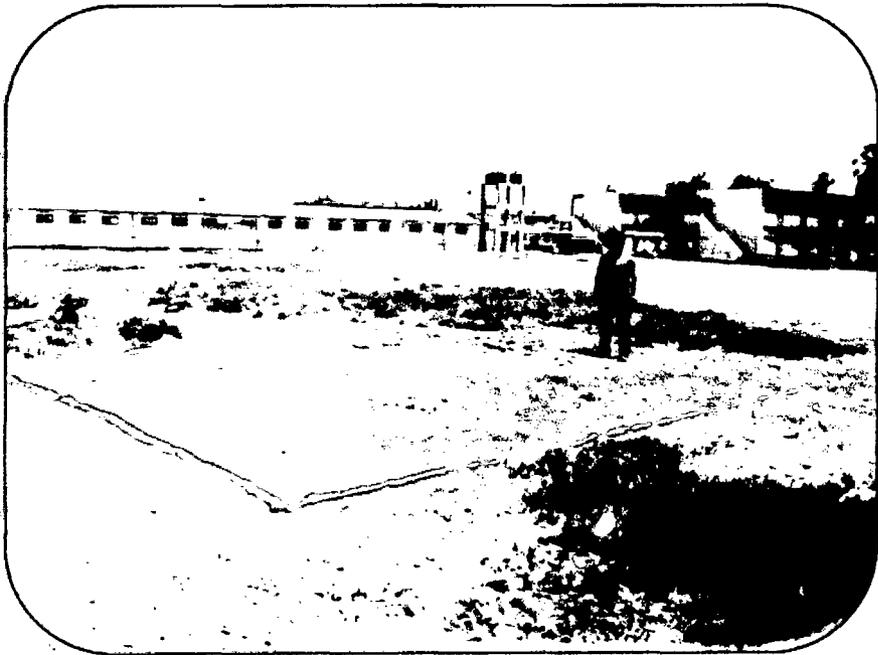
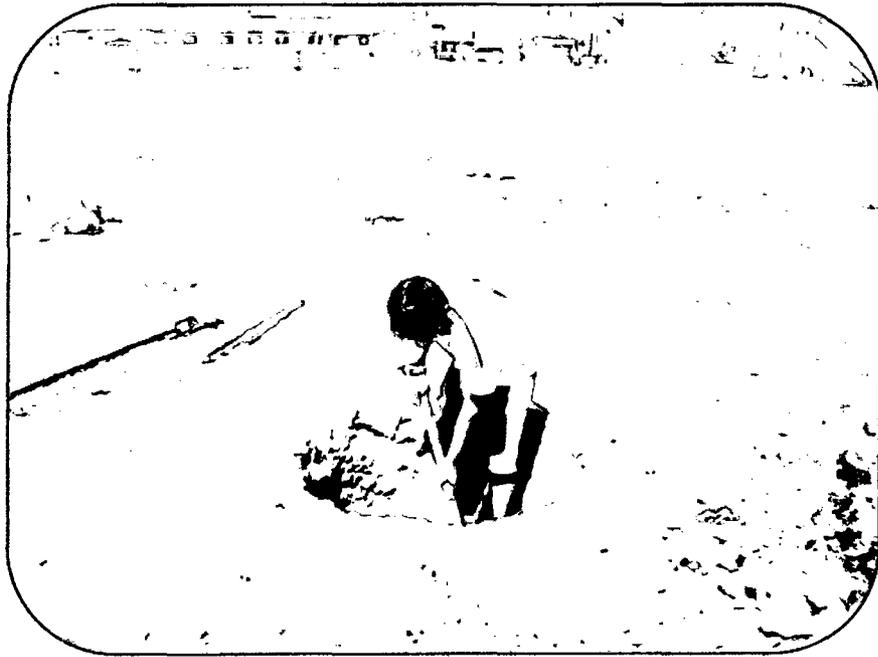


FOTO N°31: Delimitación lugar de trabajo, en este caso fue de 7m x 7m



**FOTO N°32:** Hacer una calicata hasta encontrar el nivel freático



**FOTO N°33:** Se realiza un barrenado de muestreo, para realizar el estudio granulométrico correspondiente del sub-suelo.



**FOTO N°34:** Toma de muestras del suelo, se hicieron cada 0.25 m



**FOTO N°35:** El nivel freático se encontraba a 0.70m de profundidad



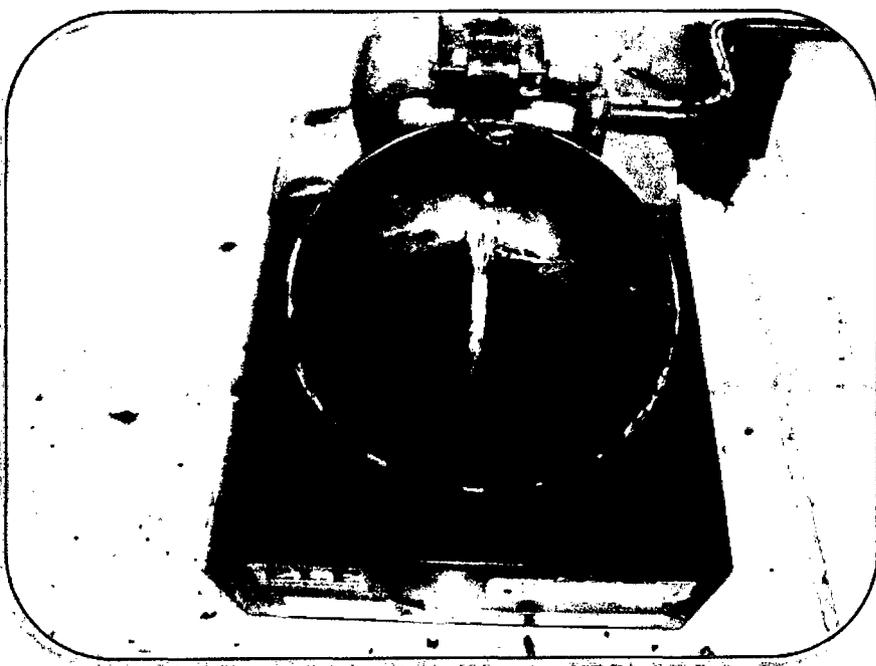
FOTO N°36: Haciendo las pruebas granulométricas



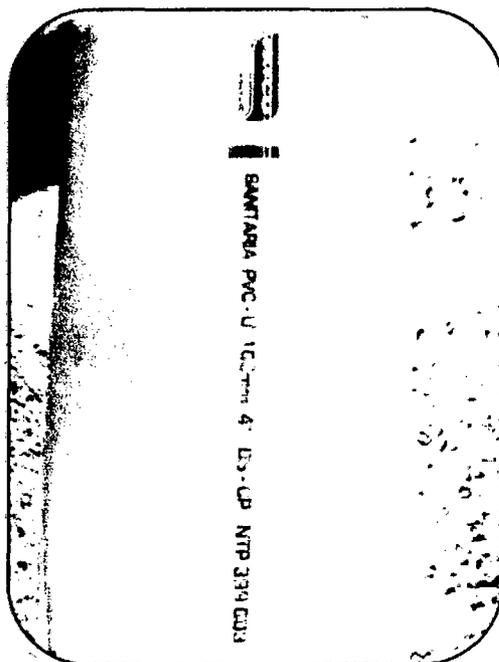
FOTO N°37: Aquí se observa todas las muestras que se tomaron a diferentes profundidades, clasificándolas en cuatro grupos



**FOTO N°38:** Realizando el ensayo del límite plástico de la muestra.



**FOTO N°39:** Ensayo de la copa de Casagrande, para hallar el límite  
Líquido.



**FOTO N°40:** Tubería de 4" usada como protector



**FOTO N°41:** Colocación de la tubería de 4", dentro del micropozo  
barrenado, usado como protección para seguir excavando



**FOTO N°42:** hundimiento manual del tubo de protección de pvc.



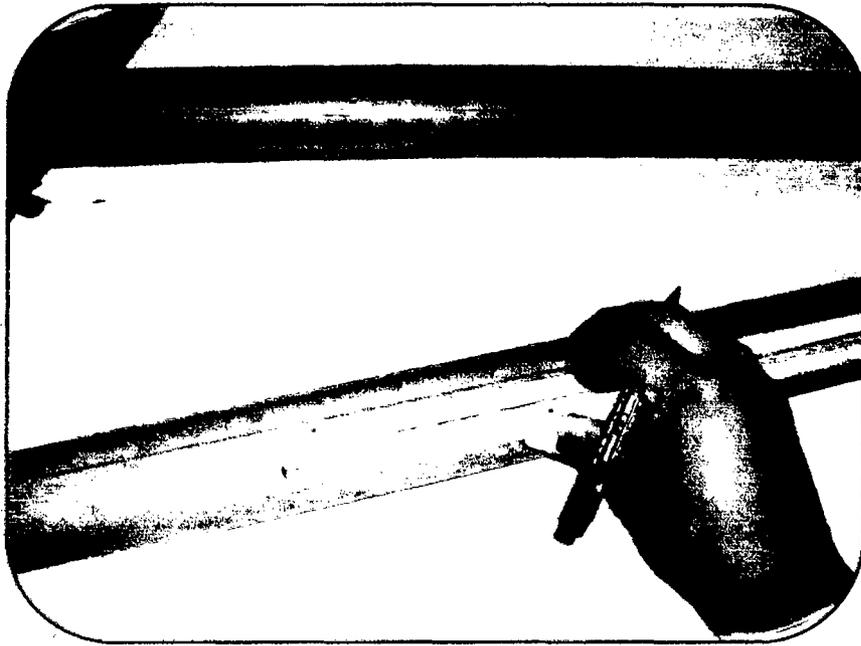
**FOTO N°43:** Continuando con la excavación del micropozo.



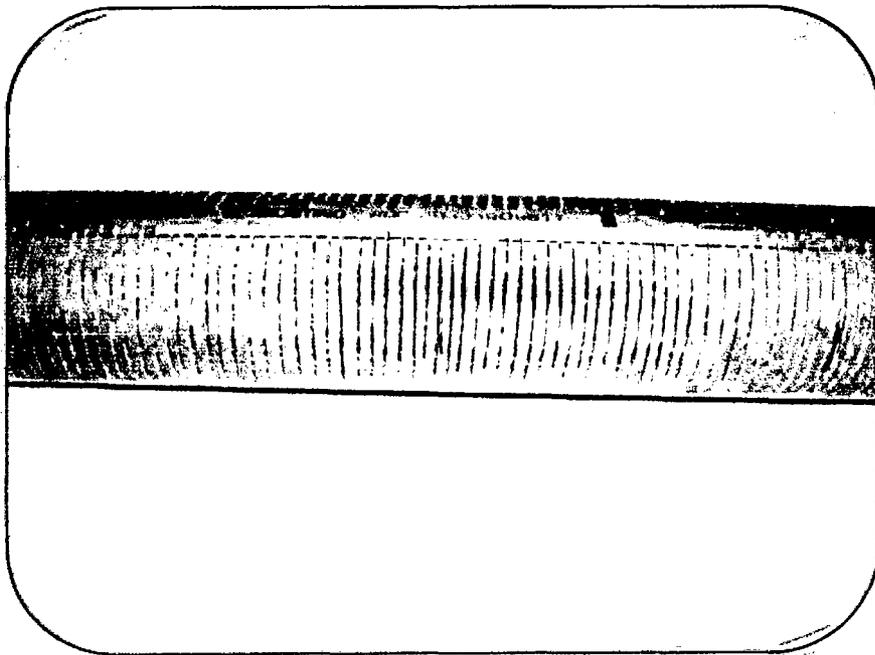
**FOTO N°44:** Se aprecia la longitud progresiva de la excavación



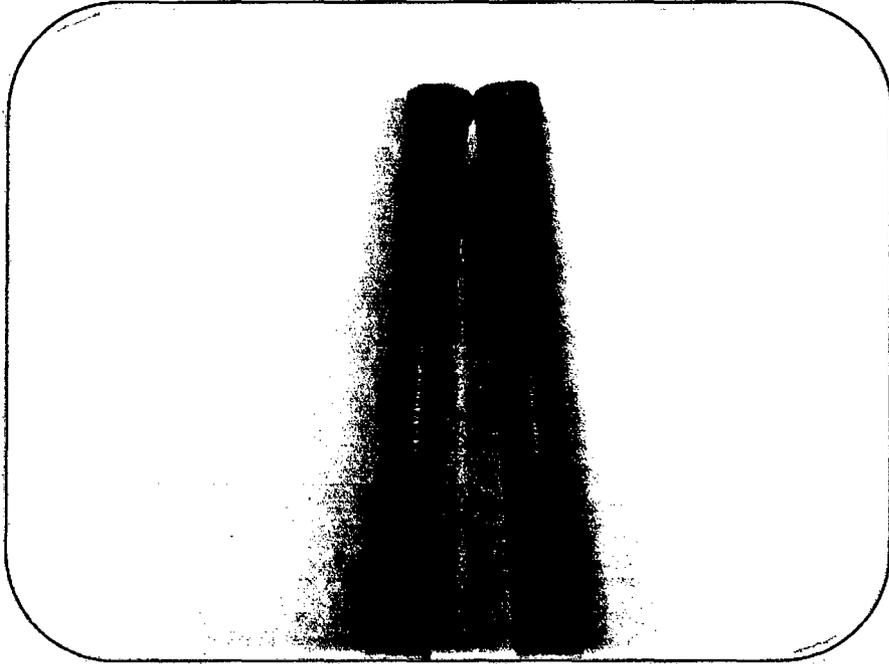
**FOTO N°45:** Se aprecia, la profundidad hincada del barreno, al menos 3.00  
metros



**FOTO N°46:** Construcción de los filtros plásticos, según cálculo, debe ser el 30% del área total, de los 80cm de longitud.



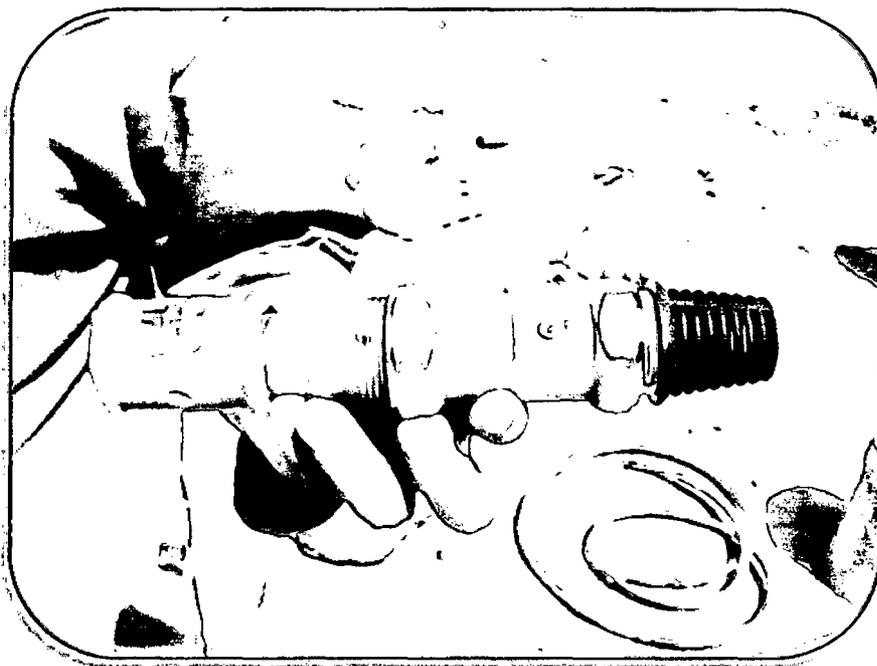
**FOTO N°47:** Se ranuro muescas de 1mm de espesor, separadas cada 3mm, con esto la abertura es el 30% del área de los 80cm de largo



**FOTO N°48:** Se aprecia, los dos filtros plásticos, con su debido tapón en el fondo



**FOTO N°49:** Se colocó, unas aletas plásticas a los filtros, para que estén centrados dentro de los tubos de 4"



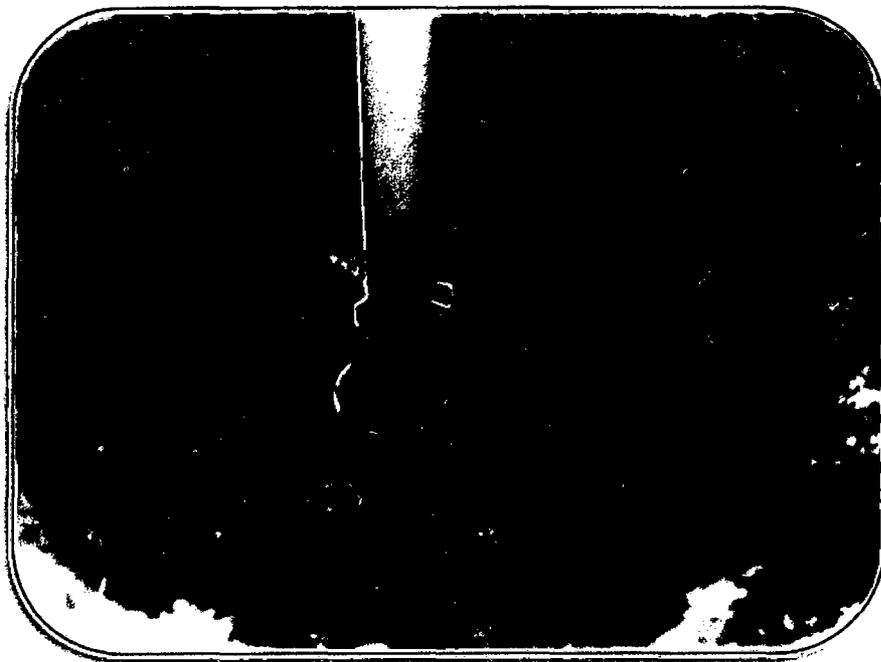
**FOTO N°50:** Válvula check 3/4" de bronce usada en los micropozos



**FOTO N°51:** Colocación de piedra de 3/4 – 1" como filtro en la parte inferior



**FOTO N°52:** Colocando los filtros plásticos dentro de los micropozos



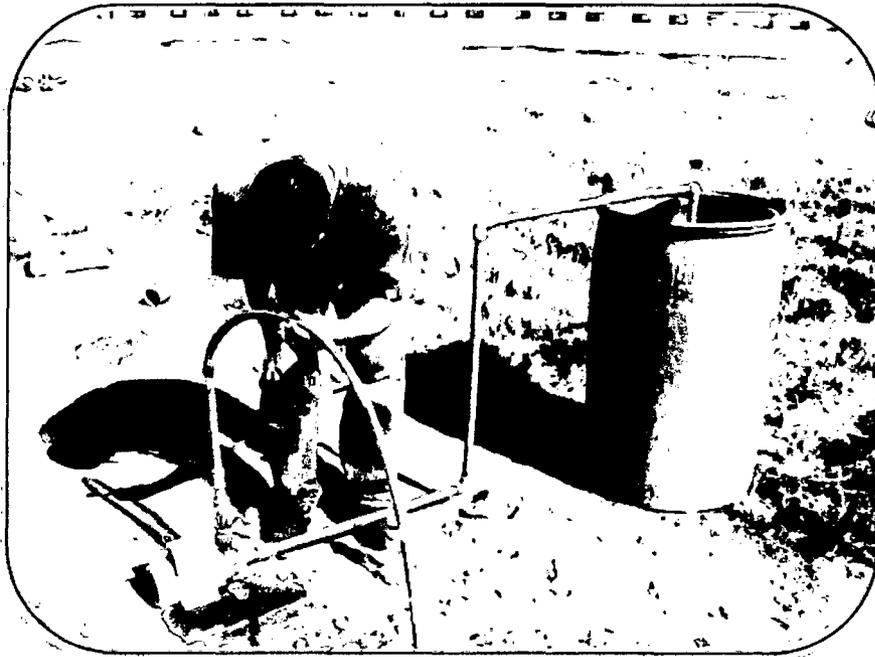
**FOTO N°53:** Aquí vemos como las aletas mantendrán los filtros plásticos  
centrados dentro del tubo de 4"



**FOTO N°54:** Colocación de material de filtro, retenidas en las mallas #4  
y malla #10 en proporción de 50%-50%



**FOTO N°55:** Armando el sistema de limpieza de los micropozos



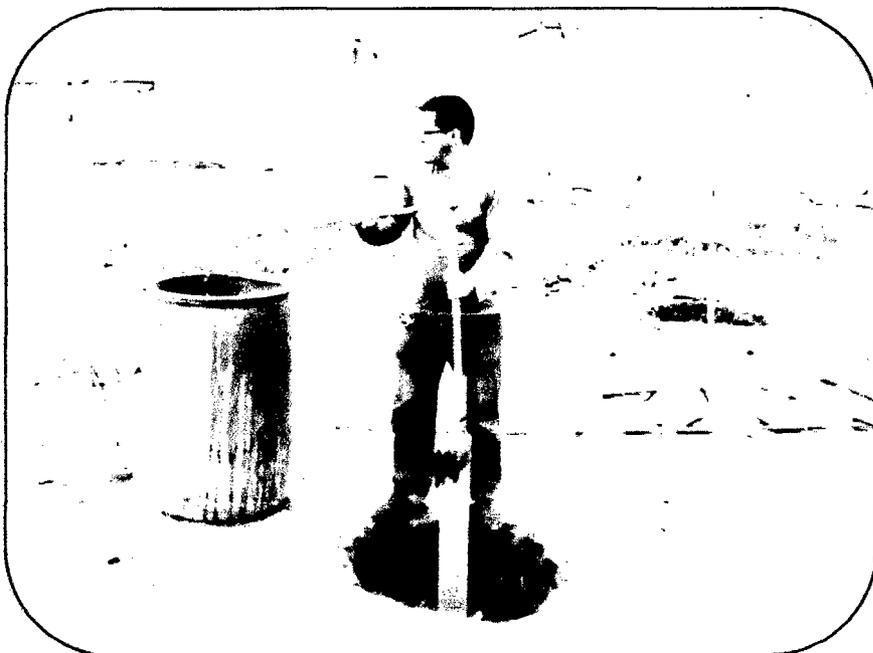
**FOTO N°56:** Vemos el sistema de limpieza armado para extraer los  
residuos (finos) del micropozo.



**FOTO N°57:** Observamos cómo se va extrayendo la arena que se  
encuentra dentro del micropozo



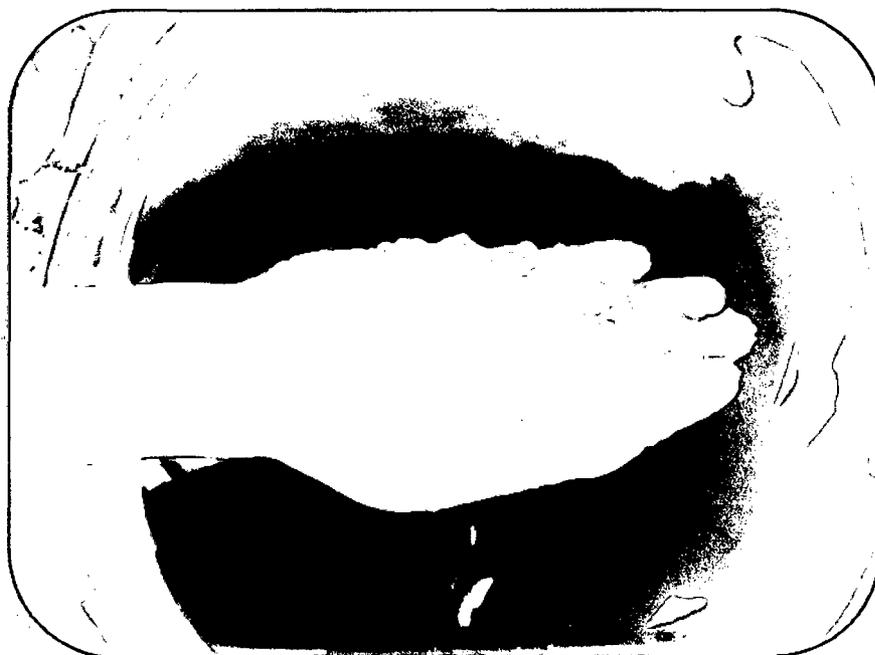
**FOTO N°58:** Procedemos a elevar los tubos de 4" de protección, para que el filtro plástico, esté en contacto con la piedra filtro y el agua subterránea.



**FOTO N°59:** Luego se procede a limpiar los pozos de manera manual con un proceso que se denomina "achicado".



**FOTO N°60:** Aquí se observa como poco a poco, va saliendo el agua con arena y demás finos



**FOTO N°61:** Se observa la cantidad de finos que sale después de "achicar" un barril lleno (aproximadamente 200 litros)



**FOTO N°62:** Observamos como la arena que eliminamos, después de "achicar" los microzozos es cada vez más fina



**FOTO N°63:** Después de "achicar" 7 barriles (200lt x barril) de cada pozo, vemos que el agua sale casi sin residuos en suspensión



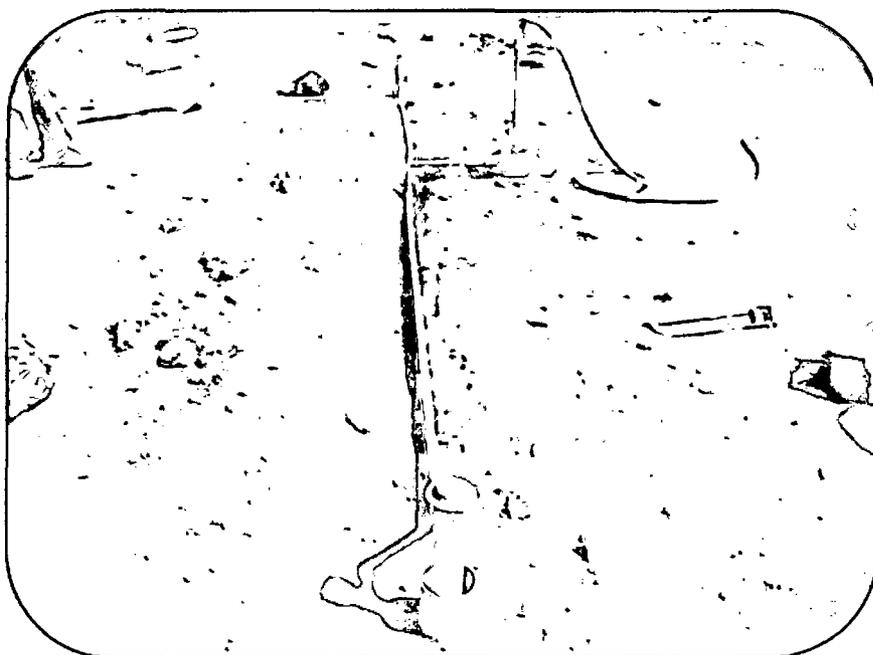
**FOTO N°64:** Se rellena con material de filtro, hasta el borde del tubo



**FOTO N°65:** Se empieza a armar la línea de tubería de succión



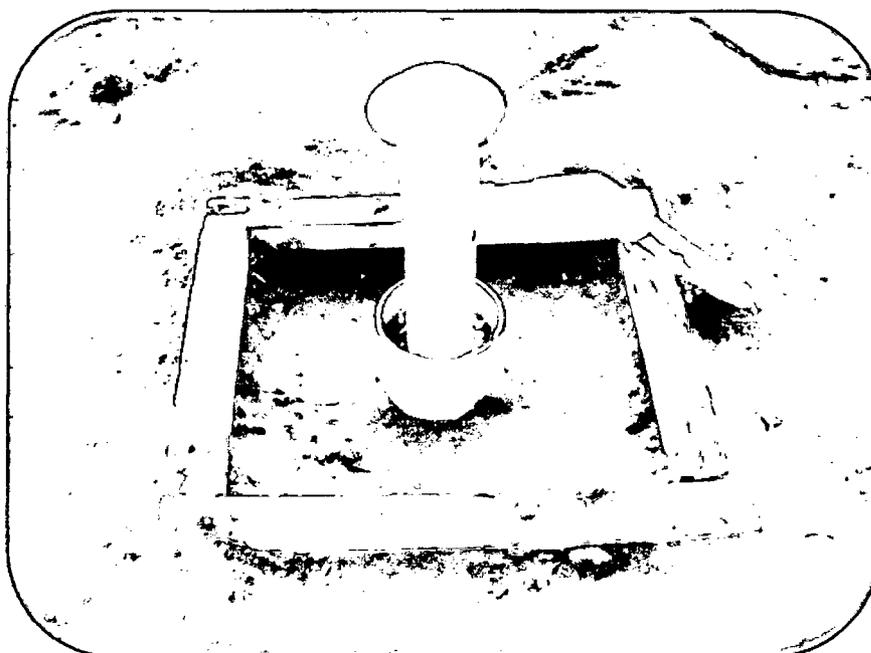
**FOTO N°66:** Se observa la check de bronce de 3/4 "al introducirla dentro de la tubería de 2", debe llegar por encima del filtro plástico de debajo



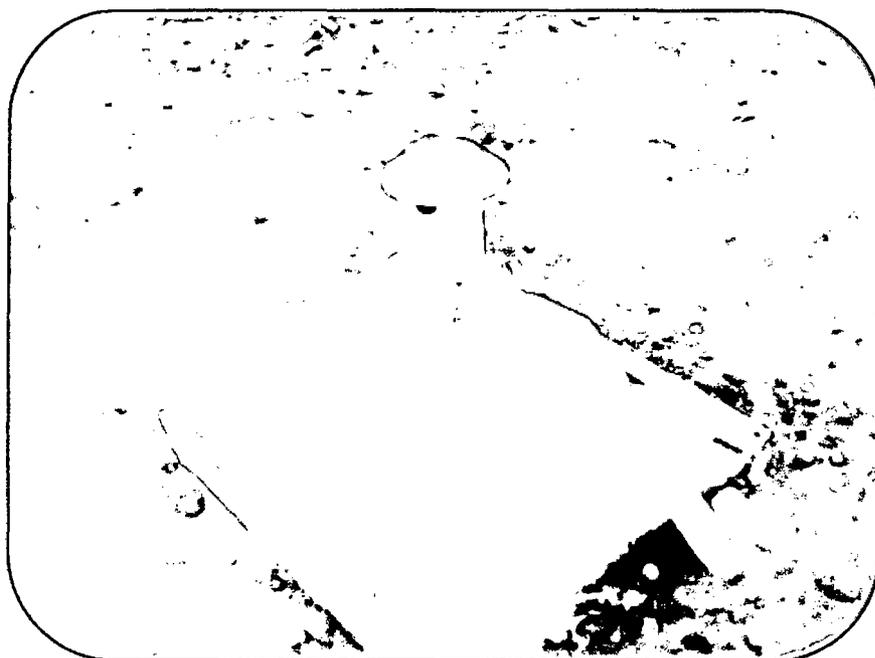
**FOTO N°67:** Observamos todo la línea de succión, armado con tubería PVC de 3/4 " clase 10



**FOTO N°68:** Calculamos el caudal real de ambos pozos, usamos al menos 5 mediciones, se aprecia el agua sin sólidos en suspensión



**FOTO N°69:** Construimos una losa de protección para cada pozo



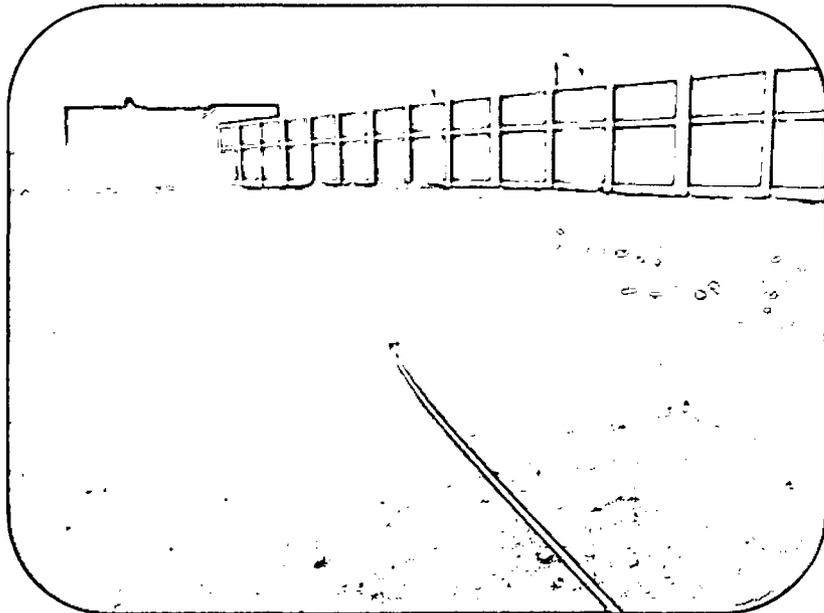
**FOTO N°70:** Se colocó un sombrero de ventilación y evitar una posible contaminación del micropozo.



**FOTO N°71:** Armamos la línea de impulsión, estas serán de 1/2" de PVC clase



**FOTO N°72:** Tipo de aspersor a colocar, marca TRUPPER, el cual necesita una presión de 40 -50 psi (Ver anexo D)



**FOTO N°73:** Observamos uno de los 3 aspersores, que se colocaron, corroborando los cálculos, con un alcance de 3.48 m

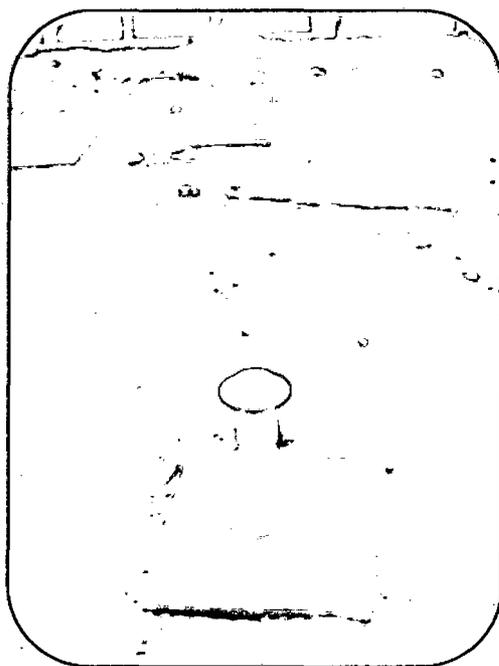


FOTO N°74: Vista general del proyecto

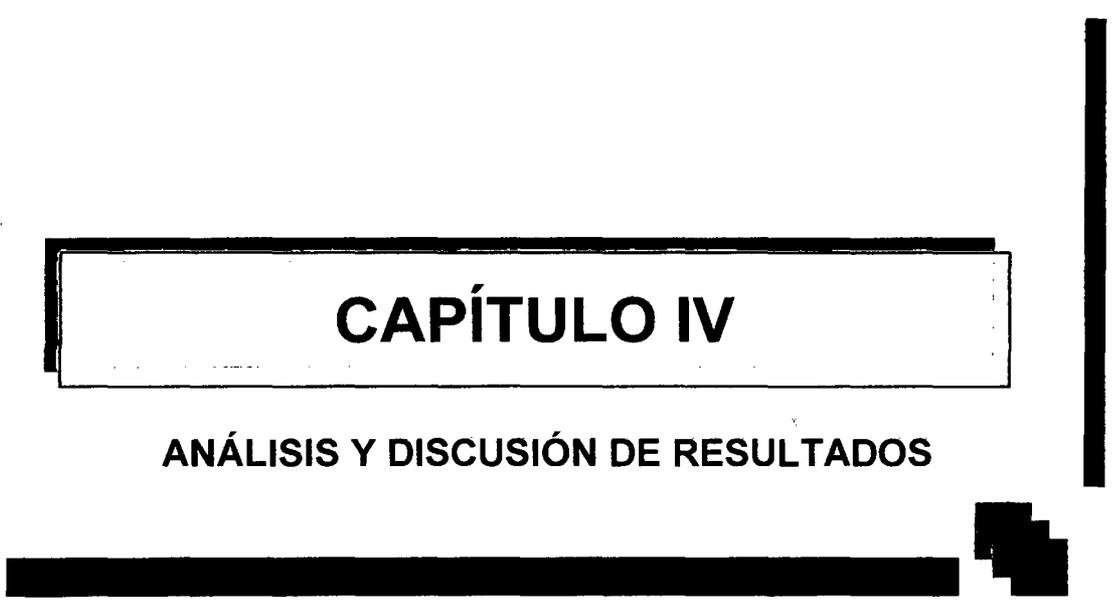


FOTO N°75: Vista general del área a regar



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**





## CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:

#### 1.1 SEGÚN LA CALIDAD DEL AGUA:

Con referencia a la calidad del agua, tenemos los siguientes resultados de la muestra que tomamos en campo.

**CUADRO N° 02:** CUADRO COMPARATIVO ENTRE PARÁMETROS INTERNACIONALES DE CALIDAD DE AGUA VS DATOS DEL AGUA DEL POZO EN ESTUDIO

ENSAYOS	DATOS OBTENIDOS DEL AGUA DEL POZO EN ESTUDIO	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO (SEGÚN PARÁMETROS INTERNACIONALES)
SALINIDAD	0.3 partes x mil	< 0.5 partes x mil
CARGA CELULAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cianobacteria synechococcus</li> <li>• Clorophyta nanochloropsis</li> </ul>	NO INDICA
PH	7.8	6.5 - 8
ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amonio 0 mg/lt</li> <li>• Nitrito 0.3 mg/lt</li> <li>• Nitrato 5 mg/lt</li> <li>• Fósforo 0.25 mg/lt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amonio = 0.0 mg/lt</li> <li>• Nitrito &lt; 0.5 mg/lt</li> <li>• Nitrato &lt; 50 mg/lt</li> <li>• Fosforo &lt; 3.60 mg/lt</li> </ul>



Observamos que la calidad del agua que obtenemos de nuestro pozo en estudio, está por debajo de los parámetros internacionales, con respecto a estos datos podemos decir:

- La salinidad el resultado nos indica que nuestra agua está considerada dentro del rango del agua dulce (0 partes/mil < agua dulce < 0.5 partes/mil), ya que si pasamos de los 0.5 partes / mil, esta se considera agua salada.
- La carga celular encontrada es poca y no perjudicial para los cultivos, se trata de microalgas en cantidades ínfimas, así no se espera que estas algas puedan reducir la cantidad de oxígeno del agua.
- Con respecto al PH del agua nos dio como resultado 7.8 resultando un agua con cierto grado de alcalinidad, estando dentro de los parámetros aceptables, se puede usar esta agua para poder regar grass y algunas flores de resistencia media a la alcalinidad tales como el geranio, las begonias o gardenias. Aunque si se requiere sembrar algunos cultivos susceptibles al PH del agua, esta se puede tratar, almacenando el agua extraída en contenedores o tanques, tratando esta con tiosulfato de sodio a razón de 8 -10 ml x litro, este químico ayuda a neutralizar el PH del agua, sirve tanto para agua



alcalina como para agua acida. Las distintas cosechas requieren rangos de dureza del agua específicos.

- Respecto al análisis físico – químico del agua, este nos arroja por debajo de los parámetros internacionales del agua usada para acuarios, como se puede apreciar en el CUADRO N°02, por lo tanto el agua es apta para el uso en cultivos, mucho va a depender del tipo de suelo del cual se extrae el agua, así como también de que tipo de cultivo, es el que se va a regar. Si queremos hacer uso de esta agua en cultivos de horticultura, se puede enriquecer el agua con nutrientes en recipientes externos y luego esta agua enriquecida ser bombeada hacia la parcela o huerto, con el sistema de riego tecnificado más adecuado.

## 1.2 SEGÚN LA TUBERÍA FILTRO:

De acuerdo al material existen varios tipos de tubería filtro:

- Chaqueta de latón.
- Acero forjado
- Tubo de latón
- Acero inoxidable
- Plástico ranurado: de uso creciente en pozos de diámetro pequeño debido a su peso y facilidad de manejo, no es corrosivo y tiene menor costo.

Escogimos esta última debido a las cualidades antes mencionadas.

Uno de los factores importantes que intervienen en la selección de la



tubería filtro es el perfil estratigráfico, el cual nos indica la profundidad adecuada a la cual perforar el pozo y donde debe estar ubicado el tubo ranurado (filtro), debe estar ubicado en un suelo granular.

**TABLA N°07: Áreas de Admisión, para selección de Aberturas de Ranura de Filtros.**

<b>ÁREAS DE ADMISIÓN PARA ANCHURAS SELECCIONADAS DE ABERTURAS DE RANURA, (pulgadas cuadradas por pie lineal de rejilla)</b>					
Tamaño nominal de rejilla	Diámetro exterior real de la rejilla	Ranura No. 10 (0.010") (0.25 mm)	Ranura No. 20 (0.020") (0.50 mm)	Ranura No. 40 (0.040") (1.00 mm)	Ranura No. 60 (0.060") (1.50 mm)
2" TS.	1-3/4"	10	16	26 ✓	32
1½" PS	2-3/8"	13	22	36	45
2" PS	2-5/8"	14	25	41	50
3" TS	2-3/4"	15	26	42	52
2½" PS	3-1/8"	17	30	48	59
3" PS	3-5/8"	20	34	54	68
4" TS	3-3/4"	21	35	56	71
4" PS	4-5/8"	25	44	68	86

(Cortesía de UOP - Johnson Division, Universal Oil Products Company, St. Paul, Minnesota.)

**FUENTE:** Según la Universal Oil Products Company (UOP).

De la tabla:

TS: Significa, rejilla de pozo de tamaño telescópico.

PS: Significa, rejilla de pozo tamaño de tubería.

Para calcular la longitud de la ranuración del tubo, nos ayudamos de la Tabla N°07, obteniendo el 26% del área total de la superficie del filtro, esto generó que la longitud del filtro sea de 80cm efectivo.



### **1.3 SEGÚN EL MATERIAL DE PRE FILTRO:**

Este proceso de empaque con grava y estabilización con grava, son auxiliares para el proceso de desarrollo del pozo. Como recordamos en el proceso de desarrollo del pozo captado naturalmente consiste en eliminar el material más fino de las cercanías del pozo. El objeto de empacar un pozo con grava es proporcionar artificialmente la grava o arena más gruesa que está faltando en la formación natural, como se puede apreciar en nuestro perfil estratigráfico.

Según nuestro perfil estratigráfico y estudio de suelos, encontramos muchos finos en las inmediaciones de nuestros pozos, por lo tanto vimos por conveniente colocar piedra filtro tamizada, retenida en las malla n°4 y en la malla n°10, estas por encontrarse en el rango de arena y piedra, en proporción de 50% - 50%. Con esta medida controlamos la entrada de finos a nuestro pozo, por lo tanto alargando la vida útil del pozo y a la vez también la vida útil de la bomba.

### **1.4 SEGÚN EL CAUDAL:**

Según nuestro cálculo inicial del área a regar que fue 140 m<sup>2</sup>, calculamos que necesitamos un caudal de 0.29 lt/seg, entendiendo que necesitamos dos micropozos con un caudal de 0.14 lt/seg por cada micropozo.



Luego de realizar nuestros ensayos de campo, nuestros micropozos conectados nos arroja un caudal conjunto de 0.47 lt/seg, por lo tanto cada micropozo en la zona de estudio nos arroja alrededor de 0.235 lt/seg.

Este valor supera hasta en un 59.6% nuestras cálculos iniciales, comprobando que hay caudal suficiente para realizar un riego sostenible e incluso aumentar el área de riego en estudio.

### **1.5 SEGÚN LA BOMBA DEL PROYECTO:**

Según los cálculos teóricos nos arroja que necesitamos una bomba con una potencia de 0.13 HP con una eficiencia de 67%.

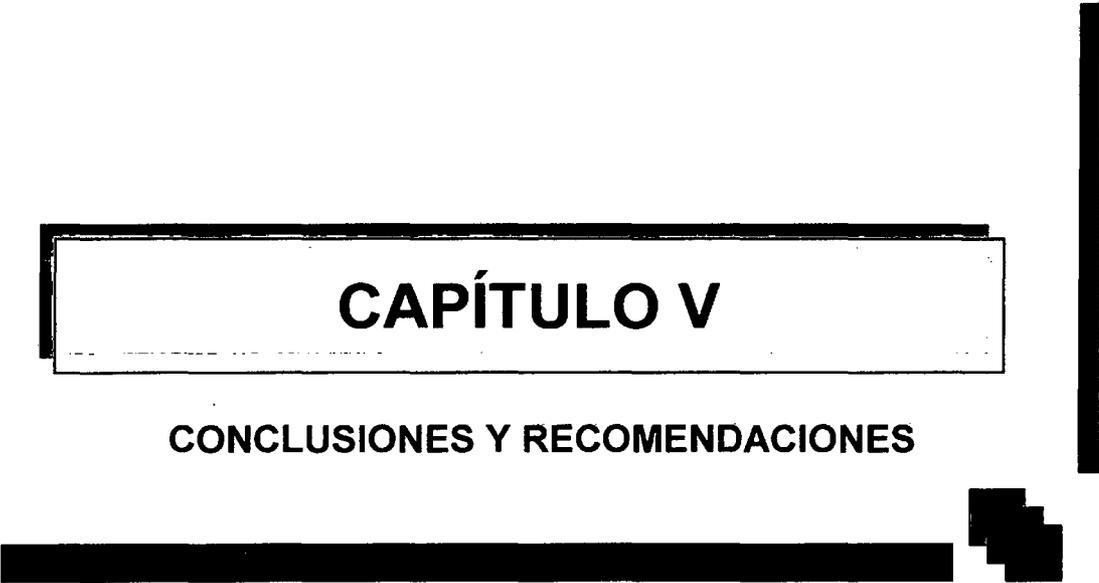
Nosotros optamos por una bomba periférica (presión), porque íbamos a hacer uso de riego por aspersión. Con respecto a la potencia de la bomba optamos por una de 0.5 HP. Es una bomba comercial y económica, para que pueda ser usado de manera masiva en las diferentes áreas verdes de la ciudad.

Usamos una bomba del tipo periférica, ya que nos aporta la presión necesaria para nuestros aspersores, otra razón es porque el micropozo tiene una profundidad menor a 7m, si superara esta profundidad se recomienda usar una bomba de tipo sumergible, para evitar una posible cavitación.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**





## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### I. CONCLUSIONES:

- 1.1 Se concluye que mediante la utilización de un sistema de micropozos (pozos pequeños), se puede obtener el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego de áreas verdes; este sistema **funciona adecuadamente** y dentro de los datos teóricos obtenidos
- 1.2 Se obtuvo un caudal real de 0.235 lt/seg por pozo ejecutado, el cual fue mayor al caudal teórico de 0.14 lt/seg, generándose un excedente de 59.6% con respecto al caudal teórico.
- 1.3 El sistema de micropozos es una solución **sostenible y rentable** a mediano y largo plazo, con el cual se puede obtener la cantidad de agua necesaria, con una calidad aceptable, para el riego de las áreas verdes que se demande.
- 1.4 La calidad del agua, es aceptable, con un PH de 7.8, su poco grado de alcalinidad, nos permite, hacer el uso de este elemento para el riego de grass y algunas flores de resistencia media como el geranio, gardenias o begonias; si esta agua quiere ser usada para horticultura, entonces, se tiene que tratar con tio sulfato de sodio en una proporción de 8-10 ml / litro, esta sustancia neutraliza el PH del agua, tanto para agua acida como alcalina.



- 1.5 Se concluye que el sistema de riego tecnificado por aspersión, es el más adecuado, para la extracción del agua subterránea, mediante una bomba periférica, la cual nos proporciona la presión de agua que necesita el aspersor. Si se quiere usar el agua para horticultura, esta tendrá que ser extraída a reservorios con una bomba de caudal, para ser tratadas y luego ser rebombadas a los huertos.



## II. RECOMENDACIONES:

- 2.1 Se recomienda, que para un adecuado funcionamiento de micropozos, los filtros deben estar localizados en capas de suelo granular grueso o gravilla, con una permeabilidad de suelo media - alta, esto se verifica en los estudios de suelos (estratigrafía), hechos previamente en la zona, si no se da el caso, entonces se procederá a colocar un material de prefiltro, entre el filtro plástico y la capa acuífera.
- 2.2 Si se requiere el agua subterránea para riego de áreas verdes, esta si es aceptable; ahora si se necesita para la horticultura o consumo humano, se debe hacer un tratamiento de la misma antes de ser utilizada.
- 2.3 Si el suelo contiene salinidad superficial, entonces, antes de realizar el sembrado, se recomienda utilizar cal viva a razón de 50 Kg x Ha o de lo contrario Pastilla de zinc, esto es para alejar los iones de sales del suelo.
- 2.4 Se recomienda para un riego más adecuado, el cálculo del área a regar, el tipo de cultivo a regar, determinar el sistema el tipo de riego tecnificado a utilizar (en nuestro caso sistema por aspersión), luego calcular la potencia de la bomba y la calidad del tipo de aspersor. Por ejemplo si se quiere regar áreas de mayor extensión, se puede utilizar



aspersores de tipo metal con un alcance de 15m de radio aproximadamente, para lo cual se debe usar una bomba de mayor potencia y un mayor número de micropozos, para conseguir el caudal deseado, sin abatir de manera desmesurada el nivel freático.



### III. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- 3.1 ULRIC P. GIBSON & REXFORD D. SINGER, **Manual de los Pozos Pequeños**, 7ma Edición, México – 1990.
- 3.2 JOSÉ MANUEL PÉREZ LEÓN, **Manual para determinar la calidad del Agua para Riego Agrícola**, 2da Edición, Lima – 2011.
- 3.3 PROF. SILVIO ROJAS, **Flujos hacia Zanjas & Pozos**, 4ta Edición, México – 2009.
- 3.4 GOBIERNO DE CANARIAS, **Manual técnico para la ejecución de pozos**, 1ra edición, mayo – 2012.
- 3.5 JAVIER SÁNCHEZ V., **Clasificación y Uso de las Aguas de Riego**, enero – 2007.
- 3.6 FUENTES YAGUE J, **Técnicas de Riego**, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1998.

#### SITIOS WEB CONSULTADOS:

- <http://www.senamhi.gob.pe/>
- [http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm)
- [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm)
- <http://www.crsprogramquality.org>

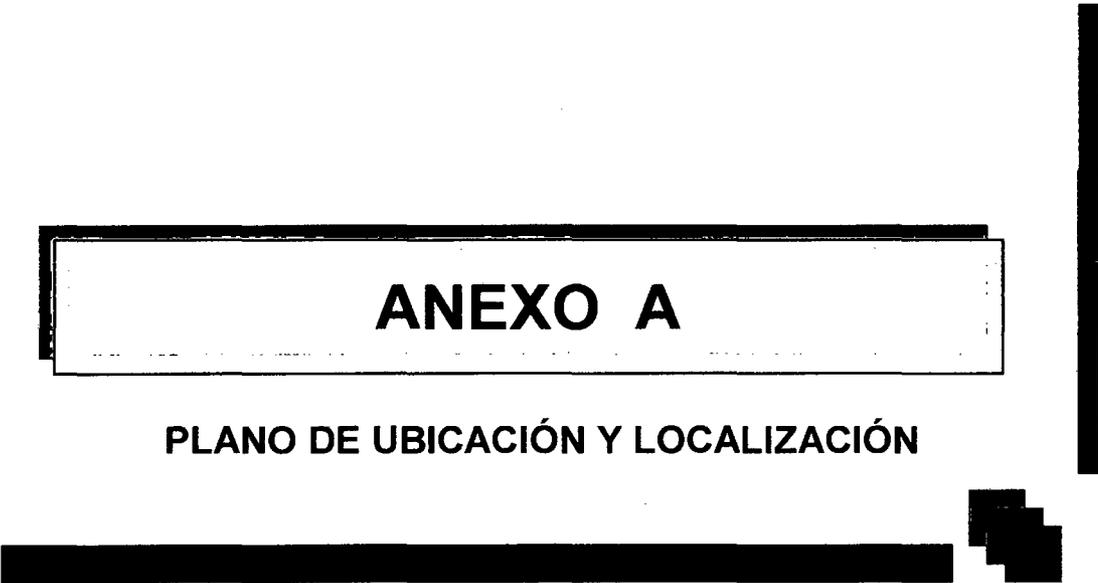


# ANEXOS



# ANEXO A

## PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN





## **ANEXO B**

### **RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS**

**Proyecto** : APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROPOZOS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE

**Lugar** : I.E. INMACULADA DE LA MERCED **Dirección** : A.H. LA BALANZA S/N.

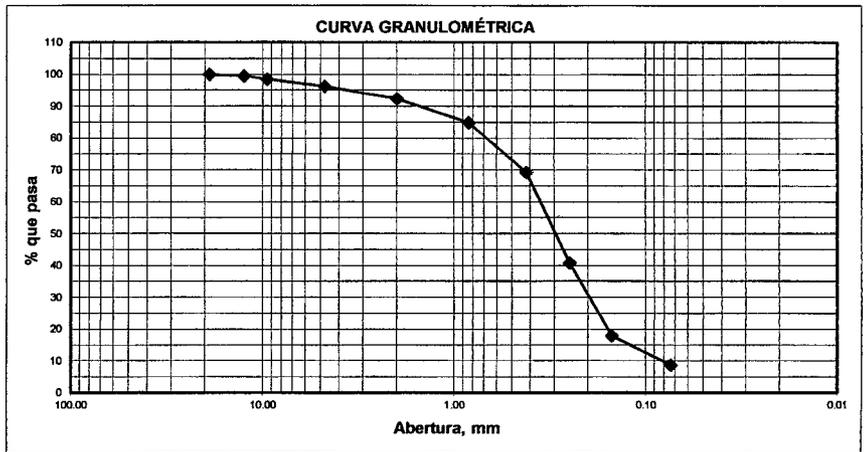
**Distrito** : CHIMBOTE **Provincia** : SANTA **Departamento** : ANCASH

**Calicata** : C-01 **Muestra** : M-1 **Profundidad** : de 0.50-0.90m

**1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	900.60
Peso Lavado y Seco, [gr]	-

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		100.00
1/2"	12.500	3.70	99.59
3/8"	9.525	9.50	98.53
N° 4	4.760	20.30	96.28
N° 10	2.000	35.00	92.39
N° 20	0.840	67.70	84.88
N° 40	0.420	140.30	69.30
N° 60	0.250	255.50	40.93
N° 100	0.150	206.40	18.01
N° 200	0.074	83.20	8.77
< N° 200		79.00	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LÍQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	

**NO PRESENTA**

**B. LIMITE PLÁSTICO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	

**NO PLÁSTICO**

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		1
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		39.68
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		128.28
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	114.59
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	13.70
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	74.90
		18.29



Grava (No.4 < Diam < 3")	3.72%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	87.51%
Finos (Diam < No.200)	8.77%
Límite Líquido	-
Límite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	-

**Proyecto** : APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROPOZOS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE

**Lugar** : I.E. INMACULADA DE LA MERCED      **Dirección** : A.H. LA BALANZA S/N.

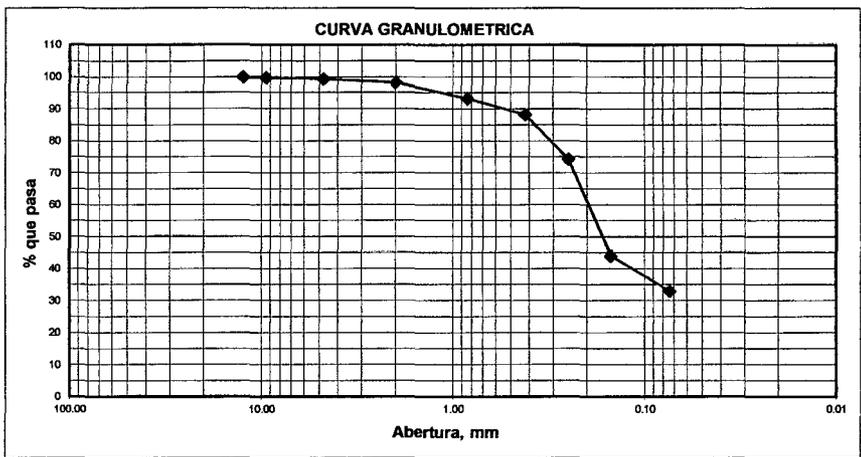
**Distrito** : CHIMBOTE      **Provincia** : SANTA      **Departamento** : ANCASH

**Calicata** : C-02      **Muestra** : M-2      **Profundidad** : de 0.90-1.60m

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	596.80
Peso Lavado y Seco, [gr]	-

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		100.00
3/8"	9.525	1.00	99.83
N° 4	4.760	2.50	99.41
N° 10	2.000	6.80	98.27
N° 20	0.840	30.30	93.20
N° 40	0.420	30.10	88.15
N° 60	0.250	82.70	74.30
N° 100	0.150	180.80	44.00
N° 200	0.074	65.30	33.06
< N° 200		197.30	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

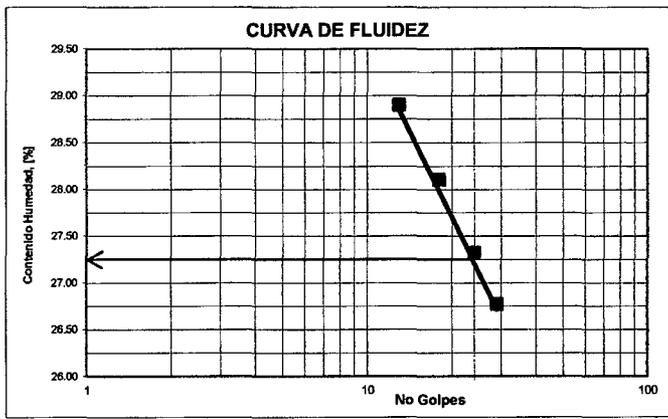
Procedimiento	Fórmula	Tara No			
		1	2	3	4
1. No de Golpes		29	24	18	13
2. Peso Tara, [gr]		26.330	26.716	26.186	26.224
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		40.596	41.669	40.794	40.815
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		37.583	38.460	37.589	37.543
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	3.013	3.209	3.205	3.272
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	11.253	11.744	11.403	11.319
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	26.78	27.32	28.11	28.91

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
1. Peso Tara, [gr]		27.734	27.741	37.665
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		29.152	29.072	39.252
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		28.883	28.821	38.948
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.269	0.251	0.304
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	1.149	1.080	1.283
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	23.412	23.241	23.694

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		1
1. Peso Tara, [gr]		38.50
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		108.94
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		90.62
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	18.32
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	52.12
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	35.14



Grava (No.4 < Diam < 3")	0.59%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	66.35%
Finos (Diam < No.200)	33.06%
Límite Líquido	27.25%
Límite Plástico	23.45%
Índice Plasticidad	3.80%
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	-

**Proyecto** : APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROPOZOS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE

**Lugar** : I.E. INMACULADA DE LA MERCED **Dirección** : A.H. LA BALANZA S/N.

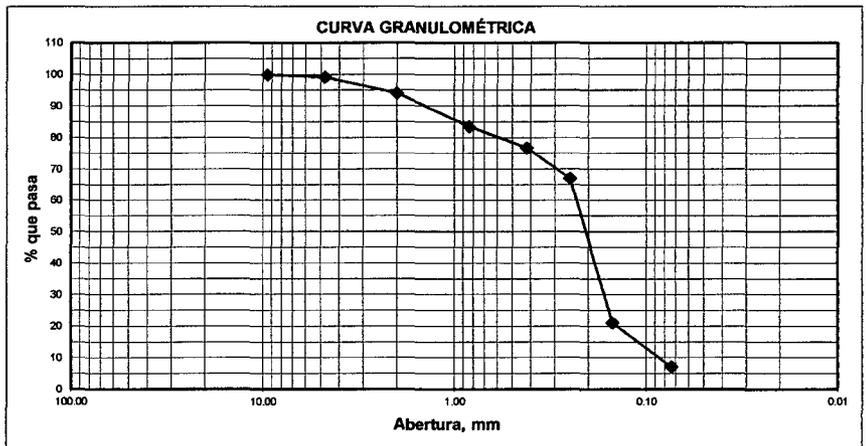
**Distrito** : CHIMBOTE **Provincia** : SANTA **Departamento** : ANCASH

**Calicata** : C-01 **Muestra** : M-3 **Profundidad** : de 1.60-2.60m

### 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	300.30
Peso Lavado y Seco, [gr]	-

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		100.00
N° 4	4.760	2.40	99.20
N° 10	2.000	15.30	94.11
N° 20	0.840	31.70	83.55
N° 40	0.420	20.50	76.72
N° 60	0.250	28.80	67.13
N° 100	0.150	138.10	21.15
N° 200	0.074	42.00	7.16
< N° 200		21.50	



### 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

#### A. LIMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	

**NO PRESENTA**

#### B. LIMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	

**NO PLÁSTICO**

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		1
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		40.35
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		126.76
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	16.75
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	69.66
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	24.05



Grava (No.4 < Diam < 3")	0.80%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	92.04%
Finos (Diam < No.200)	7.16%
Límite Líquido	-
Límite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	-

**Proyecto** : APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROPOZOS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES EN CHIMBOTE

**Lugar** : I.E. INMACULADA DE LA MERCED **Dirección** : A.H. LA BALANZA S/N.

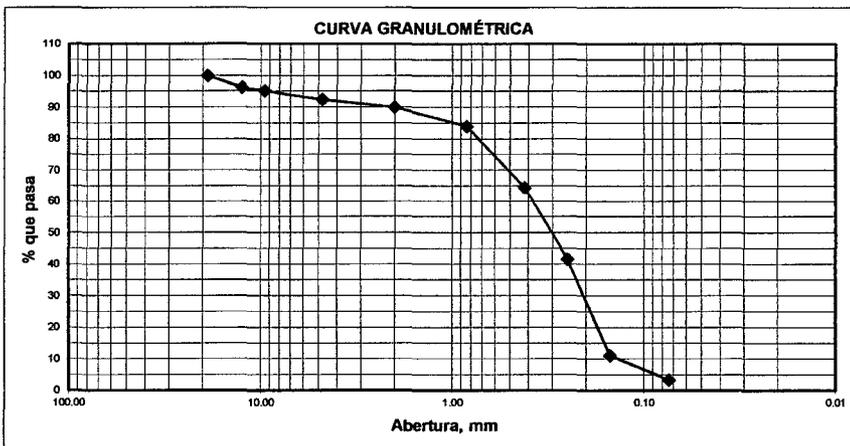
**Distrito** : CHIMBOTE **Provincia** : SANTA **Departamento** : ANCASH

**Calicata** : C-01 **Muestra** : M-4 **Profundidad** : de 2.60-3.40m

**1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	318.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	-

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		100.00
1/2"	12.500	11.80	96.29
3/8"	9.525	3.20	95.28
N° 4	4.760	9.00	92.45
N° 10	2.000	7.80	90.00
N° 20	0.840	19.20	83.96
N° 40	0.420	62.10	64.43
N° 60	0.250	72.50	41.64
N° 100	0.150	97.10	11.10
N° 200	0.074	24.50	3.40
< N° 200		10.80	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LÍQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	

**NO PRESENTA**

**B. LIMITE PLÁSTICO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	

**NO PLÁSTICO**

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		1
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		41.51
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		121.61
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	16.55
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	80.11
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	20.66



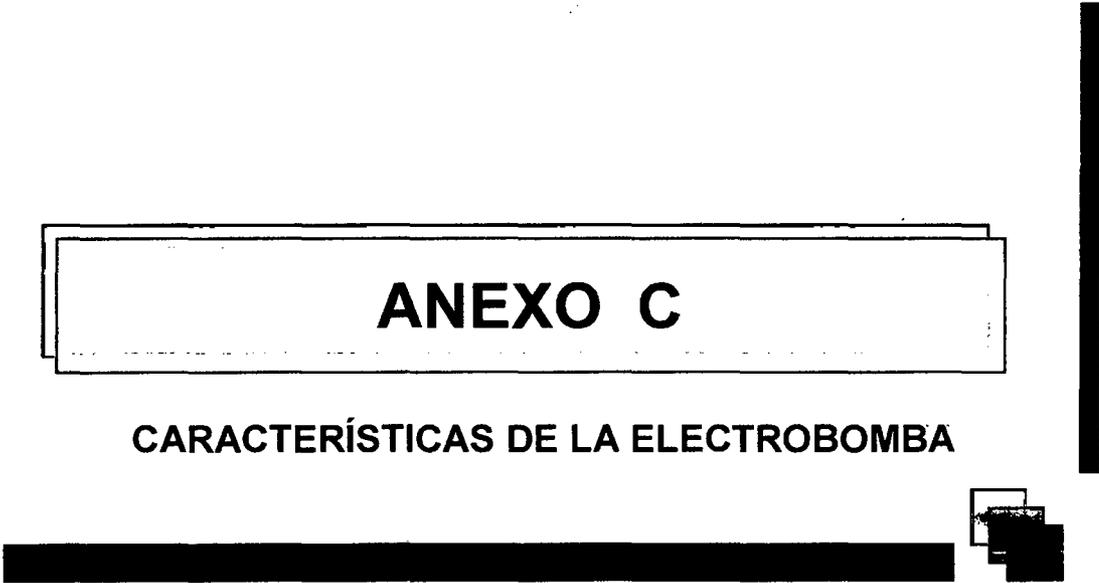
Grava (No.4 < Diam < 3")	7.55%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	89.06%
Finos (Diam < No.200)	3.40%
Límite Líquido	-
Límite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AASHTO	-





## **ANEXO C**

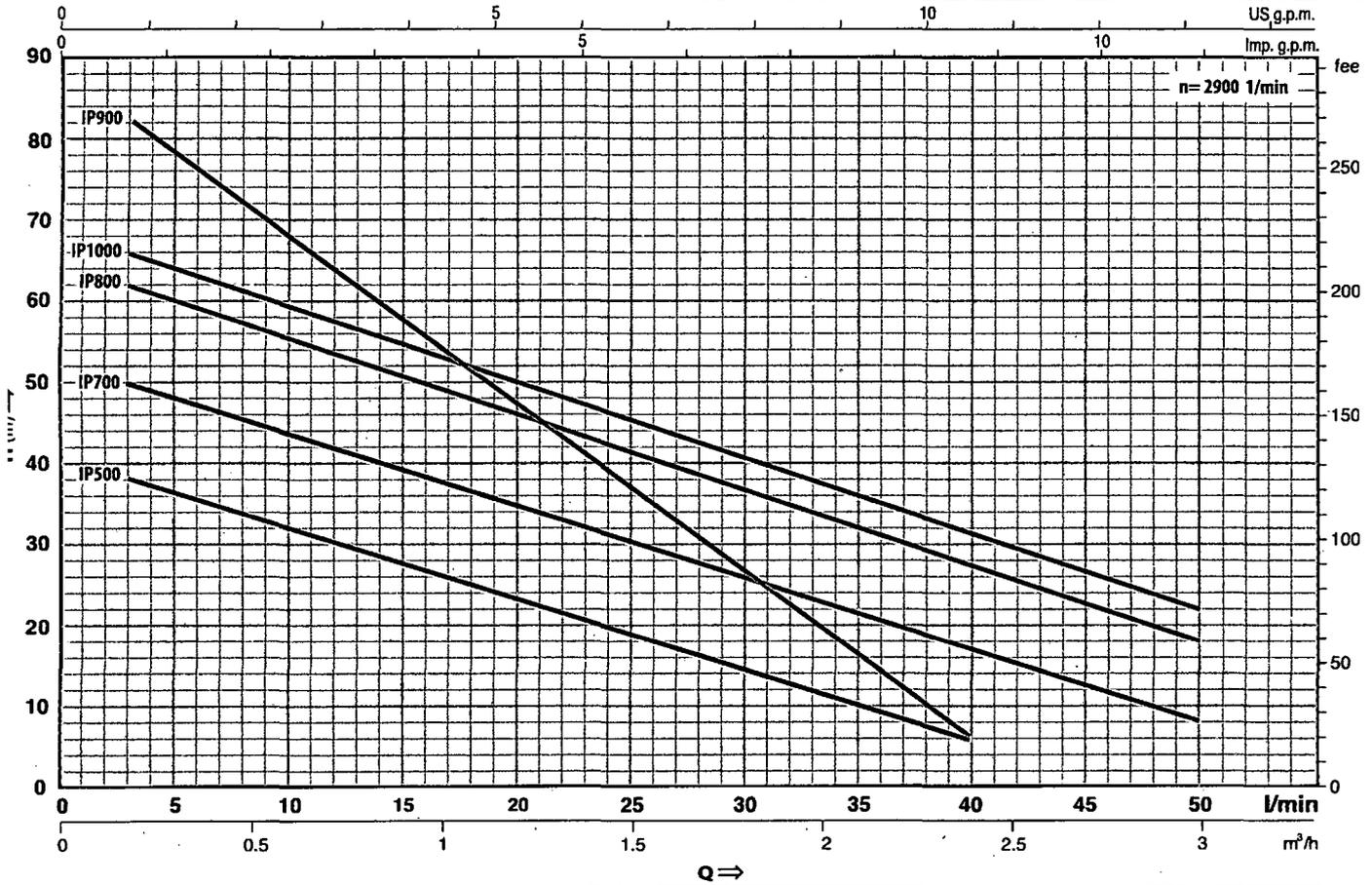
### **CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROBOMBA**





# IP

pumps with peripheral impeller



Q = Flow rate H = Total manometric head

Tolerance of the performance curves according to EN ISO 9906 App. A.

TYPE		POWER		m³/h l/min	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
Single-phase	Three-phase	kW	HP		0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
500M	IP 500	0.37	0.50	H metres	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5					
700M	IP 700	0.50	0.70		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8				
800M	IP 800	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18				
1000M	IP 1000	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22				
900M	IP 900	0.75	1		90	82	71	60	49	38	27	17	5					

## DIMENSIONS AND WEIGHTS

TYPE		PORTS		DIMENSIONS mm												kg	
Single-phase	Three-phase	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1~	3~
500M	IP 500	1"	1"	42	243	152	63	75	138	20	80	120	100	55	7	5.3	5.3
700M	IP 700			48	258/250			80	143							7.7	6.4
800M	IP 800			55	285	179	71	85	156		10.1	9.2					
1000M	IP 1000							95	166		10.3	9.9					
900M	IP 900			3/4"	3/4"	58	288										

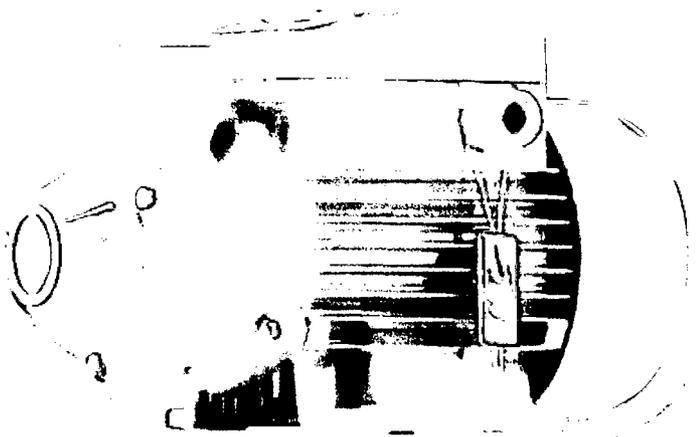


**RANGE OF PERFORMANCE**

low rate up to 50 l/min (3.0 m<sup>3</sup>/h)  
 head up to 90 m

**LIMITS OF USE**

Manometric suction lift up to 8 m  
 liquid temperature up to + 60°C  
 environment temperature up to + 40°C



**INSTALLATION AND USE**

They are recommended for pumping clean water without abrasive particles and liquids that are chemically non aggressive to the materials from which the pump is made.

**FOR THEIR RELIABILITY, SIMPLICITY OF USE AND ECONOMY THEY ARE SUITABLE FOR DOMESTIC USE AND IN PARTICULAR FOR DISTRIBUTING WATER IN COMBINATION WITH SMALL PRESSURE SETS, FOR IRRIGATING GARDENS.**

The pumps must be installed in enclosed places, or at least protected against inclement weather.

**WARRANTY 2 YEARS** subject to our general terms of sale.

**CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

**PUMP BODY:** cast iron, with threaded ports ISO 228/1.

**MOTOR BRACKET:** aluminium with brass insert; reduces starting difficulties due to seizure of the impeller after long periods of inactivity.

- **IMPELLER:** brass, of the type with radial peripheral vanes.
- **MOTOR SHAFT:** stainless steel EN 10088-3 - 1.4104.
- **MECHANICAL SEAL:** ceramic - graphite - NBR.
- **ELECTRIC MOTOR:** the pumps are close-coupled to a carefully matched electric motor, quiet running, totally enclosed fan cooled, suitable for continuous duty.
- IP M:** single-phase 230 V - 50 Hz with capacitor and thermal overload protector.
- IP:** three-phase 230/400 V - 50 Hz.
- **INSULATION:** class F.
- **PROTECTION:** IP 44.

**OPTIONS ON REQUEST**

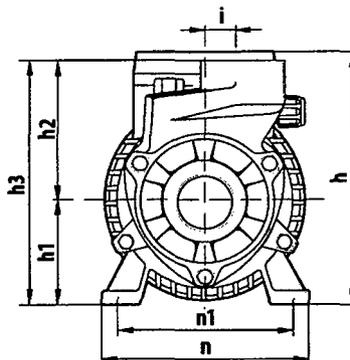
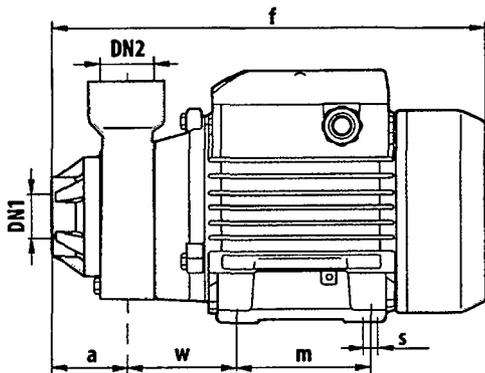
- ⇒ special mechanical seal
- ⇒ other voltages or frequency 60 Hz

**CONSTRUCTION AND SAFETY STANDARDS**

EN 60 335-1	EN 60034-1
IEC 335-1	IEC 34-1
CEI 61-150	CEI 2-3



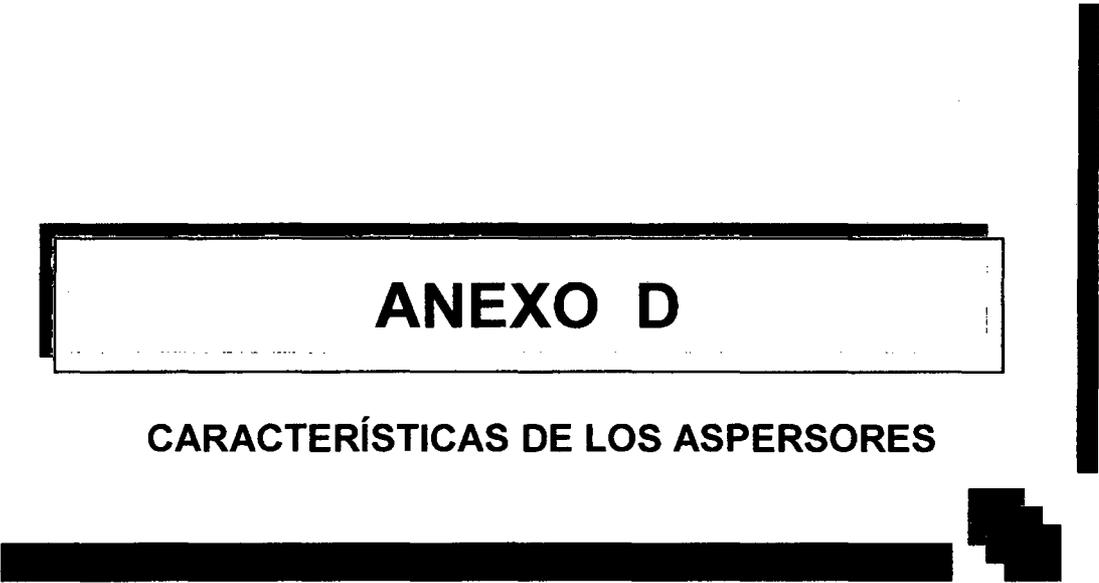
**DIMENSIONS**





## **ANEXO D**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES**



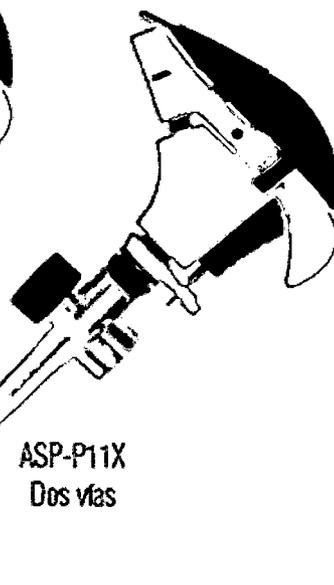
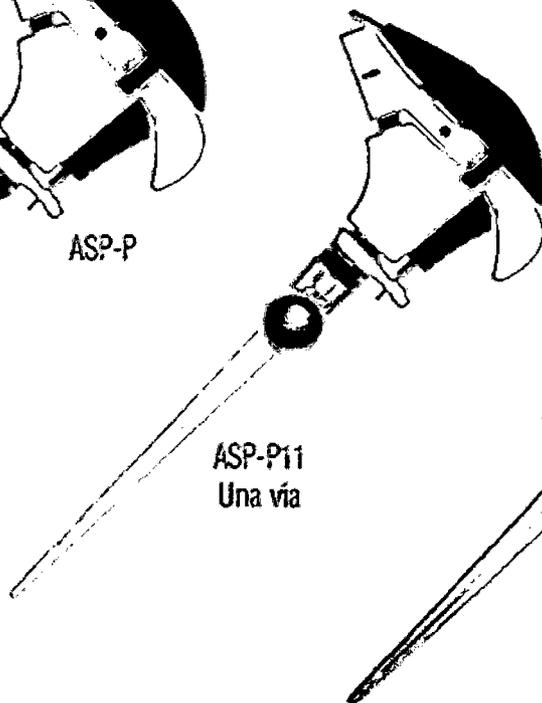
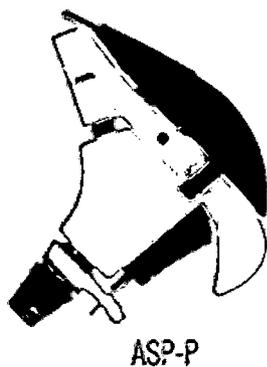
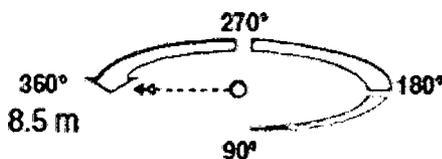


# Aspersores plásticos

- > Funcionamiento óptimo con presión de 40 a 50 PSI
- > Estacas de 21 cm
- > **ASP-P11X:** Para conectarse en serie
- > Clip de límite de riego

## ESPECIFICACIONES

Área de riego: 360°  
 Alcance a presión máx: 8.5 m



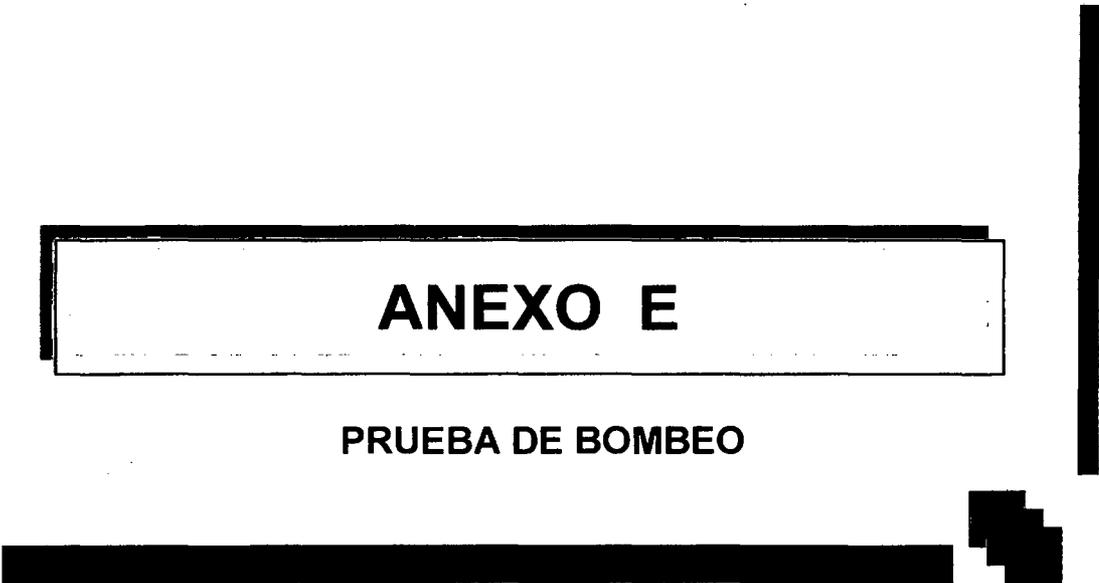
COMCO	CLAVE	MAYOREO	PÚBLICO	R
10333	ASP-P	\$ 32	\$ 38	○
10336	ASP-P11	\$ 50	\$ 62	○
10339	ASP-P11X	\$ 54	\$ 67	○

TARJETA PLÁSTICA / CAJA 6 / MASTER 72



# ANEXO E

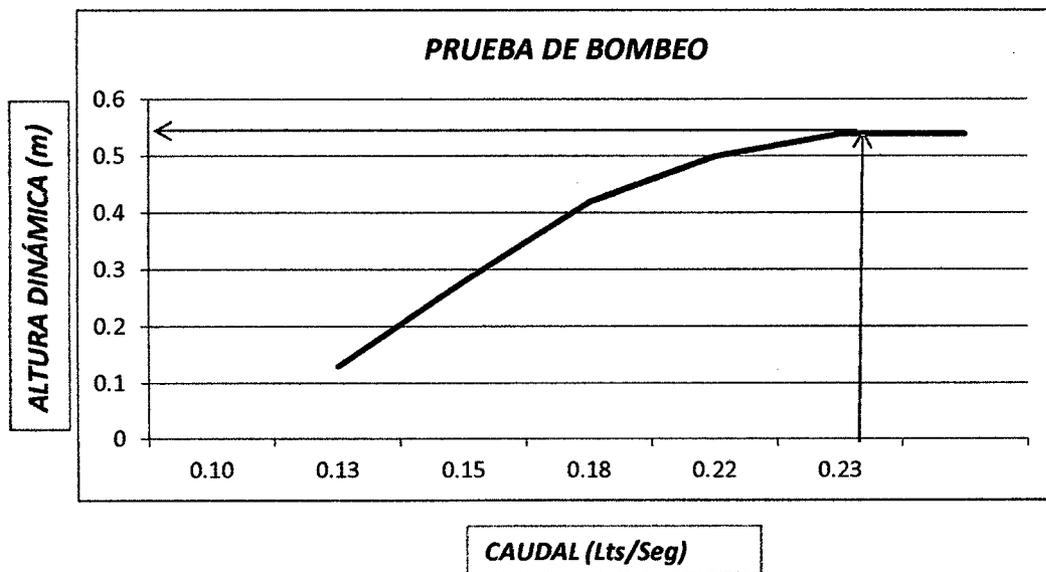
## PRUEBA DE BOMBEO



## DESARROLLO DE PRUEBA DE BOMBEO

Se determinaron los siguientes datos de campo, para el desarrollo de la Prueba de Bombeo y así obtener el caudal máximo del sistema de micropozos (pozos pequeños)

<i>Caudal (Lts/Seg)</i>	<i>Altura Dinámica</i>
0.10	0.13
0.13	0.28
0.15	0.42
0.18	0.50
0.22	0.54
0.23	0.54





**ANR**

**REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



“Año de la Promoción de la Industria Responsable  
y del Compromiso Climático”



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

“CATALOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN – TIPRO”

RESOLUCIÓN N° 1562 – 2006 – ANR

## REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES (PREGRADO):

- UNIVERSIDAD : Universidad Nacional Del Santa
- ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL : Ingeniería Civil
- TITULO DEL TRABAJO : “Aprovechamiento del agua subterránea, mediante la utilización del sistema de micropozos para el riego de áreas verdes en Chimbote”
- ÁREA DE INVESTIGACIÓN : Hidráulica
- AUTORES:
  1. DNI: 41935479  
HUADO AVALOS MARCO ANTONIO
  2. DNI: 42098142  
VALDIVIESO CASTAÑEDA RICARDO ANTONIO
- TITULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE : Ingeniero Civil
- AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN : 2014

## II. CONTENIDO DEL RESUMEN:

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Realizar un sistema de micropozos y/o pozos pequeños, para utilizar el recurso hídrico subterráneo en pos de un sistema de riego sostenible en Chimbote, se plantean dos preguntas puntuales:

- *¿Cuál será la cantidad y calidad del agua subterránea?*
- *¿Cuál será la eficiencia de riego de áreas verdes?*

Además de lo antes mencionado, el mal manejo del riego conlleva a que las plantas (áreas verdes), pierdan o disminuyan su desarrollo, conllevando a la proliferación de otro tipo de especies de plantas, como por ejemplo la llamada “mala hierba”, la cual crece rápidamente asfixiando a las primeras.

Que sería de la Ciudad Chimbote si persiste esta situación, con sus áreas verdes descuidadas, sin un sistema de riego sostenible, dando una pobre imagen de la cultura de la ciudad y un aspecto lúgubre y sucio; más aún con el paso del tiempo. Por otro lado, la cantidad de agua que se desperdicia en el riego de Parques y Jardines Públicos, las cuales son irrigadas por la Municipalidad Provincial del Santa, con aguas que provienen del sistema de agua potable mayormente a través de los servicios domiciliarios en muchos casos, es alarmante; en la realidad no cubre con la demanda de agua necesaria para el riego de las áreas verdes del distrito encontrándose estas en mal estado y en otras inexistentes, por lo tanto es necesario un control racional y sistema confiable.

Se plantea el siguiente problema:

**¿Cómo mejorará la eficiencia del riego con el sistema de micropozos, para las áreas verdes de la ciudad de Chimbote y además utilizando un sistema de riego tecnificado?**

## **2.2 OBJETIVOS:**

### ***2.2.1 Objetivos Generales:***

- Realizar el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego de áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

### ***2.2.2 Objetivos Específicos:***

- Utilizar el sistema de micropozos, para la extracción del agua subterránea.
- Verificar la calidad del agua extraída, para el riego de las áreas verdes.
- Diseñar un sistema de irrigación, para un adecuado riego tecnificado de las áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

## **2.3 HIPÓTESIS:**

Si se realiza la extracción y el estudio del agua subterránea, mediante la utilización de un sistema de micropozos; entonces se logrará obtener el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego tecnificado adecuado de áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

## **2.4 BREVE REFERENCIA AL MARCO TEÓRICO:**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, el aprovechamiento del agua subterránea en zonas específicas de Chimbote, en nuestro caso la I.E. Inmaculada de la Merced, en dicha zona de estudio se encuentra el nivel freático alto.

La implementación de un sistema de bombeo para la extracción del agua subterránea, ha permitido desarrollar un sistema de riego tecnificado adecuado. Garantizando así un riego sostenible de las áreas verdes en la ciudad de Chimbote.

El caudal obtenido del presente trabajo de investigación es de 0.47 lt/seg, para dos micropozos conectados entre sí, el cual fue satisfactorio a la medida de nuestras expectativas teóricas, concluyendo que el sistema de micropozos es una solución sostenible y rentable a mediano y largo plazo, con el cual se puede obtener la

cantidad de agua necesaria, con una calidad aceptable, para el riego de las áreas verdes que se demande.

## 2.5 CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES:

### 2.5.1 CONCLUSIONES:

- Se concluye que mediante la utilización de un sistema de micropozos (pozos pequeños), se puede obtener el aprovechamiento del agua subterránea, para el riego de áreas verdes; este sistema **funciona adecuadamente** y dentro de los datos teóricos obtenidos.
- Se obtuvo un caudal real de 0.235 lt/seg por pozo ejecutado, el cual fue mayor al caudal teórico de 0.14 lt/seg, generándose un excedente de 59.6% con respecto al caudal teórico.
- El sistema de micropozos es una solución **sostenible y rentable** a mediano y largo plazo, con el cual se puede obtener la cantidad de agua necesaria, con una calidad aceptable, para el riego de las áreas verdes que se demande.
- La calidad del agua, es aceptable, con un PH de 7.8, su poco grado de alcalinidad, nos permite, hacer el uso de este elemento para el riego de grass y algunas flores de resistencia media como el geranio, gardenias o begonias; si esta agua quiere ser usada para horticultura, entonces, se tiene que tratar con tio sulfato de sodio en una proporción de 8-10 ml / litro, esta sustancia neutraliza el PH del agua, tanto para agua acida como alcalina.
- Se concluye que el sistema de riego tecnificado por aspersión, es el más adecuado, para la extracción del agua subterránea, mediante una bomba periférica, la cual nos proporciona la presión de agua que necesita el aspersor. Si se quiere usar el agua para horticultura, esta tendrá que ser extraída a reservorios con una bomba de caudal, para ser tratadas y luego ser rebombadas a los huertos.

### **2.5.2 RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda, que para un adecuado funcionamiento de micropozos, los filtros deben estar localizados en capas de suelo granular grueso o gravilla, con una permeabilidad de suelo media - alta, esto se verifica en los estudios de suelos (estratigrafía), hechos previamente en la zona, si no se da el caso, entonces se procederá a colocar un material de pre-filtro, entre el filtro plástico y la capa acuífera.
- Si se requiere el agua subterránea para riego de áreas verdes, esta si es aceptable; ahora si se necesita para la horticultura o consumo humano, se debe hacer un tratamiento de la misma antes de ser utilizada.
- Si el suelo contiene salinidad superficial, entonces, antes de realizar el sembrado, se recomienda utilizar cal viva a razón de 50 Kg x Ha o de lo contrario Pastilla de zinc, esto es para alejar los iones de sales del suelo.
- Se recomienda para un riego más adecuado, el cálculo del área a regar, el tipo de cultivo a regar, determinar el sistema el tipo de riego tecnificado a utilizar (en nuestro caso sistema por aspersión), luego calcular la potencia de la bomba y la calidad del tipo de aspersor. Por ejemplo si se quiere regar áreas de mayor extensión, se puede utilizar aspersores de tipo metal con un alcance de 15m de radio aproximadamente, para lo cual se debe usar una bomba de mayor potencia y un mayor número de micropozos, para conseguir el caudal deseado, sin abatir de manera desmesurada el nivel freático.

## 2.6 BIBLIOGRAFÍA:

- ULRIC P. GIBSON & REXFORD D. SINGER, **Manual de los Pozos Pequeños**, 7ma Edición, México – 1990.
- JOSÉ MANUEL PÉREZ LEÓN, **Manual para determinar la calidad del Agua para Riego Agrícola**, 2da Edición, Lima – 2011.
- PROF. SILVIO ROJAS, **Flujos hacia Zanjas & Pozos**, 4ta Edición, México – 2009.
- GOBIERNO DE CANARIAS, **Manual técnico para la ejecución de pozos**, 1ra edición, mayo – 2012.
- JAVIER SÁNCHEZ V., **Clasificación y Uso de las Aguas de Riego**, enero – 2007.
- FUENTES YAGUE J, **Técnicas de Riego**, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1998.

### *SITIOS WEB CONSULTADOS:*

- [http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm)
- [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm)
- <http://www.crsprogramquality.org>