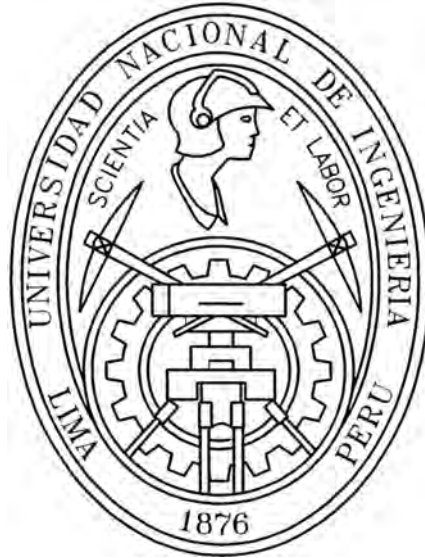


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION**

**“SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE AGUAS  
SUBTERRANEAS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**GIOVANNI MOISES COCHACHI ORE**

**Lima- Perú**

**2008**

**Dedicatoria:**

Quisiera dedicar estas páginas  
y agradecer a mi familia  
todo lo que han hecho por mí,  
especialmente a mi madre querida  
que Dios los bendiga.

## INDICE

RESUMEN .....	3
INTRODUCCION .....	5
<b>CAPITULO 1 INFORMACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO</b>	
1.1 Características geológicas y geotécnicas de la zona .....	7
1.2 Estado hidrogeológico del acuífero .....	10
1.3 Crecimiento urbano poblacional .....	15
1.4 Parámetros del acuífero y del pozo existente .....	17
1.4.1 Prueba escalonada variación del caudal .....	18
1.4.2 Prueba a caudal y velocidad constante .....	22
<b>CAPITULO 2 PLANEAMIENTO TEÓRICO Y METODOLOGÍA</b>	
2.1 De la dotación de agua potable .....	25
2.2 Del diseño de la línea de impulsión .....	29
2.3 De la selección del equipo de bombeo .....	34
<b>CAPITULO 3 PLANEAMIENTO TECNOLÓGICO</b>	
3.1 Estudios preliminares .....	38
3.2 Parámetros y criterios de diseño .....	40
<b>CAPITULO 4 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO</b>	
4.1 Memoria de cálculo de la línea de impulsión .....	47
4.2 Memoria de cálculo del sistema de bombeo .....	57
4.3 Resultados y su Análisis .....	59
CONCLUSIONES .....	61
RECOMENDACIONES .....	63
BIBLIOGRAFIA .....	64
ANEXOS .....	65

## RESUMEN

El presente trabajo "Sistema de abastecimiento mediante aguas subterráneas" corresponde al tomo N° 2 del Proyecto: "Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la Universidad Nacional de Educación "Enrique Guzmán y Valle", surge de la necesidad de dar solución a parte de los problemas existentes en el sistema de abastecimiento de agua potable que afecta a la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle – La Cantuta, debido al crecimiento de la población estudiantil y a la antigüedad de los sistemas de suministro (mediante aguas superficiales), que generan un abastecimiento interrumpido en determinados instantes en la población, que incluso han visto condicionada su situación sanitaria en un futuro no muy lejano. Es así como se prevé mediante el análisis de dos alternativas, el mejoramiento para el sistema de abastecimiento mediante aguas subterráneas, con el propósito de satisfacer la demanda de agua total, para la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Como primer análisis y alternativa se tiene proyectado la profundización del pozo tubular ya existente, debido al posible descenso de la napa freática, esto último a consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años. Verificando y rediseñando de ser necesario, cada uno de sus componentes principales del sistema actual y que estos se encuentren en capacidad de brindar la dotación de agua actual y futura.

La otra alternativa evalúa la posibilidad de proyectar un nuevo sistema de abastecimiento de agua subterráneo, para cada uno de sus componentes, desde la ubicación del nuevo pozo, la bomba sumergible, potencia de la bomba, tuberías de impulsión, y demás componentes que cumplan los requerimientos que la demanda futura amerite.

Mediante este proceso lo que se pretende es obtener la mejor opción técnica – Económica que nos permita definir el tipo, diámetro y clase de tubería, bomba correspondiente y demás componentes que deberá tener, el sistema de suministro que va desde el pozo tubular (existente o nuevo) hacia el reservorio



principal también existente, al menor costo de inversión presente cumpliendo con todos requerimientos que el diseño exige.

En resumen se opta por una alternativa que genere el menor costo de operación y mantenimiento posible durante el periodo de vida útil del equipo, con un rendimiento acorde a las exigencias futuras de trabajo, y con una capacidad de carga y caudal mayores a los que se determinan en el diseño de la línea de impulsión.

## INTRODUCCION

La Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, actualmente satisface su abastecimiento de agua potable, con recursos superficiales provenientes de una acequia y con recursos de agua subterránea provenientes de un pozo perforado en el área de la ciudad universitaria, debido a que no existen redes generales de SEDAPAL en la zona.

En los siguientes párrafos se hace un análisis del abastecimiento de agua para la universidad en mención, considerando una fuente propia, y utilizando las aguas subterráneas existentes del acuífero local sobre la cual se encuentra asentada la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Es decir la extracción del recurso hídrico, haciendo uso exclusivo de los sistemas de pozos tubulares, con la finalidad de satisfacer la demanda total, actual y futura dentro de los próximos diez años, contemplado la mejor opción técnica - económica.

El objetivo principal es contar con un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable eficiente que satisfaga la demanda actual y futura de la población universitaria, asegurando las condiciones sanitarias, que estas requieren para el desarrollo de sus actividades, minimizando costos que conlleva un abastecimiento mediante dos fuentes.

Además de ello el objetivo puntual materia del presente estudio es el abastecimiento de agua potable, tomando como alternativa el uso exclusivo del pozo tubular existente para la captación del agua subterránea, la misma que mediante verificaciones de diseño y de mejoramientos para dicho sistema de captación, cumplan y satisfagan el incremento de la demanda de agua potable para la ciudad universitaria futura en los próximos 10 años, y de no darse el caso la proyección de un nuevo pozo tubular dentro del campus universitario, minimizando y/o eliminando costos que conlleva un abastecimiento mediante el uso de dos fuentes (fuente superficial y subterránea).

Mencionar también que el alcance que tiene el presente estudio esta considerado dentro de la etapa de perfil para el marco del SNIP, basado en

estudios previos ya realizados por profesionales especialistas, inspecciones de componentes existentes del sistema, e información técnica de diseño y análisis referente a sistemas de pozos tubulares.

Como tal es recomendable realizar estudios complementarios de campo para la verificación de datos obtenidos mediante ensayos in situ, ya que algunos de ellos han sido solo estimados y/o por el cambio en su magnitud acorde a la explotación de los recursos, siendo estos datos utilizados en el presente documento.

## CAPITULO I

### INFORMACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

#### 1.1.- Características geológicas y geotécnicas de la zona

El área del estudio (Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”), está ubicada en el cono de escombros de una quebrada seca en la margen derecha del río Rímac.

La roca de los cerros del área es de tipo granodiorítico y de ella derivan los componentes del cono de escombros.



FIG. 1.1.- EN ESTAS FOTOS SE APRECIAN LAS ROCAS INTRUSIVAS TIPO GRANODIORITA Y DEMÁS ESCOMBROS PRODUCTO DE LA METEORIZACIÓN.

Este cono tiene espesor variable desde 1.00 m en su vértice hasta probablemente 10-15 m en su confluencia con el río Rimac y esta compuesto de guijones y bloques de granodiorita con tamaño hasta de 1.20-1.50 m, angulosos y sub-angulosos, en “matriz” de arena gruesa (cuarzosa y micacea) que contiene algo de limo y arcilla. Todos estos materiales son producto de la erosión (meteorismo) que a experimentado la granodiorita y que luego han sido transportados hasta donde se les encuentra, principalmente por acción de la gravedad y eventualmente por agua de lluvia. Para confirmar la presencia del material y sus características, se excavaron tres calicatas, En las tres calicatas se corto prácticamente el mismo tipo de material, escombros con abundantes guijones y bloques de granodiorita con arena gruesa que contiene algo de limo y arcilla. Se adjuntan los perfiles de las calicatas CT-1, CT-2 y CT-3 (ver anexo 01).

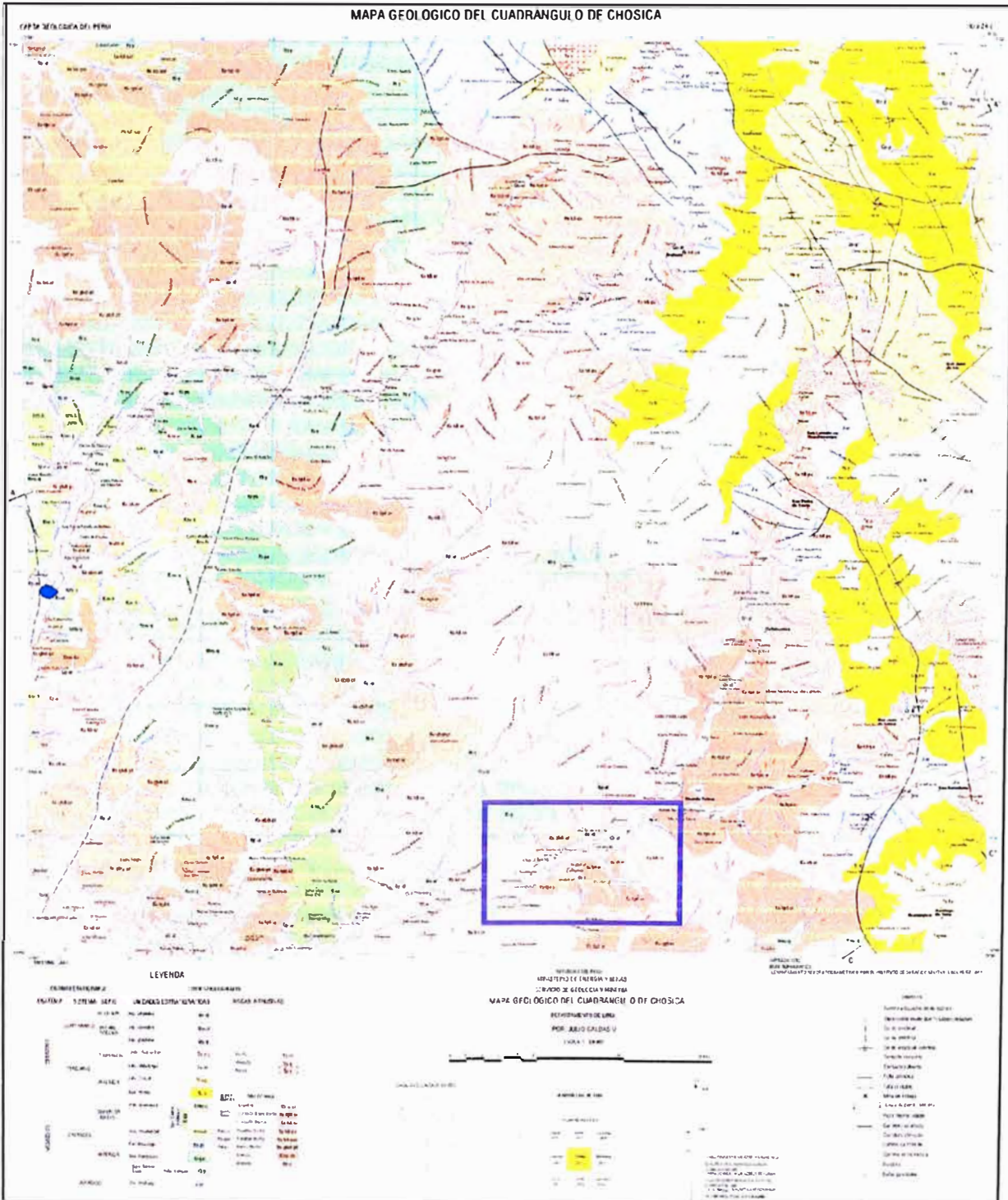


FIG. 1.2.- MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE CHOSICA, EN EL RECUADRO RESULTADO SE CONCENTRA LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE



CRONOESTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA				
ERATEMA	SISTEMA	ETAPA	UNIDADES LITOLÓGICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. Aluviales	Qr-al			
		PLEISTOCENO	Dep. Aluviales	Gp-af			
			Dep. glaciares	Gp-g			
			Volc. Huarochiri	Ts-nu	Diorita	Ts-dl	
		TERCIARIO	SUPERIOR	Volc. Millotingo	Ts-m	Andesita	Ts-a
	INFERIOR		Volc. Colqui	Ts-co	Riolita	Ts-r	
			Gpo. Rimac	Tf-r			
	MESOZOICO		CRETACEO	SUPERIOR	Volc. Quilmana	Kms-q	SUPER UNIDAD
		MEDIO		Gpo. Casma	K-ca	Granitos	
		Volc. Huarangal		Kim-h	Santa Rosa Tonalita - Granodiorita	Ks-q-gr	
		Fm. Atocongo		Kl-at	Tonalita - Dorita	Ks-tg-d-gr	
		Fm. Pamplona		Kl-pa	Paccha Tonalita - Diorita	Ks-tt-d-gr	
JURASICO		INFERIOR		Gpo. Morro Solar	Kl-y	Paraiso Tonalita - Diorita	Ks-tt-d-pa
				Fm. Aranzhuay	J-ar	Patap Gabro-Diorita	Ks-qb-d-pt
						Dolorita	Kms-d
						Andesita	Ks-a

FIG. 1.3.- LEYENDA DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE CHOSICA MOSTRANDO LÍNEAS ARRIBA.

Los escombros del área constituyen buen material para la fundación de estructuras (reservorio) y tendido de tuberías. Una muy importante recomendación a tener en cuenta para con este material es que no debe existir la mas mínima infiltración de agua a su masa ya que de ocurrir ella, el agua arrastrara a aquellos de menor granulometría (arenas, limos y arcillas) dejando vacíos que predispondrán al reacomodo de los bloques y guijones con el consiguiente asentamiento o colapso del material y las estructuras que descansan sobre ella.

## 1.2.- Estado hidrogeológico del acuífero

El acuífero está formado por depósitos aluviales no consolidados y limitados por rocas intrusivas con presencia de cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas tal y como se muestran en las figuras 1.4 y 1.5.

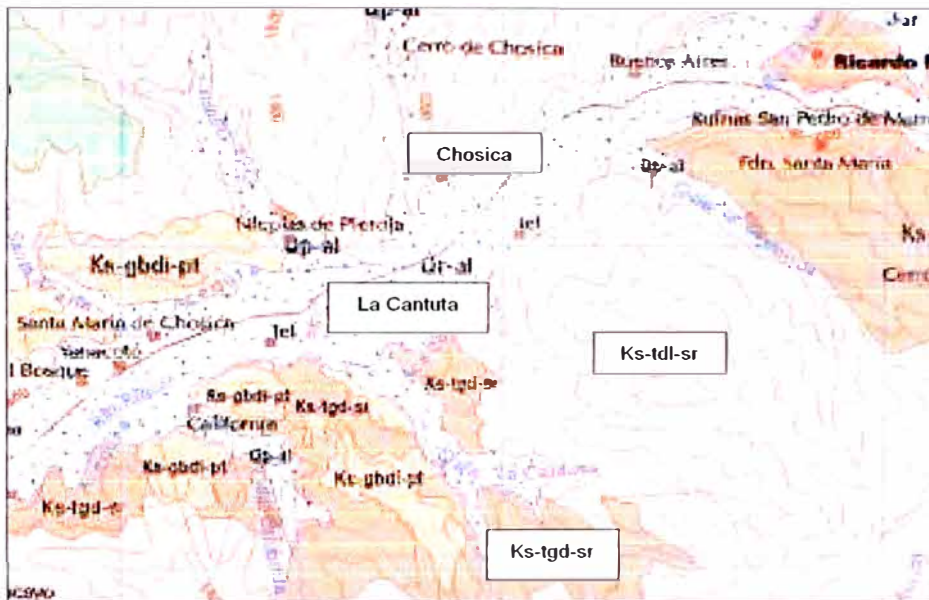


FIG. 1.4.- EXTRACTO DEL MAPA GEOLÓGICO DONDE SE MUESTRA LOS DEPÓSITOS ALUVIALES (RELLENO DE COLOR CELESTE) UBICADO ENTRE LAS ROCAS INTRUSIVAS GRANODIORITICAS.



FIG. 1.5.- FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA CIUDAD DE CHOSICA PREDOMINANTEMENTE ASENTADA POR ENCIMA DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES.

Los depósitos aluviales están distribuidos en la zona evaluada y están representados por sedimentos clásticos aluviales que corresponden principalmente a cantos rodados grandes y chicos, gravas, arenas con arcillas en su parte superior; estos materiales están intercalados en horizontes y/o mezclados entre si formando un amplio reservorio acuífero.

Desde el punto de vista hidrogeológico, estos materiales son idóneos para el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas en virtud de su mayor espesor, porosidad y permeabilidad, siendo prospectable por aguas subterráneas.

Los depósitos aluviales no consolidados presentan buenas cualidades físico - mecánicas en cuanto a la aptitud para la circulación y almacenamiento de agua.

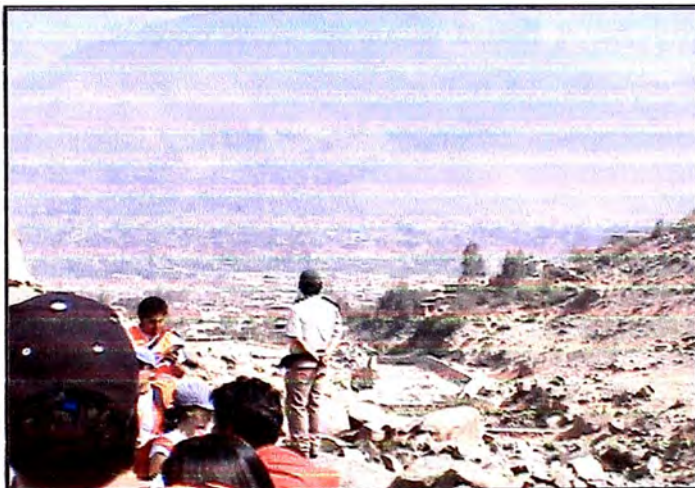


FIG. 1.6.- DEPÓSITOS ALUVIALES  
UBICADOS A LA MARGEN IZQUIERDA  
DEL RÍO RIMAC.

La napa es de tipo libre predominantemente y su nivel estático se encuentra a 19m por debajo de la superficie. Es alimentada por infiltraciones provenientes del río Rimac, por las infiltraciones que se producen en las partes altas de la quebrada y por infiltraciones de los canales sin revestimiento y aguas de riego.

El gradiente hidráulico de la napa freática debe seguir la pendiente del substrato que es de 1.5% en sentido Noreste a Suroeste, paralelo al curso del río Rimac.

El agua subterránea a ser captada a través del pozo tubular perforado, esta orientado para el uso poblacional, por ende era necesario conocer su calidad



química, para ello se tomo una muestra, realizando posteriormente su análisis fisico-químico y otra adicional para el análisis bacteriológico.

El análisis fisico-químico fue realizado por el laboratorio LASA INGENIEROS, y el análisis bacteriológico por la Consultoria & servicios Hidricos S.R.Ltda. (Ver Anexo 02). Los resultados del análisis fisico-químico evidencia que los radicales que sobresalen son el Calcio y el Sulfato, tipificando al agua a captarse como: Sulfatada Calcica (ver Anexo 03).

En el diagrama de potabilidad del agua de Waterlot (Ver Anexo 04), bajo el punto de vista químico, muestra que la potabilidad varía de pasable a mediocre.

A continuación se realiza una comparación de los resultados de los análisis en miligramos por litro (mg/lt), con los límites máximos tolerables, establecidos por el Organismo Mundial de la Salud (OMS-84). Los valores de los elementos analizados, por lo general están por debajo de los límites máximos tolerables, con excepción de los Bicarbonatos, que sobrepasa.

Por lo demás el agua a extraerse a través del pozo se estima que su calidad química es apta para el consumo humano. Respecto a su calidad bacteriológica, el agua analizada, se puede apreciar su interpretación en el Anexo 02.

Aunque el acuífero presenta parámetros favorables para el consumo es necesario siempre un proceso de desinfección el cual se logra inyectándole una solución de cloro en vacío a través de una bomba acoplada a la línea de impulsión, eliminando así los agentes contaminantes que puedan permanecer aún en el agua.

En conclusión el acuífero ubicado en la zona de estudio y en las condiciones actuales, se encuentra en capacidad de cubrir la demanda de agua que ha ser extraída mediante el uso de pozo, por lo que es factible su utilización en condiciones normales para el tiempo proyectado en el estudio, sin poner en riesgo su capacidad de recuperación.

- **Prospección geofísica**

Para determinar las condiciones del relleno aluvial que forma el acuífero, así como sus variaciones laterales, verticales, espesores y posiciones relativas, se ha utilizado un programa de investigaciones geofísicas mediante la ejecución de dos estaciones de sondajes eléctricos verticales de superficie (SEV) que se ubican la figura 1.7



FIG. 1.7.- FOTOGRAFIA SATELITAL MOSTRANDO LA UBICACIÓN REAL DE LOS SONDAJES ELECTRICOS

La información se ha procesado haciendo la interpretación cuantitativa de cada uno de los horizontes que están contenidos en las inflexiones de las curvas de campo, en donde se ha obtenido:

CUADRO. 1.1.- VALORES DE RESISTIVIDADES Y POTENCIAS PARA CADA UNO DE LOS ESTRATOS.

SEV 1	RESISTIVIDADES				POTENCIA			
	R1 =	28.7	Ohm-m	H1 =	1.7	m		
	R2 =	380	Ohm-m	H2 =	2.1	m		
	R3 =	760	Ohm-m	H3 =	5.3	m		
	R4 =	39.6	Ohm-m	H4 =	18.6	m		
	R5 =	4970	Ohm-m	H5 =	----			

SEV 2	RESISTIVIDADES				POTENCIA			
	R1 =	226	Ohm-m	H1 =	0.9	m		
	R2 =	990	Ohm-m	H2 =	1.8	m		
	R3 =	46.3	Ohm-m	H3 =	2.5	m		
	R4 =	184	Ohm-m	H4 =	26.9	m		
	R5 =	55.2	Ohm-m	H5 =	64.5	m		
	R6 =	313	Ohm-m	H6 =	----			

Los resultados han permitido diferenciar los contactos de los espesores y resistividad verdadera de cada estrato en donde se ha diferenciado 4 horizontes considerando el basamento cristalino, donde:

Horizonte H1: Corresponde al primer estrato superficial del relleno, tiene pequeño espesor, nada interesante.

Horizonte H2: Corresponde al segundo estrato conformado por sedimentos bastante heterogéneos como gravas, cantos rodados, arenas con matriz arcillosa, sus resistividades verdaderas varían de 184 a 760 Ohm-m. y su potencia es mayor en el SEV 2 disminuyendo en dirección del SEV 1.

Horizonte H3: Corresponde al acuífero aprovechable, tiene buena permeabilidad intrínseca, esta conformado por sedimentos de arena gruesa y fina, gravas, cantos rodados de diámetro variado con poca arcilla, sus resistividades verdaderas varía de 39.6 a 55.6 Ohm-m y su potencia de 20 a 60m aproximadamente, teniendo su mayor potencia en el SEV 2.



**Horizonte H4:** Corresponde al horizonte rocoso impermeable cristalino.

Teniendo en cuenta estos resultados, el tercer horizonte tiene las mejores características de permeabilidad y que tiene buena potencia, el cual debe ser atravesado completamente por la perforación que se plantee ejecutar.

**1.3.- Crecimiento urbano poblacional.**

La información sobre la población universitaria se obtuvo de la Unidad de Planeamiento y Estadística de la UNE. En el cuadro siguiente se muestra el crecimiento de la población del año 2003 a la actualidad.

Población Universitaria					
Denominación	Población 2003	Población 2004	Población 2005	Población 2006	Población 2007
Estudiantes Matriculados					
Educación Inicial	688	700	746	775	631
Pedagogía y Cultura Física	1.592	1.500	1.369	1.350	997
Ciencias Sociales y Humanidades	2.024	2.000	1.845	1.883	1.666
Ciencias	1.219	1.200	1.171	1.204	1.036
Agropecuaria y Nutrición	478	400	513	503	443
Tecnología	1.575	1.500	1.356	1.342	1.041
Ciencias Administrativas y Turismo*	400	458	466	513	0*
<b>Total</b>	<b>7,976</b>	<b>7,758</b>	<b>7,466</b>	<b>7,570</b>	<b>5,814</b>
Docentes	728	663	706	835	806
Administrativos	450	450	443	504	622
<b>Total</b>	<b>9,154</b>	<b>8,871</b>	<b>8,615</b>	<b>8,909</b>	<b>7,242</b>

\* Facultad trasladada al local distrito del Rimac

Para la estimación de la población futura utilizaremos el **método aritmético**, por esperar un crecimiento de población constante, es decir el crecimiento tiende a un comportamiento en línea recta, y que responde a la ecuación:

$$P = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} (t - t_1)$$

Donde:  $P_i$  : Población en tiempo  $t_i$

Nuestra tasa de crecimiento esta dada por:  $r = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$

Utilizaremos los datos del año 2004, 2005 y 2006.

AÑO	POBLACION	P <sub>2006-2004</sub>	P <sub>2006-2005</sub>	$\frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}$
				$t_{t+1} - t_t$
2004	8,871			
2005	8,615		294	294
2006	8,909	38		19
promedio :				156.5

Teniendo definida la población actual, la proyectamos con la tasa de crecimiento estimada:

POBLACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN		
(ESTIMACIÓN AL AÑO 2017)		
AÑO	n	POBLACIÓN
2007	0	7,242
2008	1	7,399
2009	2	7,555
2010	3	7,712
2011	4	7,868
2012	5	8,025
2013	6	8,181
2014	7	8,338
2015	8	8,494
2016	9	8,651
2017	10	8,807

FUENTE : Oficina Central de Planificación y Desarrollo Institucional UNE

## 1.4.- Parámetros del acuífero y del pozo existente

### **Pruebas de bombeo realizadas:**

Los ensayos de bombeo, en sus múltiples variantes son la principal herramienta de que se dispone para el estudio del comportamiento de pozos, predicción de caudales, descensos futuros, y obtención de valores representativos de las características de los acuíferos.

Los bombeos para estudiar las características de los pozos suelen designarse con el nombre de *aforos* o *ensayos de descenso* y en general no comportan la observación de los niveles del agua en pozos o piezómetros próximos.

Los bombeos en los que se observan los descensos producidos en otros pozos o en piezómetros próximos (el pozo de bombeo se suele medir también) se suelen llamar ensayos de bombeo y también más específicamente *ensayos de interferencia*.

La medición de los niveles del agua, después del cese de bombeo en el propio pozo de bombeo y/o en los pozos y piezómetros de observación, se llama *ensayo de recuperación*.

- **Con un aforo (sin pozos de observación) puede obtenerse:**
  - a) Caudal óptimo o aconsejable de explotación del pozo,
  - b) Curva característica del pozo
  - c) Un primer valor de la eficiencia del pozo
  - d) Una estimación de la transmisividad del acuífero
  - e) Datos preliminares sobre acuíferos (barreras, drenaje diferido, semiconfinamiento, etc.).
  - f) A veces se puede llegar a una estimación del coeficiente de almacenamiento del acuífero si a los descensos observados se les resta las pérdidas en el pozo obtenidas de la curva característica.

- **Con un ensayo de bombeo de interferencia (con pozos de observación o piezómetros) puede obtenerse:**
  - a) Transmisividad del acuífero.
  - b) Coeficiente de almacenamiento del acuífero.
  - c) Características del acuífero propias o en relación con su contorno (Semiconfinamiento, recarga, drenaje diferido).
  - d) Presencia y situación de límites (barreras, fallas, líneas de recarga, etc.).
  - e) Datos para extrapolar razonablemente los descensos del pozo sometido a una larga explotación.
  - f) Eficiencia real del pozo.

Las pruebas de bombeo pueden dividirse en:

- *Prueba de larga duración a caudal constante, y*
- *Prueba escalonada variación del caudal.*

Para el presente informe solo se hará mención a la prueba escalonada ya que se tienen registros de dicha prueba para el pozo existente.

#### **1.4.1.- Prueba escalonada variación del caudal.**

Es una prueba que permite estimar el rendimiento del pozo, éste tipo de ensayo nos permite determinar entre otras cosas: el caudal de explotación del pozo, ecuación del pozo, curva característica del pozo y eficiencia del pozo. Esta prueba debe realizarse antes de la prueba de larga duración, ya que permite estimar el caudal constante con que será bombeado el pozo durante 72 horas.

Los trabajos realizados en el pozo nos brindan más información técnica referente al pozo, el tipo de bomba que se debe utilizar y los descensos esperados en el pozo de acuerdo al caudal de explotación.

Los datos de ensayos de bombeo son muy importantes para comprender mejor el comportamiento de las aguas subterráneas, determinar los parámetros hidráulicos del acuífero y medir el rendimiento de los pozos.

El método de bombeos escalonados es el más usual para el cálculo de los coeficientes de la fórmula general de descensos:  $\Delta = AQ + BQ^n$ .

La aplicación del método no precisa de pozos auxiliares de observación, lo que representa una gran ventaja sobre los procedimientos anteriores, ya que, por lo general, no se dispone de piezómetros que permitan conocer las características del acuífero.

La Prueba escalonada tiene como objetivo la de someter al pozo a un bombeo a diferentes regímenes, durante 10 horas continuas, con el propósito de poder determinar la curva de rendimiento, y de ella talvez fijar el caudal de explotación permanente.

- **Análisis del abatimiento en los pozos**

Ecuación general del pozo (fórmula básica):

El abatimiento o descenso en un pozo puede escribirse mediante la siguiente ecuación general propuesta por Jacob:

$$\Delta = A*Q + B*Q^2 \text{ (Ecuación del pozo),}$$

Donde:

$\Delta$	:	Abatimiento
$A*Q$	:	Expresa el abatimiento debido a la pérdida de carga en el acuífero y
$B*Q^2$	:	Pérdidas de carga en el pozo.

El coeficiente A corresponde a las pérdidas de circulación en la formación y depende de las características específicas del acuífero (T y S), así como del tiempo de bombeo, cuando se realiza un ensayo en régimen variable.



El valor de A, aunque puede ser un indicador del descenso teórico, no está bien definido, ya que suele estar sujeto a variaciones de permeabilidad o cambios anómalos del acuífero, a una cierta distancia del punto de bombeo. En ocasiones, el coeficiente A incluye pérdidas en el pozo proporcionales a Q, que no es posible cuantificar.

El coeficiente B es un indicador del grado de eficacia del sondeo y depende de las características propias de su construcción y acabado. Influye, por tanto, el tipo de macizo de grava y su colocación, la abertura y disposición de los filtros, el sistema de perforación empleado y el grado de desarrollo y limpieza obtenido.

Para determinar A y B es necesario realizar una prueba escalonada y proceder a la resolución gráfica, dibujando  $\Delta/Q$  en función de Q y trazando la recta que pasa por esos puntos. La pendiente da el valor de B y la ordenada en el origen el valor de A.

Para el valor de "B", el investigador Walton (Especialista Norteamericano), ha establecido una escala de valores que esta en función con la calidad constructiva del pozo, y son:

- De 0 a 2000, Buen Pozo.
- De 2000 a 4000, Pozo regular.
- De 4000 a mas, Pozo malo.

Estas estimaciones se establecen bajo la condición de que  $n = 2$ . No siendo válidas cuando  $n > 2$ .

**a) Análisis de abatimiento en el pozo de la UNE:**

De los valores obtenidos de la prueba de bombeo escalonada se dibuja el gráfico  $\Delta/Q$  vs. Q, para obtener los valores de A y B. Los valores de Q fueron convertidos a  $m^3/día$ .

Según la grafica de la prueba escalonada (ver anexo 06) podemos obtener dichos valores, además de obtener una buena precisión en cuanto a que la

grafica tiende a comportarse de manera lineal con lo que no pudo ser mejor estimado el valor de n (n=2, ecuación de recta).

Tenemos entonces:

$$A = 23$$

$$B = 1375$$

Ecuación:

- $\Delta/Q(\text{s/m}^2) = 23 + 1375xQ$  ó

- $\Delta(\text{m}) = 23xQ + 1375xQ^2$

En el caso del Pozo existente se ubica en el parámetro de un buen pozo (B = 1375)

### **b) Eficiencia del Pozo**

La eficiencia de un pozo es un dato de valoración de la construcción de un pozo de gran valor y permite comparar pozos en la misma formación, si se toman iguales tiempos e iguales caudales. Sin embargo no es un criterio acertado para comparar pozos en formaciones diferentes. Es un valor importante para la explotación de un pozo y se obtiene de la ecuación del pozo, luego de determinar los coeficientes A y B. La eficiencia de un pozo puede escribirse mediante la siguiente ecuación:

$$ef = A*Q/(A*Q + B*Q^2)$$

La eficiencia de un pozo en que todas las pérdidas de carga son directamente proporcionales a Q será:

$$ef = 1/(1 + (B/A)*Q)$$

Los valores estimados de eficiencia en el pozo de la UNE, varían de acuerdo al caudal de explotación. Estos valores están en función de los coeficientes A y B, que se determinaron anteriormente. Los valores de eficiencia del pozo están dados en porcentajes y muestran la buena eficiencia que tiene el pozo a medida que se aumentó el caudal de bombeo en el pozo. Con un caudal de 30 l/s (0.030

m<sup>3</sup>/s), el pozo tiene una eficiencia de 68.0%. Los resultados se presentan en el anexo 06.

#### **1.4.2.- Prueba a Caudal y Velocidad Constante**

Para efectuar esta prueba continuada se tomo como caudal constante 20l/s. a una velocidad del motor de 1100R.P.M., por espacio de 36 horas continuas.

Los diferentes niveles dinámicos transitorios fueron controlados con una sonda eléctrica, y el caudal con el método del tubo Pitot (Sistema americano).

Los valores obtenidos, se graficaron el diagrama semilogaritmico para determinar los parámetros hidrogeológicos. (Ver anexo 07).

- **Parámetros Hidrogeológicos**

Mediante la prueba continuada, ha sido posible calcular los parámetros hidrogeológicos del acuífero captado, y es como se señala a continuación.

##### **a) Coeficiente de transmisividad (T)**

Es la razón a la cual fluye a través de una franja vertical de un acuífero, de ancho unitario y de altura igual al espesor saturado del mismo, cuando el gradiente hidráulico es igual a 1, o sea 100%. También la transmisividad es igual a la conductividad hidráulica ó permeabilidad multiplicada por el espesor saturado o espesor del manto acuífero. Las unidades son m<sup>2</sup>/día.

Unos de los métodos sencillos y rápidos para obtener los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento S, es mediante el Método de Jacob.

##### **Método de Jacob:**

Se hace una gráfica semilogaritmica, donde el abatimiento se encuentra en el eje de las ordenadas (escala normal) contra el tiempo en el de las abscisas (escala logaritmica), escogemos t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> con separación de un ciclo logaritmico. La fórmula de Jacob para determinar la transmisividad es la siguiente:

$$T = 2.3xQ/4x\pi xc = 0.183xQ/c,$$

c = abatimiento por ciclo logarítmico de tiempo.

Cuando hacemos el gráfico mencionado, hallamos que los puntos, a partir de cierto tiempo, comienzan a formar una línea recta. Ese tiempo depende de las características del manto acuífero, y será mayor en uno libre con "c" relativamente grande que en uno confinado que tiene una "c" pequeña y abatimientos grandes. Si los puntos no forman una línea recta, esto indica la ausencia de condiciones para aplicar el método.

### **b) Coeficiente de almacenamiento (S)**

Es el volumen cedido o tomado del almacenamiento (acuífero), por unidad de agua superficial, cuando se produce un cambio unitario de área. En otras palabras este coeficiente indica la cantidad de agua que puede ser obtenida por bombeo.

$$S = 2.25xTxt_0/r^2,$$

Donde,  $t_0$  = tiempo de intersección de la línea recta con el cero abatimiento en días.

Aplicando la fórmula de Jacob, luego de obtener los datos del gráfico (ver anexo 07), se tiene:

	Descenso
Transmisividad (T):	$1.80 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}.$
Permeabilidad (K):	$5.90 \times 10^{-4} \text{ m/s}.$
Coeficiente de Almacenamiento (S):	8.0 % (*)

(\*) Valor estimado, tomando como base la naturaleza y características de la litología que tiene el acuífero en la zona, debido a que este coeficiente no ha sido calculado.

El caudal actual de explotación del pozo es de 20 l/s lo que da una eficiencia hidráulica de 81% sin crear ningún tipo de sobreexplotación al acuífero. El caudal máximo de explotación recomendable es de 35 l/s que permite una eficiencia hidráulica superior al 65%.

Se revisó el análisis fisicoquímico del agua obtenido en la prueba de bombeo (presentado en el anexo 02) determinando que su calidad es aceptable y apta para el consumo humano, según las Normas de la Organización Mundial de la Salud.

## CAPITULO II

### PLANEAMIENTO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

#### 2.1.- De la dotacion de agua potable

Para analizar la demanda de agua para consumo humano, la dotación es de 50lt/hab/día, que se encuentra en el rango establecida por el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma IS.010) en lo que respecta a locales educacionales y residenciales estudiantiles; pero tomamos el valor de 200lt/hab/día, por considerar al campus universitario como una pequeña ciudad.

Tipo de Local Educacional	Dotación Diaria
Alumnado y personal no residente	50 L por persona
Alumnado y personal residente	200 L por persona

#### Pérdidas físicas de agua (PF):

Corresponde a pérdidas reales de agua potable, es decir es agua potable producida pero no utilizada. Puede ser resultado de:

- Fugas en las tuberías en mal estado.
- Rebose no controlado en los reservorios.
- Agua utilizada para limpieza de unidades de la planta de tratamiento.
- Las perdidas se estiman como porcentaje de la producción.

$$PF = (\text{Producción}) \times (\% \text{ de Perdidas})$$

#### Demanda de producción de agua potable ( $Q_{\text{medio}}$ ):

La demanda de producción media, es la suma del consumo y las perdidas físicas del sistema:

$$Q_{\text{medio}} = \text{Consumo Total} + PF \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- Qmedio : Demanda de producción media
- Consumo Total : Consumo total de todos los usuarios
- PF : Perdidas físicas

Si las pérdidas físicas se expresan como porcentaje de la demanda de producción:

$$PF = Q_{\text{medio}} (\times) \% PF$$

$$Q_{\text{medio}} = \text{Consumo Total} / (1 - \% PF)$$

**Demanda Máxima diaria y Demanda máxima horaria:**

Para fines de dimensionamiento de las obras, el volumen de producción obtenido (m<sup>3</sup>/día) se puede expresar como demanda promedio/segundo o caudal (Qmedio) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{medio}} = \text{Volumen de producción por dia} / 86,400$$

Con el Qmedio se obtienen las demandas máxima diaria y horaria, necesarias para el dimensionamiento de las obras, las cuales se definen:

**Demanda máxima diaria (Qmaxd):**

La demanda es variable en el día y también en los meses del año, esta variación se debe a que la población tiene un comportamiento dependiendo de la estación del año (crece considerablemente el uso del agua en verano). De esta manera que para el dimensionamiento de las obras de captación, producción y de conducción del agua a los reservorios, las mismas deben tener capacidad para abastecer sin problemas la máxima demanda de los consumidores. La estimación de la demanda máxima diaria (Qmaxd), se obtiene a partir de la demanda de producción media según la siguiente expresión:

$$Q_{\text{maxd}} = Q_{\text{medio anual}} * F1 \quad [l/\text{seg}]$$

Donde:

F1: Es el factor máximo diario. De acuerdo a las normas técnicas es 1.3

#### **Demanda máxima horaria (Qmaxh):**

La demanda tiene un comportamiento variable en el día, es decir en cada hora el sistema tiene requerimiento de los consumidores. Esta variación es absorbida en parte por el reservorio de regulación y por la capacidad de las redes de distribución. Estas últimas se diseñan para atender la demanda máxima horaria (Qmaxh), la cual se determina de la siguiente forma:

$$Q_{maxh} = Q_{medio\ anual} * F2 \quad [l/seg]$$

Donde:

F2: Es el factor máximo horario. De acuerdo a las normas técnicas varia [1.8-2.5]

#### **Demanda actual (Consumo de agua):**

La demanda de agua segura está representada por:

- El consumo de la población universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo) esto incluye al personal residente y no residente del campus universitario, para los cuales asignamos una dotación de 50 lt/hab/día; además.
- El consumo para el mantenimiento de las áreas verdes, el cual lo mantenemos constante en el tiempo, tanto en área a regar como en la dotación que le corresponde.
- El consumo para la población del centro piloto (Colegio) existente dentro del campus universitario, en cantidad de 1500 alumnos, que lo mantendremos constante a lo largo del horizonte del proyecto.
- La dotación necesaria para la operación de la totalidad de los grifos y aparatos sanitarios, en los edificios existentes, se incluyen tanto facultades, oficinas administrativas, cafeterías, centro médico, estadio.



**DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE PROYECTADO EN LA UNE**

Año	Población	CONSUMO DE AGUA					
		l/día					Total l/s
		Población	Areas verdes	Colegio Piloto	Dobleziones Otros	Total	
(1)	(2)	(3) = (2)x50lt/día	(4) = 14,950x2 lt/día	(5) = 1500x 50lt/día	(6)	(7) = (3) + (4) + (5) + (6)	(8) = (7)/86400
1	7.399	369.950	29.900	75.000	296.119.65	770.969.65	8.92
2	7.555	377.750	29.900	75.000	296.119.65	778.769.65	9.01
3	7.712	385.600	29.900	75.000	296.119.65	786.619.65	9.10
4	7.868	393.400	29.900	75.000	296.119.65	794.419.65	9.19
5	8.025	401.250	29.900	75.000	296.119.65	802.269.65	9.29
6	8.181	409.050	29.900	75.000	296.119.65	810.069.65	9.38
7	8.338	416.900	29.900	75.000	296.119.65	817.919.65	9.47
8	8.494	424.700	29.900	75.000	296.119.65	825.719.65	9.56
9	8.651	432.550	29.900	75.000	296.119.65	833.569.65	9.65
10	8.807	440.350	29.900	75.000	296.119.65	841.369.65	9.74

... Continuación

**DEMANDA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE PROYECTADO EN LA UNE**

Perdidas físicas	Demanda			Demanda Máxima Diaria	Demanda Máxima Horaria
	l/s	l/día	m3/año	l/s	l/s
(9)	(10) = (8)/1-perd(físicas)	(11) = (7)/1-perd(físicas)	(12) = (11)x365/1000	(13) = (10) x 1.3	(14) = (10) x 1.8
50%	17.85	1.541.939	562.808	23.20	32.12
50%	18.03	1.557.539	568.502	23.44	32.45
50%	18.21	1.573.239	574.232	23.67	32.78
50%	18.39	1.588.839	579.926	23.91	33.10
50%	18.57	1.604.539	585.657	24.14	33.43
50%	18.75	1.620.139	591.351	24.38	33.75
50%	18.93	1.635.839	597.081	24.61	34.08
50%	19.11	1.651.439	602.775	24.85	34.40
50%	19.30	1.667.139	608.506	25.08	34.73
50%	19.48	1.682.739	614.200	25.32	35.06

Como se observa la demanda total para el año 2017 es de 25.32 l/s.

## 2.2.- Del diseño de la línea de impulsión

- **Diámetro de Tubería**

Un primer paso en la determinación del diseño de la línea de impulsión es la elección del diámetro de la tubería, para esto se utiliza una fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombeos discontinuos:

$$D = 0.5873 \cdot N^{0.25} \cdot \sqrt{Q_b}$$

La cual esta basada en los siguientes parámetros:

**D** : Diámetro interior aproximado (m).

**N**: Número de horas de bombeo al día.

**Q<sub>b</sub>**: Caudal de bombeo obtenido de la demanda horaria por persona, del análisis poblacional y del número de horas de bombeo por día en (m<sup>3</sup>/s).

El caudal de bombeo o gasto de diseño **Q<sub>b</sub>** de una línea de impulsión por bombeo será el correspondiente al consumo máximo diario para el periodo de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni practico tomar periodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el gasto de bombeo de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población en las 24 horas.

Por tanto:  $\text{Gasto de bombeo} = Q_b = F1 \cdot Q_m \cdot \frac{24}{N}$

**F1** = Factor previamente definido

**N** = Numero de horas de bombeo

Tomando en cuenta que estamos diseñando para un consumo medio en función de la población futura, y que este factor **F1** esta afectando el consumo medio de la población, puede considerarse satisfactorio un diseño de un impulsión por bombeo prescindiendo de este factor **F1**, y absorbiendo el día de máximo consumo con un aumento en el tiempo de bombeo cuando tal situación ocurra, quedando, por tanto, como gasto de diseño de la línea de bombeo.

$$Q_b = Q_m \cdot \frac{24}{N}$$

- **Velocidad Media de Flujo**

Establecido el diámetro de diseño, si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = \frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot D_c^2}$$

Donde:

**V** : Velocidad media del agua a través de la tubería (m/s).

**D<sub>c</sub>** : Diámetro interior comercial de la sección transversal de la tubería (m).

**Q<sub>b</sub>** : Caudal de bombeo igual al caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).

Si la velocidad no se encuentra dentro de los rangos permitidos para líneas de impulsión que son definidos en la sección de criterios y parámetros de diseño, el diámetro deberá ser cambiado a uno en el cual se cumpla estas exigencias.

- **Pérdida de Carga en Tuberías**

Las pérdidas de carga que se presentan en las líneas de Impulsión se dividen básicamente en dos tipos que se definen a continuación.

- Pérdida de Carga por Fricción

Obtenido la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea utilizando para esto la ecuación de Hazen-Williams expresada como sigue:

$$Q_b = 0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63} \cdot S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \cdot L$$

Donde:

$Q_b$  : Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

$C$  : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

$D_c$  : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

$S$  : Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).

$H_f$  : Pérdida de carga por fricción (m)

$L$  : Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

Estas ecuaciones que nos permiten determinar la velocidad media y la pérdida de carga por fricción nos dan la posibilidad de identificar, para un diámetro determinado con una clase de tubería seleccionada, si estamos dentro de los intervalos establecidos según los criterios y parámetros de diseño estandarizados para flujo en tuberías.

Estos criterios están relacionados a la velocidad del flujo y a la capacidad de carga que la tubería puede soportar incluyendo la sobrepresión que resulta de un fenómeno denominado golpe de ariete el cual esta condicionado al tiempo de cierre de las válvulas de control de flujo a la salida de la bomba por corte súbito de la energía.

Lo anterior nos sirve como un instrumento de decisión para descartar o confirmar que el diámetro determinado para el caudal de bombeo sea el adecuado según los criterios de diseño para las condiciones de trabajo óptimas en la tubería evitando que se originen pérdidas de carga superiores a las que se requerirían para la conducción del flujo.

- Pérdidas de Carga Local

Además de la pérdida de carga por fricción también se presenta en la línea de impulsión pérdidas de carga denominadas locales producto del paso de flujo a través de los accesorios instalados en la línea y/o al cambio de dirección y/o sección en sus tramos.

La determinación de las pérdidas locales son evaluadas, sólo en el caso de ser necesarias por la cantidad de accesorios o velocidades altas en la línea. Para esta evaluación se utiliza el teorema de Borde-Belanger.

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde k depende del accesorio por donde transita el flujo (codos, válvulas, entradas, salidas, reducciones, tes, yes, uniones, etc).

- **Potencia de Impulsión**

Establecidas las pérdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio. Para esto es necesario conocer ciertos parámetros como:

Caudal de bombeo (Qb).- Es aquel caudal requerido para abastecer al reservorio y que es producido por el pozo con un cierto descenso en el nivel de agua respecto del nivel estático cuando se realiza la extracción del acuífero.

A este nivel de descenso se le denomina nivel dinámico y se obtiene de las pruebas de bombeo que se realiza al pozo antes de la puesta en operación.

Altura dinámica total (HDT).- Representado por la diferencia del nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga al reservorio) y el nivel dinámico del pozo incluido las pérdidas de carga totales (fricción y locales) desarrolladas durante la succión y descarga. También se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más altura de succión.

Altura de impulsión.- Se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga (fricción y locales) de dicho tramo.

Altura de succión.- Se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico del pozo) mas las pérdidas de carga del tramo (fricción y locales).

La altura de succión esta condicionada por el valor de la presión barométrica en el lugar de instalación del equipo y de la presión que se origina en la entrada del impulsor el cual debe ser mayor a la presión de evaporación del agua para que no se produzca el fenómeno de cavitación, que causa en los alabes del impulsor impactos que pueden provocar su destrucción en las zonas donde ello ocurre. Las pérdidas de carga por fricción y locales son fundamentales en la determinación de la altura dinámica total para la obtención de la potencia que se empleará en el equipo de bombeo.

- **Potencia de Consumo**

La Energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como Potencia de Consumo ( $P_c$ ) y es calculada por la expresión:

$$P_c(HP) = \frac{100 \cdot Q_b \cdot HDT}{75 \cdot \eta_b}$$

Donde:

**HDT:** Altura dinámica total (m).

**$Q_b$  :** Caudal de Bombeo (l/s).

**$\eta_b$  :** Eficiencia de la bomba (%).

- **Potencia Instalada**

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia Instalada ( $P_i$ ) y es calculada por la expresión:

$$P_i(HP) = \frac{100 \cdot Q_b \cdot HDT}{75 \cdot \eta_c}$$

Donde:

**$\eta_c$  :** Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$\eta_c = \eta_b \cdot \eta_m$$



Eficiencia de la bomba obtenida por la transformación de la energía mecánica de rotación en energía potencial de fluido y la eficiencia del motor obtenida de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica de rotación componen la eficiencia del sistema de conjunto que describe el grado de aprovechamiento energético que tiene un sistema al suministrarle una energía determinada, y como este llega a convertirla en energía útil ganada por el fluido.

### 2.3.- De la Selección del Equipo de Bombeo

- **Curvas Característica Red y Bomba - Punto Óptimo de Operación**

De aquel análisis de costos para varias alternativas con diámetros cercanos al calculado con la fórmula de Bresse (diámetros comerciales) se determina el diámetro correspondiente al menor costo, es decir diámetro económico con lo cual podremos luego construir la curva característica de la red compuesta por la línea de impulsión y succión, y confrontarla con la curvas características del equipo de bombeo para el diámetro económico.

La curva característica de la red esta compuesta por diferentes alturas  $H_{Red}$  que puede alcanzar el agua a diferentes caudales. Esta se rige mediante la ecuación:

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + H_{Perdidas\ Friccion} + H_{Perdidas\ Locales}$$

Donde  $H_{Perdidas\ Friccion}$  y  $H_{Perdidas\ Locales}$  representan las pérdidas de carga por fricción y local en la red respectivamente.

$$S = \left[ \frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_{Perdidas\ Friccion} = H_f = S \cdot L \quad \text{y} \quad H_{Perdidas\ Locales} = H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

La ecuación de la curva característica de la red puede ser finalmente expresada en función de los caudales (Q) en m<sup>3</sup>/s:

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + K_{Friccion} \cdot Q^{1.85} + K_{Local} \cdot Q^2$$

$$K_{Friccion} = \frac{L}{[0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}]^{85}} \quad \text{y} \quad K_{Local} = \frac{16 \cdot \sum k}{2g\pi^2 \cdot D^4}$$

En donde:

**C** : Coeficiente de Rugosidad de Hazen-Williams para tuberías el cual depende del tipo de tubería a utilizar.

**L** : Longitud de la tubería (m).

**D** : Diámetro interior de la tubería (m).

**k** : Coeficiente de pérdida local en accesorios.

**H<sub>Geo</sub>** : Carga estática o Altura geométrica (m).

**H<sub>Res</sub>** : Carga o Altura de reserva (m).

Las curvas características de la electrobomba son proporcionadas por el fabricante o proveedor de acuerdo al tipo de aplicación que se le dé al equipo.

Con esto ya se tendría una solución de mínimo costo y alto rendimiento operativo que cumplan con todas las condiciones de diseño para asegurara el abastecimiento desde el pozo al reservorio.

- **Análisis de Flujo Transitorio - Fenómeno de Golpe de Ariete**

Es un fenómeno que ocurre cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua en la línea de impulsión o por el cierre rápido de la válvula de regulación de flujo a la salida de la bomba ocasionando una presión interna a todo lo largo de la tubería, la cual es recibida en la paredes de la tubería y los accesorios como un impacto.

Al cerrar instantáneamente o parar el equipo de bombeo, la compresión del agua y expansión de la tubería comienza en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada por la expresión:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e \cdot E} \right)}}$$



Donde:

**a**: Velocidad de propagación de la onda (m/s).

**ρ**: Densidad del liquido (kg/m<sup>3</sup>).

**d**: Diámetro interior de la tubería (m).

**e**: Espesor de la tubería (m).

**ε**: Modulo de elasticidad del agua (2.00x10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>).

**E**: Modulo de elasticidad de tracción del material que compone la tubería (N/m<sup>2</sup>).

El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo crítico y se expresa como:

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Donde:

**T<sub>c</sub>**: Tiempo crítico o de propagación de la onda en cierre instantáneo (s).

**L**: Longitud de la tubería por donde transita la onda (m).

Si el tiempo de cierre de la válvula es menor al tiempo crítico entonces la presión irá aumentando hasta el cierre completo de la válvula y dicho valor será entonces considerado como el de un tiempo de cierre instantáneo. En el diseño de la línea de impulsión se debe considerar la sobrepresión que se genera por efecto del golpe de ariete como medida de seguridad por una posible desconexión del fluido eléctrico que alimenta al motor de la bomba. Por eso es fundamental el estudio de este fenómeno para poder determinar la clase de tubería a utilizar que pueda soportar esta sobrepresión sin mayores inconvenientes, sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad como válvulas especiales que contrarresten el impacto del golpe de ariete elevando por consiguiente el costo total de inversión.

La sobrepresión por este efecto se calcula para un cierre instantáneo que genera una presión mayor que la originada por un tiempo de cierre gradual, es decir un tiempo mayor al tiempo crítico regulado por la válvula de control y se expresa como:

$$\Delta H_a = \frac{V \cdot a}{g}$$

Donde:

$\Delta H_a$  : Carga por sobrepresión (m.c.a).

$V$  : Velocidad del flujo en la tubería (m/s).

$g$  : Constante de aceleración de gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

Entonces con la determinación de la sobrepresión por efecto del golpe de ariete la carga que debería soportar la línea en su punto mas bajo estará dada por la siguiente expresión:

$$P_{\max} = \Delta H + \Delta H_a$$

Donde:

$P_{\max}$  : Presión máxima en el punto mas bajo de la tubería (m.c.a).

$\Delta H$  : Diferencia de nivel entre el punto donde llega el agua (reservorio) y el punto mas bajo de la tubería igual a la carga estática en ese punto (m.c.a).

$\Delta H_a$  : Carga por sobrepresión por efecto del golpe de ariete (m.c.a).

La tubería entonces debe ser elegida considerando el espesor y el material del que esta compuesta para soportar dicha presión máxima con el diámetro calculado.

## CAPITULO III

### PLANEAMIENTO TECNOLÓGICO

#### 3.1.- Estudios preliminares

Antes de realizar el cálculo de las dimensiones y parámetros del diseño de la línea de impulsión y de la selección del sistema de bombeo acorde a la demanda proyectada se debe realizar actividades de recolección de información.

Una inspección visual de la zona y reconocimiento de las instalaciones con el propósito de determinar que parte de estas, están aun en buenas condiciones para seguir operando y cuales necesitan ser reemplazadas por otras que brinden mayor tiempo de operación planteado por la demanda futura de la población y con una garantía de funcionamiento a bajo costo de mantenimiento.

La inspección visual también permite determinar si la fuente de energía con que se dispone actualmente para el funcionamiento del equipo de bombeo se encuentra en condiciones de operatividad o requerirá realizar un cambio en el sistema que abarate los costos de inversión, es decir si se cuenta con suministro de energía eléctrica con fácil acceso o si se deberá contar con grupos electrógenos que trabajen con combustibles líquidos.

Luego del reconocimiento se procede a realizar los estudios de campo:

- Levantamiento topográfico en la zona por donde atravesara la nueva línea de impulsión (de ser el caso) y sus alrededores.
- Estudio hidrogeológico de la zona del acuífero en las proximidades del pozo.

El estudio topográfico esta orientado a determinar:

- Las características del perfil del terreno y la ruta que sigue la línea de impulsión deseada.
- Los niveles que debe vencer la columna de agua para llegar al reservorio.

- El punto del terreno en donde la línea soportara la máxima presión de carga considerando el efecto del golpe de ariete.

El estudio hidrogeológico nos proporciona:

- Las características y capacidades del suelo que va a soportar las presiones incluido el peso de la línea de impulsión sin que corra riesgos de desplazamientos por condiciones de operación o eventos sísmicos.
- Las condiciones actuales del pozo (dimensiones).
- Las reservas totales y explotables actuales del acuífero.
- El rendimiento del pozo.
- Los niveles estáticos y dinámicos del pozo.
- La Profundidad del pozo.
- La calidad del agua que suministra el acuífero.

La información necesaria para la selección del equipo de bombeo y del diseño de la línea de impulsión obtenida de los estudios se plasma en el cuadro 3.1

CUADRO 3.1.- DATOS PARA EL DISEÑO Y VERIFICACION DEL POZO EXISTENTE Y PROYECTADO

	Cota de llegada al reservorio	Cota del Pozo	Nivel de bombeo	Diametro del pozo	Profundidad del pozo	Nivel estatico	Nivel Dinamico	Caudal de Bombeo	Horas de Bombeo
	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(l/s)	
Pozo Exist.	849.43	797.52	1.79	535	50	19	22.77	25.96	18
Pozo Proy.	849.43	805.02	1.79	535	50	12	27.23	25.96	18

El caudal de bombeo que se presenta en el cuadro 3.1 es el caudal actual a extraer del pozo existente y se ha considerado como el caudal de diseño para la línea de impulsión durante la etapa de expansión proyectada en el estudio, ya que el reservorio circular de 150m<sup>3</sup> y rectangular de 520m<sup>3</sup> a donde llega este caudal no presentara déficit de almacenamiento a lo largo de la etapa proyectada.

De igual modo se empleara este caudal para la selección del equipo de bombeo considerando un tiempo de vida útil de 10 años.

### **3.2.- Parámetros y Criterios de Diseño**

Antes de la determinación de las características del sistema de suministro, se debe tener en cuenta en el diseño ciertos criterios y parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión.

Son estos criterios y parámetros los que se explican a continuación.

- **De la Línea de Impulsión**

Para las líneas de impulsión se toma como base una serie de criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encontrará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá. Partiendo de datos básicos como caudal, longitud y desnivel entre el punto de carga y de descarga, se parte en la elección de:

a) **Material de la tubería**

El material de la tubería es escogido por factores económicos, así como de disponibilidad de accesorios, y características de resistencia, ante esfuerzos que se producirán en momento de su operación.

- PVC para diámetros hasta 250 mm, clase 10 o clase 15 (Normas ISO 4422).
- FFD para diámetros de 300 mm a mayores, clase k-9 (Normas ISO 2531).
- Accesorios de FFD k-9 en todos los casos, para presiones de servicio mayores a 10 bars (Normas ISO 2531).

b) **Diámetro de la tubería**

Los criterios de elección del diámetro se basan en un análisis técnico económico.

### b.1) Criterio Técnico

Para determinar las pérdidas de carga por fricción se utilizó la fórmula de Hazen Williams, utilizando los coeficientes de rugosidad que se indican posteriormente.

La elección de la dimensión del diámetro depende también de la velocidad en el conducto, en donde velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación.

Las velocidades recomendables son:

- Líneas de Conducción de 0.6 m/s a 3 m/s.
- Líneas de Impulsión de 0.6 m/s a 2.0 m/s.

### b.2) Criterio Económico

- El cálculo económico, está basado en:
- Datos de inversión Inicial
- Costo de la tubería instalada por metro lineal.
- Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o kW.
- Datos de inversión por explotación
- Costo anual de operación.
- Intereses devengados por Inversión.
- Valor Presente de Operación en 10 años

Para su evaluación se toma como información los siguientes datos:

- Caudal de bombeo.
- Longitud de la línea de impulsión.
- Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams.
- Niveles de succión y descarga.
- Tasa de descuento (12% establecida por el BID)
- Coeficientes de la función costos para equipo (a, k)
- Precio Equipo Instalado= $k \times (\text{potencia instalada de la bomba})^a$ .
- Costos de energía en kW/hora.
- Horas de funcionamiento de la bomba.

c) Coeficientes de rugosidad - C

Empleado para cálculo de la pérdida de carga por fricción con la fórmula de HAZEN - WILLIAM y que depende del tipo de tubería a utilizar.

- Tubos de PVC : Nuevo C = 135  
Antiguo C = 110
- Tubos de FFD : Nuevo C = 130  
Antiguo C = 100

d) Deflexiones en Tuberías de unión flexible

- Tuberías de PVC  
Se considera que no existe deflexión en las uniones de este tipo, la deflexión se considera en el cuerpo del material y nunca mayor de 30 cm en diámetros menores a 110 mm, y en diámetros mayores hasta un máximo de 12 cm por tubo de 6 m de largo.
- Tuberías de FFD  
Se puede realizar desviaciones en las uniones de 5° en diámetros hasta 150 mm, de 4° en diámetros de 200 a 300mm, 3° en diámetros de 350 mm a 600 mm y de 2° de 700 mm a 800 mm.

e) Pendientes mínimas

El diseño de las líneas de impulsión se ha realizado considerando la operación del sistema, de tal manera que facilite la acumulación de aire en las partes altas pronunciadas, en donde se instalarán elementos que aseguren la evacuación de éste.

Se recomienda pendientes mínimas de:

- 2 a 3 mm/m en las partes ascendentes.
- 4 a 6 mm/m en las partes descendentes.

Estando sujeto esto a la configuración de la topografía.



#### f) Válvulas de Aire - Ventosas (evacuación y admisión de aire)

Las condiciones de funcionamiento, la cantidad y el emplazamiento de estos hacen difícil el dimensionamiento, por lo que se elegirá de manera clásica la ubicación y dimensionamiento de estas válvulas:

Ubicación:

- En todos los puntos altos.
- Cambio de pendiente ascendente a descendente.
- En puntos donde la tubería sale sobre el suelo (Ejm.: Casetas, cámaras, etc)

Dimensionamiento de acuerdo al diámetro del conducto:

- DN < 250 mm - Ventosas de DN 60 mm.
  - DN 300 mm a 600 mm - Ventosas de DN 80 mm.
  - DN 700 mm a 900 mm - Ventosas de DN 150 mm.
- El caso de desniveles importantes se realizará un cálculo en forma particular.

#### g) Válvulas de Purga

Las válvulas de purga se ubicarán en los puntos bajos de la tubería. La elección se realizará teniendo en cuenta la velocidad de drenaje, recomendándose:

- DN 100 mm a 400 mm - Válvulas de DN 100 mm.
- DN 400 mm a 600 mm - Válvulas de DN 150 mm.
- DN 700 mm a 1000 mm - Válvulas de DN 200 mm.

Además la cruceta de cierre debe ser colocada como mínimo a 60 cm bajo la superficie del terreno.



#### h) Válvulas de Seccionamiento

Las válvulas de seccionamiento serán ubicadas teniendo en cuenta la operatividad del sistema.

- Válvulas Compuerta hasta tuberías de 250 mm.
- Válvulas Mariposa desde tuberías de 300 mm.

#### i) Profundidades de excavación y altura de relleno

Se considera profundidades de excavación en el rango de 1.35 m a 2.5 m y una altura de relleno mínima de 1.0 m encima de la clave del tubo.

- **Del sistema de bombeo**

##### a) Planeamiento de las estaciones de bombeo

La ubicación de la estación de bombeo obedece a criterios de mayor ahorro de energía, a fin de que el costo de operación, así como el tamaño de los equipos de bombeo sean de la menor dimensión posible para que cumplan en forma eficiente con las demandas del sistema en los momentos de máxima demanda al final del horizonte de diseño.

Para el diseño de la estación de bombeo se han considerado los siguientes aspectos:

- El equipo de bombeo (conjunto motor bomba).
- El cálculo de la velocidad específica.

##### b) Selección del conjunto motor-bomba

*b.1) Número de Unidades*, el número de unidades dependerá fundamentalmente del gasto de bombeo y de sus variaciones.

Cuando se tiene un gasto constante a lo largo del periodo de diseño, es preferible instalar un solo equipo de bombeo.

**b.2) Selección equipo de bombeo**, se toma fundamentalmente el caudal de bombeo al fin del período de vida útil del equipo y la altura dinámica total. Para la succión se ha verificado si se presenta altura positiva en la succión o negativa, referido a la altura sobre el nivel del mar.

**b.3) Tipo de Bomba**, los equipos que se han seleccionado son aquellos que representan la máxima eficiencia, se ha considerado la velocidad específica, así como el NPSH requerido, tensión de vapor, peso específico, las condiciones del lugar donde se instalará.

**b.4) Potencia del motor**, la potencia del motor debe ser mayor a la potencia requerida por la bomba en un 10% a 15%, lo que permitirá absorber las pérdidas por disipación de calor.

**b.5) Niveles del fluido**, el nivel mínimo del líquido deberá ser adecuado para satisfacer el diseño particular de la bomba, se emplea en todos los casos las recomendaciones del fabricante del equipo de bombeo.

c) Velocidades en las tuberías de succión y bombeo

**Líneas de bombeo**, se ha detallado los parámetros de las líneas de bombeo en el ítem correspondiente a líneas de impulsión.

**Líneas de succión**, se recomienda que las velocidades de flujo sean menores a 2,5 m/s y la velocidad de rotación del impulsor no debe ser mayor a 3600 rpm.

- **Del Estudio de Flujo en Régimen Transitorio**

En el estudio del flujo en régimen transitorio como el que se presenta debido al fenómeno denominado golpe de ariete es práctica común utilizar celeridades de 000 a 1200 m/s para tuberías de FFD y 500 m/s para tuberías de PVC. Aunque se puede utilizar estos valores de celeridades en forma rápida para determinar la sobrepresión es recomendable realizar el cálculo de la celeridad de forma mas precisa con datos propios a cada tubería. Para controlar efectos de subpresión es suficiente la utilización de válvulas de aire (admisión de aire), siendo innecesaria la utilización de otro dispositivo de protección.

- **De la Cimentación**

a) Profundidad mínima

El bloque de anclaje para el cambio de dirección en tuberías enterradas debe de ser colocado por lo menos a 60 cm bajo la superficie del terreno.

b) Anclajes para accesorios y tuberías

A fin de contrarrestar el empuje que pueda presentarse debido a la presión interna de la tubería deberá diseñarse anclajes de concreto en:

- Cambios de dirección.
- Cambios de diámetro.
- Válvulas.
- Terminales de línea taponadas.
- Curvas verticales.

Las dimensiones y forma de los anclajes se determinarán teniendo en cuenta la presión de la línea, el diámetro del tubo, clase del terreno y tipo de accesorio.

El área o superficie de concreto del anclaje deberá dimensionarse de modo que el esfuerzo o carga unitaria que se trasmite al terreno, no supere la carga de resistencia admisible dada por cada terreno.

La fuerza centrífuga por la velocidad del agua no se considera en el cálculo de las dimensiones del bloque de anclaje por ser pequeña en comparación con las fuerzas de empuje por presión del agua.

La presión de diseño para el dimensionamiento del anclaje es 1.5 veces la presión nominal de operación en el punto de análisis.

## CAPITULO IV

### DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO

#### 4.1.- Memoria de cálculo de la línea de impulsión

##### Sistema de abastecimiento existente

- *Calculo de pérdidas de carga*

Una vez conocidos los criterios y parámetros se procede a la verificación propiamente dicho de la línea de impulsión incluyendo la bomba sumergible existente para el nuevo caudal de bombeo es decir el caudal requerido para el año 10.

Utilizando los datos y parámetros obtenidos de los estudios preliminares:

Nuevo caudal de bombeo ( $Q_b$ )	:	<b>25.97 l/s</b>
Numero de horas de bombeo (N)	:	<b>18</b>
Diámetro de tubería de impulsión existente (in)	:	<b>6" (15.24cm)</b>

Los valores resaltados son los que reemplazan a aquellos valores con que fue diseñada la actual línea de impulsión, en ambos casos dichos valores se han visto incrementados. por ello se hace necesaria la verificación de los diversos parámetros que componen la tubería de impulsión y que estos se encuentren aun dentro de lo establecido en las normas.

La velocidad del flujo se obtiene aplicando la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 \cdot (0.02597 \frac{m^3}{s})}{\pi \cdot (0.1524m)^2} = 1.42 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad es mayor a 0.6 m/s y menor a 2 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles según criterios de diseño.

La pérdida de carga por fricción se calcula empleando la formula de Hazen-Williams descrita en el planteamiento teórico, siendo aplicada a lo largo de la tubería de impulsión, con los siguientes datos:

Longitud de la tubería de impulsión existente (m) : 640  
 Coeficiente de rugosidad C para tubería antigua de PVC : 110

$$H_f = \left[ \frac{0.02597 \frac{m^3}{s}}{0.2785 \cdot 110 \cdot (0.1524m)^{2.63}} \right]^{1.85} \cdot 640m \quad H_f = 12.55m$$

Las pérdidas locales se determinan utilizando el teorema de Borde-Belanger teniendo en cuenta los accesorios y el cambio de dirección de los tramos de tubería en toda su trayectoria.

Para la línea de impulsión actual (tubería de PVC DN 150mm) se ha definido según el perfil de la línea, el uso de los siguientes accesorios con sus respectivos valores del coeficiente de pérdidas locales k detallados en el cuadro 4.1 así como las pérdidas respectivas de cada tramo.

CUADRO 4.1.- VALORES DE PERDIDA LOCALES A LO LARGO DE LA LINEA DE IMPULSION

<b>Tramo I: Estacion de Bombeo</b>			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	1.42	Perdida (m):	1.09

<b>Tramo II: Linea de Impulsion</b>			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	1	0.40	0.40
Codo 22.50°	5	0.20	1.00

Sumatorias de K			2.30
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	1.42	Perdida (m):	0.24

Entonces reemplazando los datos en la expresión de pérdida local resulta:

$$H_l = 1.09 + 0.24 = 1.33m$$

Las pérdidas locales significativas se encuentran en los tramos de tubería FFD en la estación de bombeo por ser esta donde se encuentran el mayor numero de accesorios.

- **Calculo de la Sobrepresión por Cierre Instantáneo**

Empleando las ecuaciones del método de Allievi para tubería de tipo PVC DN150 PN 10 (Clase 15) se tiene los siguientes parámetros:

Resistencia Máxima a la Presión de Agua	:	150 m.c.a.
Espesor de tubería (e)	:	0.012 m
Modulo de elasticidad del material (E)	:	$2.75 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Modulo de elasticidad del agua (K)	:	$2.0 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Diámetro interior (d)	:	0.1524 m
Densidad agua ( $\rho$ )	:	1000 Kg./m <sup>3</sup>
Constante de gravedad (g)	:	9.81 m/s <sup>2</sup>
Longitud de tubería (L)	:	640 m
Velocidad del agua en la tubería (V)	:	1.42 m/s
Altura Geométrica ( $\Delta H$ )	:	69.48 m

Calculamos primero la velocidad de propagación de la onda:

$$a = \sqrt{\frac{1}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left( \frac{1}{2.0 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} + \frac{0.1524 \text{m}}{(0.012 \text{m}) \cdot \left( 2.75 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} \right)}}$$

$$a = 442.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



El tiempo de propagación de la onda igual al tiempo de cierre instantáneo se calcula como:

$$T_c = \frac{2 \cdot (640m)}{442.02 \frac{m}{s}} \qquad T_c = 2.90s$$

Obtenidos estos datos podremos calcular la carga por sobrepresión en m.c.a:

$$\Delta H_a = \frac{(1.42 \frac{m}{s}) \cdot (442.02 \frac{m}{s})}{9.81 \frac{m}{s^2}} \qquad \Delta H_a = 63.98m$$

Entonces la presión máxima en el punto mas bajo del eje de la tubería será:

$$P_{max} = 51.98m + 63.98m \qquad P_{max} = 115.96m$$

Con lo que podremos concluir que la clase escogida para la tubería existente de PVC (clase 15) para las nuevas condiciones de trabajo es la correcta; coincidiendo con las especificaciones técnicas y parámetros de diseño planteados en el estudio ya que la resistencia máxima de presión de agua no superará los 150 m.c.a. como se observa en los resultados de sobrepresión por efecto del golpe de ariete.

Esta tubería soportara sin problemas la sobrepresión por efecto del golpe de ariete sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad complementarios o válvulas contrapresión elevando el costo total de inversión.

Debido a que las uniones en los cambios de dirección son de FFD las presiones que pueden soportar son mayores a las de PVC por tal motivo, estas soportaran también la sobrepresión sin problemas.

Luego de calcular estos parámetros correspondientes a la línea de impulsión existente es necesario determinar la potencia necesaria que requiere el equipo de bombeo para vencer la altura dinámica total y entregar el agua al reservorio de forma efectiva.



- **Cálculo del sistema de bombeo**

Energía entregada por la bomba al agua considerando que:

Altura dinámica total (HDT)	:	89.57 m.
Caudal de Bombeo (Qb)	:	25.97 l/s.
Eficiencia de la bomba	:	75%

$$P_c = \frac{100 \cdot 25.97 \frac{l}{s} \cdot 89.57m}{75 \cdot (75)} \quad P_c = 41.36HP$$

Energía entregada al motor considerando que:

Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor ( $\eta_c$ ):

$$\eta_c = \eta_b \cdot \eta_m \quad \eta_c = 75\% \cdot 83\% \quad \eta_c = 62\%$$

$$P_i = \frac{100 \cdot 25.97 \frac{l}{s} \cdot 89.57m}{75 \cdot 62} \quad P_i = 49.83HP$$

Viendo las especificaciones del motor sumergible con que cuenta ya el pozo de la Universidad Nacional de Educación, esta tiene una potencia de 40HP, valor que no será suficiente para la nueva demanda máxima alcanzada a los 10 años, por lo tanto nos queda repotenciar el motor o realizar la adquisición de un motor sumergible nuevo de 50HP suficiente para satisfacer la nueva demanda.

Sin embargo se puede dar provecho aun de la bomba existente (al ser este el único limitante) durante un tiempo determinado, hasta que el caudal de demanda futura en un año determinado y la bomba existente lo permita.

Esto sucede hasta el año N° 5 para un caudal de  $Q = 18.57 \times 24/18 = 22.28$  l/s, los cálculos al detalle se muestran el anexo N° 11, en la cual la potencia exigida para la electro bomba sumergible es de 40.38HP valor máximo a considerar.

## Sistema de abastecimiento nuevo de aguas subterráneas

Como una alternativa muy a parte en la evaluación de la línea de impulsión existente, se realiza también un diseño totalmente nuevo para la línea de impulsión así como la electrobomba y ver el costo que tendría el realizar un nuevo sistema.

Lo descrito líneas abajo demuestra que esta alternativa resulta ser la más cara de todas, quedando descartada en primera instancia, sin embargo el análisis de diseño y cálculo se dan a conocer a continuación.

- **Calculo de pérdidas de carga**

La nueva línea está dividida en cinco tramos desde el pozo proyectado P-02 hasta el reservorio principal, para facilitar el proceso de cálculo de las pérdidas locales y de fricción que permiten determinar la altura dinámica total del sistema.

Los valores obtenidos del cálculo para esta nueva línea de impulsión se presentan con mayor detalle en el anexo 08.

Empleando la fórmula de Bresse para bombeo discontinuo calculamos el diámetro que tendrá la nueva tubería de PVC.

Utilizando los parámetros obtenidos de los estudios preliminares:

Nuevo caudal de bombeo ( $Q_b$ )	:	25.97 l/s
Numero de horas de bombeo (N)	:	18

$$D = 0.5873 \cdot \left(18 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}\right)^{0.25} \cdot \sqrt{0.02597 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \quad D = 0.195\text{m}$$

En este caso el valor obtenido corresponde al diámetro interior de una tubería comercial de PVC de diámetro nominal comprendida entre DN 150 mm (6") o DN 200 mm (8").

La velocidad del flujo (tomando un diámetro comercial de 6") se obtiene aplicando la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 \cdot (0.02597 \frac{m^3}{s})}{\pi \cdot (0.1524m)^2} = 1.42 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad es mayor a 0.6 m/s y menor a 2 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles según criterios de diseño.

La pérdida de carga por fricción se calcula empleando la formula de Hazen-Williams descrita en el planteamiento teórico, con los siguientes datos:

Longitud de la tubería de impulsión existente (m) : 589

Coefficiente de rugosidad C para tubería antigua de PVC : 110

$$H_f = \left[ \frac{0.02597 \frac{m^3}{s}}{0.2785 \cdot 135 \cdot (0.1524m)^{2.63}} \right]^{1.85} \cdot 589m \quad H_f = 7.91m$$

Las pérdidas locales se determinan utilizando el teorema de Borde-Belanger teniendo en cuenta los accesorios y el cambio de dirección de los tramos de tubería durante su instalación.

Para la nueva línea de impulsión (tubería de PVC clase A-15) se ha definido según el perfil de la línea, el uso de los siguientes accesorios con sus respectivos valores del coeficiente de pérdidas locales k detallados en el cuadro 4.2 obtenidos de diversos manuales y textos especializados en hidráulica.

CUADRO 4.2.- VALORES DE PERDIDA LOCALES A LO LARGO DE LA NUEVA LINEA DE IMPULSION

<b>Tramo I: Estacion de Bombeo</b>			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40
<b>Sumatorias de K</b>			<b>10.55</b>
<b>Perdida Local <math>K \cdot V^2 / 2g</math>; V (m/s):</b>	<b>1.42</b>	<b>Perdida (m):</b>	<b>1.09</b>
<b>Tramo II: Linea de Impulsion</b>			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	3	0.40	1.20
<b>Sumatorias de K</b>			<b>2.10</b>
<b>Perdida Local <math>K \cdot V^2 / 2g</math>; V (m/s):</b>	<b>1.42</b>	<b>Perdida (m):</b>	<b>0.22</b>

Con el fin de realizar un diseño mas conservador y teniendo la información a disposición se ha optado por considerar esta pérdida local.

Al igual que en la línea de impulsión existente, las pérdidas locales significativas se encuentran en los tramos de tubería FFD, en la estación de bombeo por ser en estas donde se encuentran el mayor numero de accesorios.

Los valores de estas pérdidas locales se presentan también en el anexo 08 de Calculo del Diámetro óptimo para la línea de impulsión del nuevo Pozo.

- **Calculo de la Sobrepresión por Cierre Instantáneo**

Empleando las ecuaciones del método de Allievi para tubería de tipo PVC tentativa de DN150 PN 15 (Clase 15) se tiene los siguientes parámetros:

Resistencia Máxima a la Presión de Agua :	150 m.c.a.
Espesor de tubería (e) :	0.012 m
Modulo de elasticidad del material (E) :	$2.75 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Modulo de elasticidad del agua (K) :	$2.0 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

Diámetro interior (d)	:	0.1524 m
Densidad agua (ρ)	:	1000 Kg./m <sup>3</sup>
Constante de gravedad (g)	:	9.81 m/s <sup>2</sup>
Longitud de tubería (L)	:	589 m
Velocidad del agua en la tubería (V)	:	1.42 m/s
Altura Geométrica (ΔH)	:	44.43 m

Calculamos primero la velocidad de propagación de la onda:

$$a = \sqrt{\frac{1}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left( \frac{1}{2.0 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} + \frac{0.1524 \text{m}}{(0.012 \text{m}) \cdot \left( 2.75 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} \right)}}$$

$$a = 442.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El tiempo de propagación de la onda igual al tiempo de cierre instantáneo se calcula como:

$$T_c = \frac{2 \cdot (589 \text{m})}{442.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \quad T_c = 2.67 \text{s}$$

Obtenidos estos datos podremos calcular la carga por sobrepresión en m.c.a:

$$\Delta H_a = \frac{(1.42 \frac{\text{m}}{\text{s}}) \cdot (442.02 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \quad \Delta H_a = 63.98 \text{m}$$

Entonces la presión máxima en el punto mas bajo del eje de la tubería será:

$$P_{\text{max}} = 44.43 \text{m} + 63.98 \text{m} \quad P_{\text{max}} = 108.41 \text{m}$$

Con lo que podremos concluir que la clase escogida para la tubería de PVC (clase 15) para las condiciones de trabajo es la correcta; coincidiendo con las especificaciones técnicas y parámetros de diseño planteados en el estudio ya que la resistencia máxima de presión de agua no superará los 150 m.c.a. como se observa en los resultados de sobrepresión por efecto del golpe de ariete.

Esta tubería soportara sin problemas la sobrepresión por efecto del golpe de ariete sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad complementarios o válvulas contrapresión elevando el costo total de inversión.

Debido a que las uniones en los cambios de dirección son de FFD las presiones que pueden soportar son mayores a las de PVC por tal motivo, estas soportaran también la sobrepresión sin problemas.

Luego de calcular estos parámetros correspondientes a la línea de impulsión es necesario determinar la potencia necesaria que requiere el equipo de bombeo para vencer la altura dinámica total y entregar el agua al reservorio de forma efectiva.

- **Calculo de la potencia**

Energía entregada por la bomba al agua considerando que:

Altura dinámica total (HDT)	:	55.65 m.
Caudal de Bombeo (Qb)	:	25.97 l/s.
Eficiencia de la bomba	:	75%

$$P_c = \frac{100 \cdot 25.97 \frac{l}{s} \cdot 55.65m}{75 \cdot (75)} \quad P_c = 25.69HP$$

Energía entregada al motor considerando que:

Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor ( $\eta_c$ ):

$$\eta_c = \eta_b \cdot \eta_m \quad \eta_c = 75\% \cdot 83\% \quad \eta_c = 62\%$$

$$P_i = \frac{100 \cdot 25.97 \frac{l}{s} \cdot 55.65m}{75 \cdot (62)} \quad P_i = 31.08HP$$

Calculado ya el diámetro, la clase, el tipo de tubería y la potencia del equipo de bombeo de acuerdo a los criterios y parámetros del diseño, debemos



determinar los costos de cada uno de los componentes del sistema descritos en la metodología para obtener el diámetro óptimo.

Para la línea de impulsión de PVC DN 150 mm procedemos a calcular los costos totales.

Luego en la decisión de que diámetro es el correcto o no económicamente debemos calcular los costos totales para nuevas líneas calculadas con dos diámetros comerciales anteriores y dos posteriores (sugerido) al primer diámetro comercial determinado con la fórmula de Bresse.

A este procedimiento se le conoce como análisis de sensibilidad económica y nos permite identificar el diámetro a utilizar de acuerdo al menor costo total para la selección del nuevo equipo de bombeo.

Los valores de estos cálculos se resumen en el anexo 08. Se incluye además los valores de las pérdidas de carga por fricción y locales para los distintos diámetros comerciales alternativos.

Este análisis económico, en base al costo total capitalizado, nos conduce a seleccionar la tubería de diámetro 6" como la solución más económica.

#### **4.2.- Memoria de cálculo del sistema de bombeo**

De acuerdo a los valores de potencia requeridos para la electrobomba del pozo proyectado y conforme a criterios de selección se ha visto conveniente el uso de un tipo de bomba con motor sumergible (electrobomba sumergible), de extensa aplicación en la extracción de agua subterránea a gran profundidad.

Las electrobombas sumergibles se han vuelto la alternativa más aceptable en vista de las limitaciones que presentan otro tipo de bombas como las bombas centrífugas verticales cuya capacidad de succión está limitada en la práctica a un máximo de 7 m de profundidad por debajo del nivel del terreno.

En vista de ello se busca modelos de electrobombas sumergibles cuyo campo de utilización se adapten a las condiciones de diseño.

Es así y en base a experiencias pasadas del pozo existente se obtiene la electrobomba con las siguientes características:

**Bomba**

Tipo : Sumergible  
 Marca : FRANKLIN  
 Modelo : S6400  
 DN : 150mm  
 Número de etapas : 15 (máx.)

**Motor**

Marca : Franklin Electric  
 Modelo : Sand Fighter  
 Diámetro : 6"  
 Voltaje : 230 V (Trifásica)  
 Frecuencia : 60 Hz  
 Potencia : 40 HP (30 Kw.)  
 Velocidad : 3450 RPM  
 Factor de potencia : 72%  
 Temperatura Max : 40 °C  
 N° polos : 2 (Dos)  
 Número de unidades : Uno (1 und)

Los datos de caudal y altura de bombeo que desarrolla esta electrobomba son extraídos de la curva proporcionada por el fabricante o proveedor que se detalla en la sección anexos (ver anexo 10) y presentados en el siguiente cuadro 4.3.

CUADRO 4.3.- VALORES DE CAPACIDADES PARA LA ELECTROBOMBA SELECCIONADA (S6400-8)

Pump Model / Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																				Head in Ft													
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375		400	450	500	550	600	650	700	750	800				
S6400-2c	7-11.0																																		115
S6400-3	10																																	145	
S6400-4	15							490	480	430	340	240	180	70																					214
S6400-4	20								500	480	405	330	250	195	130	50																			298
S6400-5	25									480	415	360	300	245	195	150	90	35																	360
S6400-6	30									500	470	430	360	345	290	245	210	170	120	85															425
S6400-8	40													485	460	430	385	360	320	270	240	180	120	40										570	

Además del cuadro 4.3 se presenta un resumen de las características del equipo de bombeo seleccionado y los parámetros de funcionamiento óptimo.

### 4.3.- Resultados y análisis

- **De la línea de impulsión nueva**

Analizando los resultados obtenidos podemos apreciar que las tuberías de PVC DN 100 mm y DN 250 mm tienen que ser descartadas de la elección del diámetro económico ya que se ha demostrado a través de los resultados de calculo obtenidos que el flujo se desplazara a velocidades medias menores a 0.6 m/s establecidas por los criterios de diseño, lo que ocasionara en estas líneas problemas de sedimentación de partículas que pueda colarse en el flujo durante el bombeo siendo necesaria la purga de la línea en periodos mas cortos de los recomendados incrementando posteriormente el costo de mantenimiento.

Dentro de estas se observa que la tubería de DN 100 mm presenta mayores perdidas de carga que las de DN 150 mm y DN 200 mm por lo que la descalifica en la elección del diámetro económico presentando un incremento en el costo por energia perdida para lograr alcanzar la altura dinámica total requerida.

Además la velocidad media de flujo de esta línea supera los 2 m/s, quedando descartada por estar fuera del rango de diseño.

Entonces las tuberías que pueden ser empleadas en el diseño son la de PVC DN 200 mm y DN 150 mm siendo la ultima la seleccionada como la de diámetro económico por presentar el menor costo de total de inversión.

La tubería seleccionada de PVC DN 150 mm es de la clase 15 o PN 15 (Presión Nominal = 15 kg/cm<sup>2</sup> = 150 m.c.a.), ya que tendría que soportar una presión hidrostática máxima en su punto mas bajo de 108.41 m.c.a. incluida la sobrepresión producto del efecto de golpe de ariete.

- **Del nuevo equipo de bombeo**

La elección de la bomba sumergible en lugar de la de eje vertical esta condicionada por las características del pozo, es decir su verticalidad la cual debe ser bien definida, así como por la fácil instalación y bajo costo de mantenimiento.

Como la bomba es de tipo sumergible, la instalación dentro del pozo será de 20 metros por debajo del nivel dinámico, asegurando que la variación anual del nivel del acuífero no afecte la sumergencia requerida para su funcionamiento a 100% de carga.

Los valores presentes de reposición y explotación son calculados para un periodo de 10 años considerado como el tiempo de vida útil de la bomba.

## CONCLUSIONES

- El pozo existente de la Universidad Nacional de educación Enrique Guzmán y Valle, tiene una profundidad de 50 metros, con un nivel estático de 19.0 metros.
- El pozo esta ubicado en una zona de recarga constante de agua por parte del río Rímac.
- Los filtros instalados son del tipo ranura continua siendo altamente eficientes para la captación de las aguas subterráneas.
- El pozo existente puede ser explotado con un caudal de 30 l/s, con un abatimiento de 2.15 metros. En una hora y media de bombeo con éste caudal el pozo se estabiliza.
- Se estima que el pozo existente puede ser bombeado por 18 horas continuas, y dejarlo que se recupere durante las siguientes 6 horas para completar un día.
- De acuerdo a los datos recopilados de la prueba de bombeo escalonada de una hora con recuperación (18.8, 29.3, 36.1, 42.4, 48.5 y 58.0 l/s), luego de hacer el gráfico  $s/Q$  vs.  $Q$ , el coeficiente  $B = 1375$  y  $A = 23$ , y la ecuación del pozo es:

$$\Delta = 23 * Q + 1375 * Q^2$$

- Con un caudal de bombeo de 30 l/s, la eficiencia del pozo actual de la UNE = 68.9%
- Con el Método de Jacob, los valores preliminares de Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento,  $S$  para el acuífero son los siguientes:  
 $T = 1.80 * 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $S = 8.0\%$ .

- De acuerdo al valor de T, el acuífero tiene una calificación de muy alta, con posibilidades de extraer caudales superiores a 100 l/s con una depresión teórica de 10m.
- El radio de influencia para un tiempo de bombeo de 18 horas en el pozo existente es igual 106 metros de acuerdo a los valores preliminares de T y S. El radio de influencia depende de los parámetros hidráulicos del acuífero (T y S) y del tiempo de bombeo; no depende del caudal de explotación.
- Las pruebas realizadas en el pozo actual de la Universidad Nacional de Educación, demostraron que el pozo puede ser explotado con un caudal muy bueno de 30 l/s, sin riesgo a sobre-explotarlo y se logró conocer nuevos parámetros y el objetivo propuesto, que fue determinar el caudal de explotación del pozo (cantidad) y apta para el consumo de acuerdo a los resultados físicos químicos y bacteriológicos de la calidad del agua del pozo (clasificación de las aguas de acuerdo al balance iónico).
- El sistema de abastecimiento de agua subterráneo existente está en capacidad aun de poder brindar el servicio de agua como sistema exclusivo solamente para los próximos 5 años, de hay en adelante se hace ya necesario la adquisición de una nueva electrombomba con capacidad de 50HP.
- Para la proyección de un nuevo sistema de captación de agua subterránea (el cual incluye su ubicación) se tiene para la línea de impulsión un diámetro óptimo de 6" en PVC clase 15 y para el sistema de bombeo una electrobomba sumergible de 40 HP, con ello se cubre la demanda en los próximos 10 años.
- Analizar la calidad del agua, tomar muestra para los análisis físico , químicos y bacteriológicos, y así determinar si es potable, y el uso que se le pueda dar al agua del pozo proyectado.



## RECOMENDACIONES

- Utilizar una bomba sumergible de 40 HP, con  $Q_{\text{máx.}}$  De 26 l/s.
- Realizar una prueba de bombeo escalonada para el pozo proyectado con la finalidad de determinar su ecuación de abatimiento así como la eficiencia del mismo.
- Establecer la zona de influencia el pozo existente y/o proyectado, para evitar fuentes potenciales de contaminación de las aguas, instalar una caseta, establecer un perímetro en el pozo para que no se construyan pozos ciegos o sumideros ni letrinas.
- Llevar el control de bombeo anotando las horas/día y días/mes de bombeo para llevar una estadística del consumo mensual de producción del pozo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arocha Ravelo, Simón; Abastecimiento de Agua, Teoría y Diseño; Edición N° 1, Ediciones Vega s.r.l.; Caracas, Venezuela, 1980.
2. BLASA; Expediente Técnico – Estudio Integral de la Red de Agua y Desagüe de la Universidad Nacional de Educación; Lima, Perú, 1997.
3. SEDAPAL; Especificaciones Técnicas; Lima, Perú, 2006.
4. Tixe Salvador; Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural - CEPIS/OPS; Lima, Perú, 2004
5. Vierendel, Abastecimiento de agua y alcantarillado, 3ra Edición, Lima Julio del 2005.
6. M. Villanueva y A. Iglesias, Pozos y Acuíferos, 1ra Edición, Madrid-España 1984.

# ***ANEXO 01***

---

## **Perfiles de las calicatas CT-1, CT-2 y CT-3**

PROYECTO : ESTUDIO INTEGRAL DE LA RED DE AGUA Y DESAGUE - UNE

CALICATA N°.CT-1

AREA (SECTOR) : LA CANTUTA

UBICACION : BORDE CANAL DE AGUA  
(Costado de reservorio apoyado)



FECHA DE EXCAVACION : .....Mayo 22 / 1,999

PROFUNDIDAD TOTAL : .....3.00 ms

METODO DE EXCAVACION : .....Manual

FECHA DE DESCRIPCION : .....Mayo 22 / 1,999

REGISTRADO POR : .....J. MARTINEZ C.

PROF. (ms)	CLASIFIC. (suc)	GRAFICO	MUESTRA	DESCRIPCION
0.00	SP			-Arena gruesa de color gris blanquecino con fragmentos de granodiorita y micáceo, seco, con densidad media Contiene numerosos guijones y bloques pequeños de roca granodiorítica, angulosos y sub-angulosos
0.20				
0.40				
0.60				
0.80				
1.00	SP			-Arena gruesa de color gris blanquecino con abundante cuarzo y mica, seco, con densidad media. Hay gran cantidad de guijones y bloques de granodiorita, angulosos y sub-angulosos, con tamaños hasta de 1.20m.
2.00				
3.00				

Observaciones:

- Excavación dificultosa por la presencia de bloques de roca
- El material corresponde a depósito de cono de escombros

PROYECTO : ESTUDIO INTEGRAL DE LA RED DE AGUA Y DESAGUE - UNE

**CALICATA N°CT-2**

AREA (SECTOR) : LA CANTUTA

UBICACION : FACULTAD DE EDUCACION RURAL  
(Edificio 10)

FECHA DE EXCAVACION : .....Mayo 22 / 1,999

PROFUNDIDAD TOTAL : .....3.00 ms

METODO DE EXCAVACION : .....Manual

FECHA DE DESCRIPCION : .....Mayo 22 / 1,999

REGISTRADO POR : .....J. MARTINEZ C.

PROF. (ms)	CLASIFIC. (sucs)	GRAFICO	MUESTRA	DESCRIPCION
0.00	SP			-Arena gruesa cuarzosa-micácea con contenido de finos, color beis claro, con gran cantidad de guijones y bloques de granodiorita con tamaño de hasta 1.00m, angulosos y sub-angulosos, muy pocos sub-redondeados. El material es seco, desde 1.20m hay mayor % de guijones y bloques de arena
0.20				
0.40				
0.60				
0.80				
1.00				
2.00				
3.00				

**Observaciones:**

- Excavación dificultosa por la abundancia de bloques de roca
- El material corresponde a depósito de cono de escombros

PROYECTO : ESTUDIO INTEGRAL DE LA RED DE AGUA Y DESAGUE - UNE

**CALICATA N°CT-3**

AREA (SECTOR) : LA CANTUTA

UBICACION : FRENTE A PISCINA (CHACRA)

FECHA DE EXCAVACION : .....Mayo 22 / 1,999

PROFUNDIDAD TOTAL : .....3.00 ms

METODO DE EXCAVACION : .....Manual

FECHA DE DESCRIPCION : .....Mayo 22 / 1,999

REGISTRADO POR : .....J. MARTINEZ C.

PROF. (ms)	CLASIFIC. (suc)	GRAFICO	MUESTRA	DESCRIPCION
0.00	SM			-Limo areno arcilloso, de color beis, húmedo, con plasticidad mínima. Es suelo de cultivo
0.20				
0.40	SP			-Arena gruesa, micácea, con algo de finos (limo, arcilla) de color beis. Contiene gran cantidad de guijones y bloques de roca granodiorítica, con tamaño hasta de 1.00m, angulosos y sub-angulosos Ligeramente húmedo al tope
0.60				
0.80				
1.00				
2.00	SP			-Arena similar a la capa superior pero con alto % de guijones y bloques. Seco
3.00				

**Observaciones:**

- Los bloques dificultan la excavación
- El material es de cono de escombros



---

# ***ANEXO 02***

---

## **Análisis Físico-Químico y Bacteriológico del Agua Subterránea**



Anexo - 3

**LABORATORIOS "LASA" INGENIEROS**

**ANÁLISIS DE AGUAS**

PROCEDENCIA: POZO UNE-EGV.  
LA CANTUTA-LIMA

INFORMADO A: POZOS ESTABILIZADOS S.A.

FECHA : 27 DE NOVIEMBRE DE 1998



No DE CAMPO				
C.E x 10 <sup>6</sup> a 25 °C		800.00		
pH		7.3		
Calcio	me/lt	5.40		
Magnesio	me/lt	1.40		
Sodio	me/lt	0.90		
Potasio	me/lt	0.16		
Cloruros	me/lt	1.40		
Sulfatos	me/lt	4.00		
Carbonatos	me/lt	0.00		
Bicarbonatos	me/lt	3.60		
Nitratos	me/lt	0.00		
Boro	ppm	0.00		
Fierro	ppm	0.00		
Dureza de calcio	ppm	320.26		
Dureza de Magnes	ppm	70.07		
Dureza Total.	ppm	390.33		
Alcal.Total	ppm	180.00		

REPORTADO Por:

*Gaspar*  
GASPAR  
INGENIERO CIVIL  
CANTUTA - PERU

ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS : asesoría - consulta - supervisión  
Calle Simón Bolívar 177 - Urbanización Simón Bolívar - Lima  
Teléfono 4387329



**Consultoría & Servicios Hídricos S.R.Ltda.**

Análisis - Tratamientos - Aguas - Efluentes Diversos - Minerales  
Comercialización - Químicos - Equipos - Otros



CSH- Nº 360 - 98  
DIVISION DE LABORATORIO

**EVALUACION DE CALIDAD DE AGUAS**

Solicita :	POZOS ESTABILIZADOS S.A.
Atención :	ING.FERNANDO RIVERO Mc. F.
Orden de Servicio :	ING.FERNANDO RIVERO Mc. F.
Muestra :	Agua de Pozo
Procedencia :	Pozo Tubular " La Cantuta - Chosica"
Fecha de extracción y recepción :	23/11/98
Hora de extracción :	17.00 pm

**I.- ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIONES		
Mesófilos Aerobios Viables	U.F.C. /ml	780
Coliformes Totales a 35° C	N.M.P. /100 ml	93
Coliformes Fecales a 44.5 ° C	N.M.P./100 ml	<3

**COMENTARIOS :**

Valores máximos admisibles para agua potable :  
Heterótrofos : 500 U.F.C. / ml  
Coliformes Totales : Ausencia N.M.P. / 100 ml  
Coliformes Fecales : Ausencia N.M.P. / 100 ml.

Lima, 04 de Diciembre 1998

CONSULTORIA & SERVICIOS HIDRICOS S.R.Ltda

J. MARTHA ARANGUET CARRASCO  
C.C. 40102 (GENERAL)

---

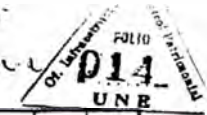
# ***ANEXO 03***

---

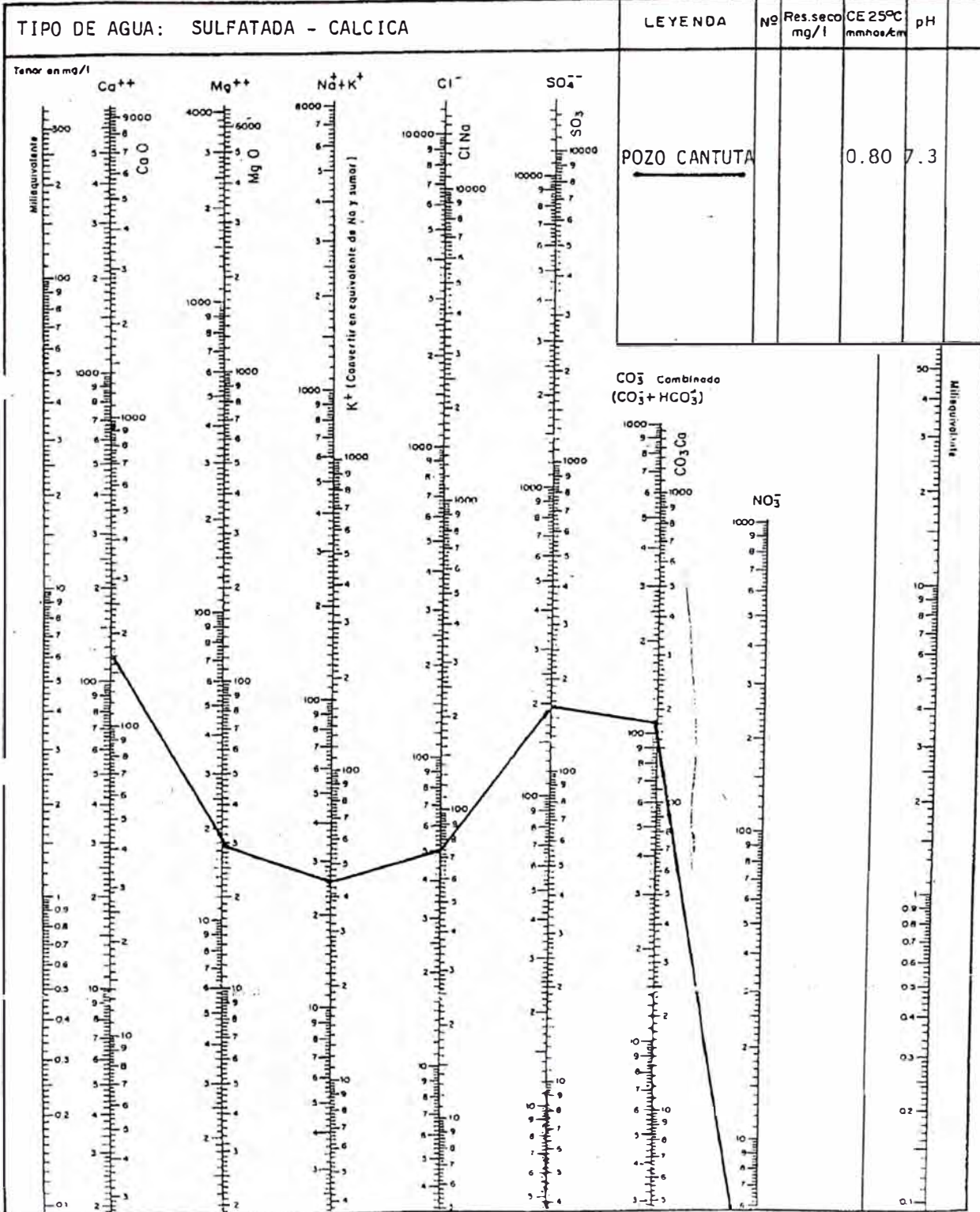
## **Resultados para el Análisis Físico-Químico del Agua Subterránea**

DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUA

Fig.6



Tipo Schoeller



# **ANEXO 04**

---

## **Diagrama de Potabilidad del Agua de Waterlot**



Fig.7

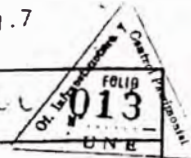
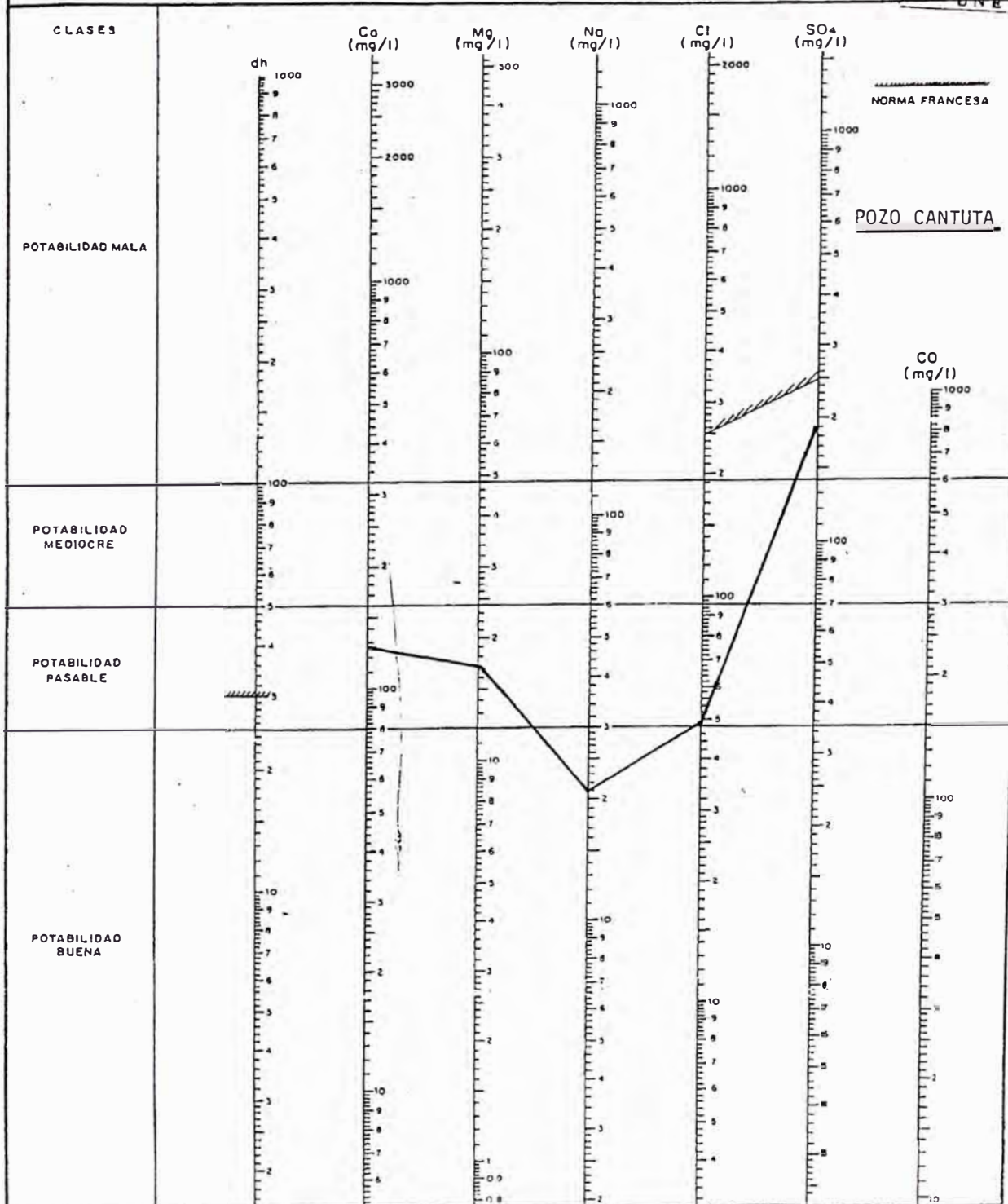


DIAGRAMA DE POTABILIDAD DEL AGUA



# **ANEXO 05**

---

## **Prueba de rendimiento para el Pozo N°1 UNE – EGV – la cantuta**

# POZOS

STABILIZADOS S.A.

## PRUEBA DE RENDIMIENTO

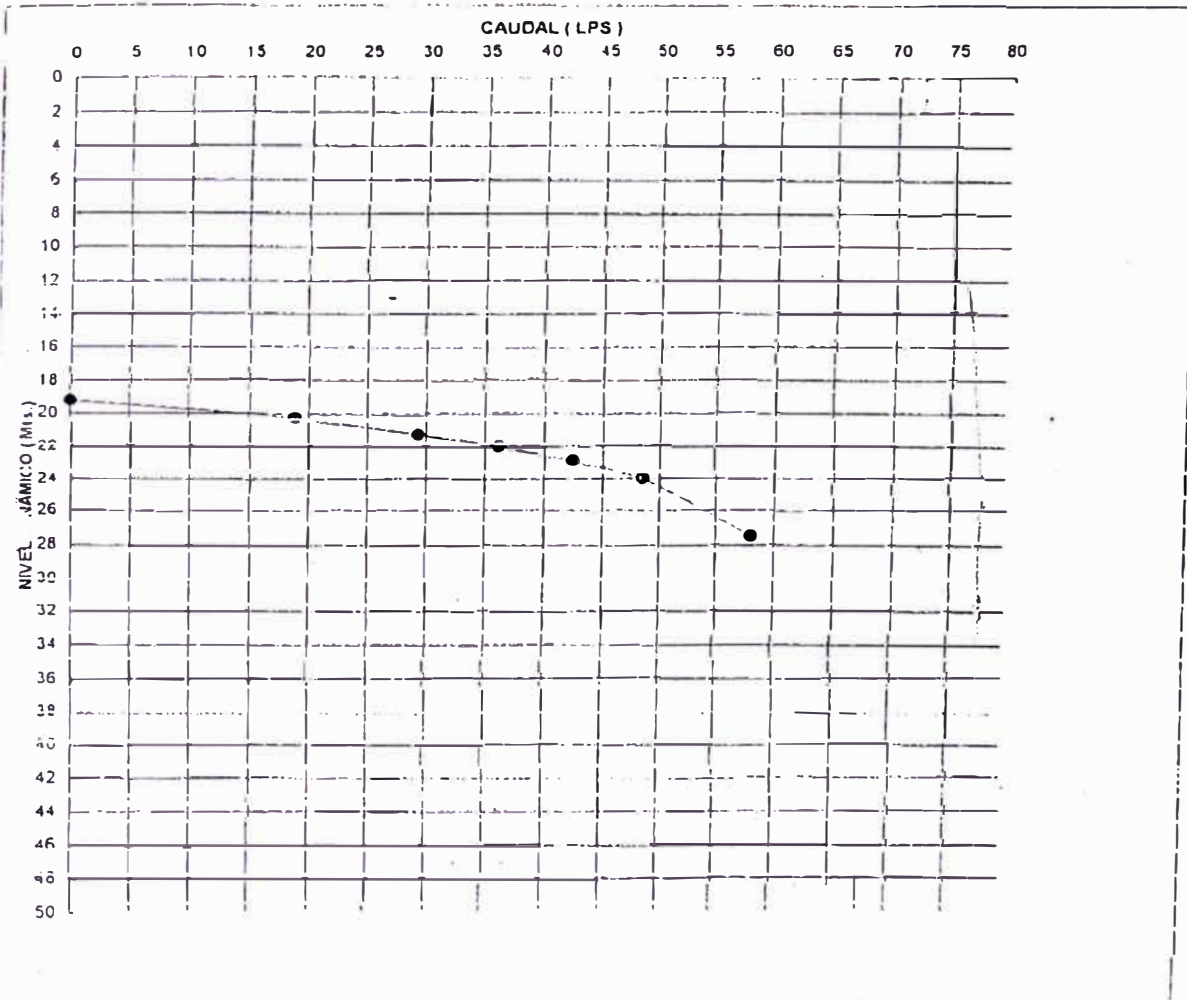
Pozo: N° 01, UNE-EGV-La Cantuta  
 Contrato: Concurso Público de Precios por Adjudicación Directa N° 001 - 98 - UNE / 1  
 Proyecto: Sistema Integral de Agua Potable de la U.N.E. - E.G.V. - 1° Etapa.  
 Ubicación: UNE Enrique Guzmán y Valle, La Cantuta, Chosica.  
 Fecha: Noviembre 24 de 1998  
 Observaciones: Los niveles están referidos a la boca del tubo de 14".



## PRUEBA ESCALONADA

Punto #	0	1	2	3	4	5	6	7	Total
Tiempo de bombeo	0	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	0	10
Caudal (litros/seg.)	0.00	19.80	29.30	36.10	42.40	48.50	58.00		
Nivel (metros)	19.21	20.21	21.23	21.99	22.85	23.95	27.50		

## CURVA DE RENDIMIENTO



mas Valle 805 - San Martín de Porres - Telfs. 534-2188 - 567-0067 Telefax. 534-2191 Apartado Postal N° 31-017 Lima 31 -Peru

# ***ANEXO 06***

---

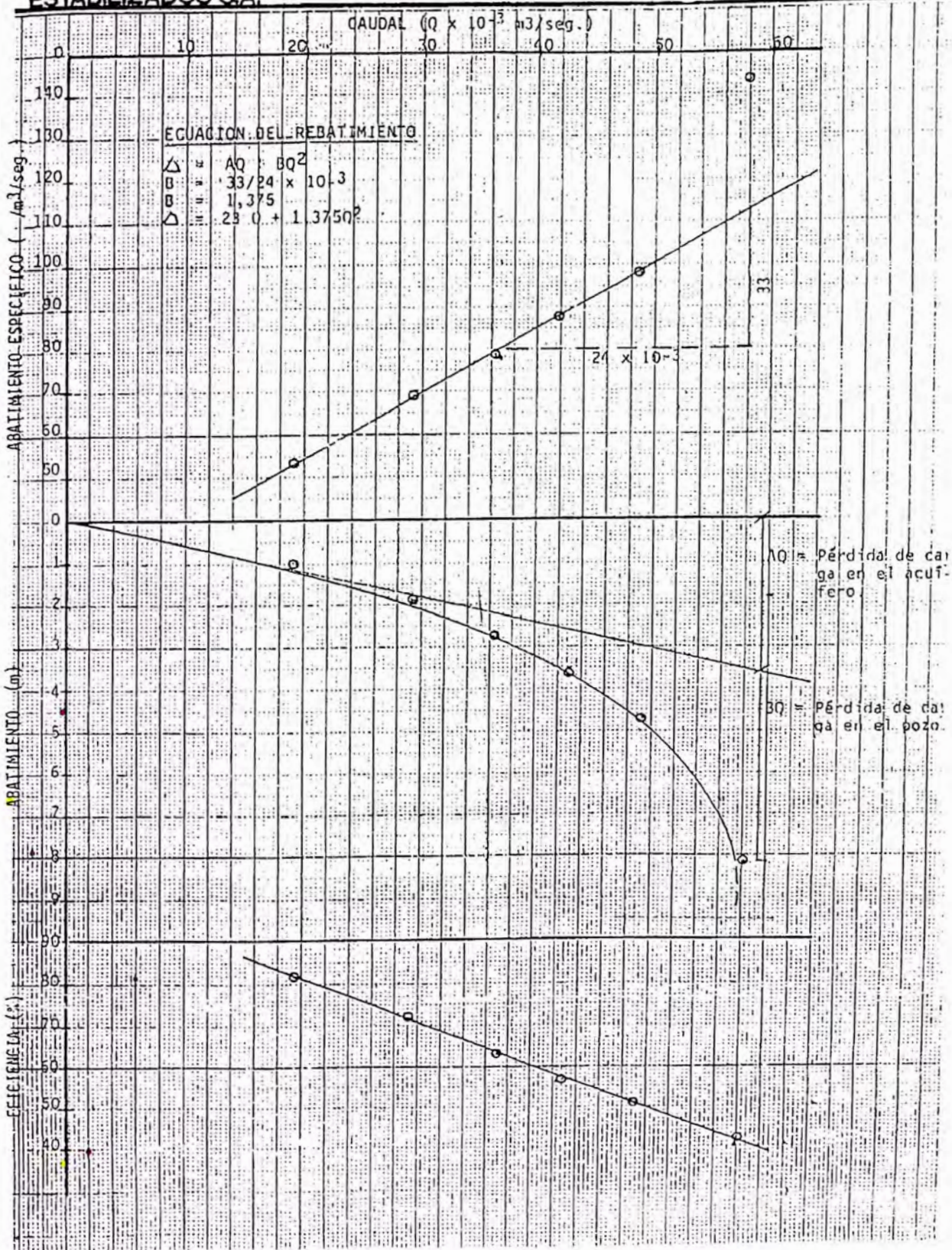
## **Prueba Escalonada del Pozo N°1 UNE – EGV – la cantuta**





PRUEBA ESCALONADA DEL POZO TUBULAR No.1  
 UNE - EGV - LA CANTUTA

Fig.4



# **ANEXO 07**

---

## **Prueba a Caudal Constante del Pozo N°1 UNE – EGV – la cantuta**





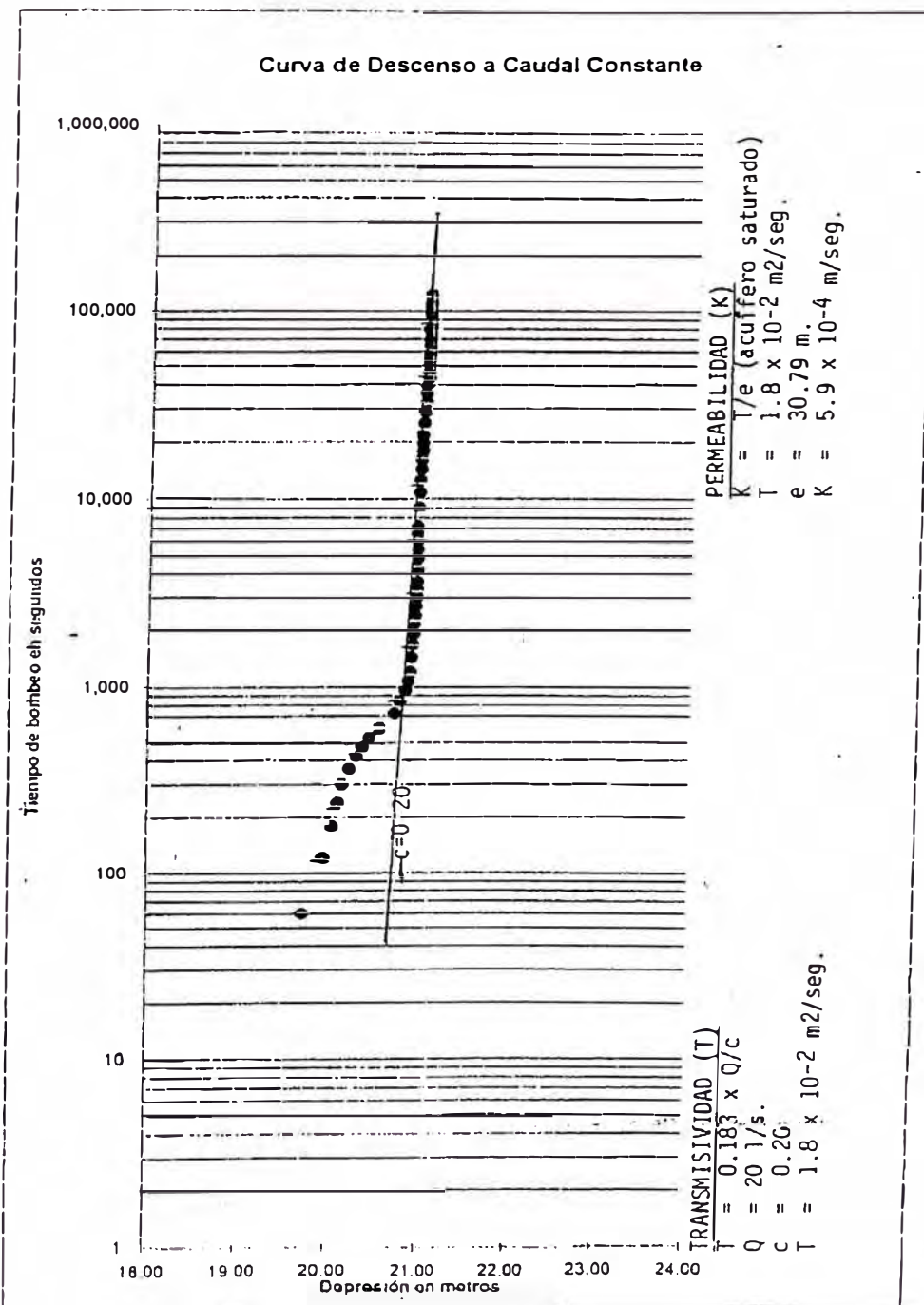
CUADRO N° 01

PRUEBA A CAUDAL CONSTANTE

Pozo tubular N° 1 - UNE - EGV - La Cantuta



ND (m):	Seg
19.71	60
19.93	120
20.02	180
20.08	240
20.12	300
20.20	360
20.28	420
20.34	480
20.41	540
20.52	600
20.66	720
20.74	840
20.80	960
20.83	1,080
20.85	1,200
20.87	1,440
20.88	1,680
20.89	1,920
20.89	2,160
20.90	2,400
20.91	2,700
20.92	3,000
20.92	3,300
20.92	3,600
20.92	4,200
20.92	4,800
20.92	5,400
20.92	6,000
20.91	6,600
20.91	7,200
20.92	9,000
20.93	10,800
20.93	12,600
20.94	14,400
20.94	16,200
20.95	18,000
20.95	19,800
20.95	21,600
20.96	25,200
20.97	28,800
20.98	32,400
20.98	35,000
20.99	39,600
21.00	43,200
21.00	46,800
21.00	50,400
21.00	54,000
21.01	57,600
21.01	61,200
21.01	64,800
21.01	68,400
21.02	72,000
21.02	75,600
21.00	79,200
21.03	82,800
21.03	86,400
21.03	90,000
21.02	93,600
21.02	97,200
21.02	100,800
21.02	104,400
21.02	108,000
21.02	111,600
21.02	105,200
21.02	118,800
21.02	122,400



Las Valle 805 - San Martín de Porres - Telfs: 534-2188 - 567-00067 Telefax: 534-2191 Apartado Postal N° 31-047 Lima 31 -Peru

# **ANEXO 08**

---

## **Calculo del Diámetro óptimo para la línea de impulsión del nuevo Pozo**

**Predimensionamiento en base a la formula de Bresse:**

$$D = K_4 \sqrt{Q}$$

Para N = 24 Horas

- D = Diametro en m.
- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg.
- K<sub>4</sub> = 0.7 - 1.6

Datos:	
K <sub>4</sub> :	1.2
Q:	0.0200 m <sup>3</sup> /seg.

Resultados:	
D:	0.170 m
D:	6.683 in

Para N < 24 Horas

$$D = 1.3 \lambda^{1/4} \sqrt{Q}$$

Datos:	
N:	18 Horas de bombeo
Q:	0.02597 m <sup>3</sup> /seg.

Siendo:

- D = Diametro en m.

$$\lambda = \frac{N}{24}$$

Resultados:	
λ:	0.750
D:	0.1950 m
D:	7.6761 in

- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg.
- N = Numero de horas de bombeo

Determinado un diametro, se escogen 3 o 4 diametros en torno al valor de Bresse y se determinan las perdidas de carga de manera grafica.

**DIAMETROS DE TUBERIAS EN FUNCION DE GASTOS (V. ECONOMICA)**

Fuente: Abastecimientos de Agua, Simon Arocha R.

Diametro		Velocidad max. m/seg.	Q <sub>max</sub> lts/seg.
mm	Pulgadas		
75	3	0.70	3.09
100	4	0.75	5.89
150	6	0.80	14.14
200	8	0.90	28.27
250	10	1.00	49.09
300	12	1.10	77.75
350	14	1.20	115.45
400	16	1.25	157.08
450	18	1.30	206.76
500	20	1.40	274.89
600	24	1.60	452.39
750	30	1.60	706.86

### Perdida de cargas en tubería de Ø4":

Localidad: Universidad Enrique Guzman y Valle "La Cantuta"

Sistema: Línea de impulsión desde el Pozo existente hacia el Reservorio apoyado de 125m<sup>3</sup>

Se dividen en dos tipos:

a) Perdida de Carga por Fricción:

$$Q = 0.2785 \times C \times D_c^{2.63} \times S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Q}{0.2785 \times C \times D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \times L$$

Donde:

**Q:** Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

**C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

**D<sub>c</sub>:** Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

**S:** Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).

**H<sub>f</sub>:** Pérdida de carga por fricción (m)

**L:** Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

Descripción	Material Clase	Caudal m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Diámetro in	Diámetro m	Rugosidad C	L m	S m/m	Perd. Fricc. m.c.a.
Tramo Pozo - Reservorio 125m <sup>3</sup> .	PVC Nuevo	0.026	3.20	4	0.102	135	589	0.0966	<b>56.87</b>

b) Perdida de Carga Local por Accesorios

Tramo I: Estacion de Bombeo			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	3.20	Perdida (m):	<b>5.52</b>

Tramo II: Línea de Impulsión			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	3	0.40	1.20

Sumatorias de K			2.10
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	3.20	Perdida (m):	<b>1.10</b>

Altura Dinámica Total (HDT)	
Nivel Dinámico (a)	803.00
Nivel de Descarga (b)	849.43
Altura Geométrica = b-a	46.43
Altura de Reserva	2.00
Perdida de Carga por Fricción	56.87
Perdida Local Estacion de Bombeo	5.52
Perdida Local Línea de Impulsión	1.10

<b>Altura Dinámica Total</b>	<b>111.92</b>
------------------------------	---------------

### Perdida de cargas en tubería de Ø6":

Localidad: Universidad Enrique Guzman y Valle "La Cantuta"

Sistema: Línea de impulsión desde el Pozo existente hacia el Reservorio apoyado de 125m<sup>3</sup>

Se dividen en dos tipos:

a) Perdida de Carga por Fricción:

$$Q = 0.2785 \times C \times D_c^{2.63} \times S^{0.54}$$

Donde:

**Q:** Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

**C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

**D<sub>c</sub>:** Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

**S:** Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).

**H<sub>f</sub>:** Pérdida de carga por fricción (m)

**L:** Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

$$S = \left[ \frac{Q}{0.2785 \times C \times D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \times L$$

Descripción	Material Clase	Caudal m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Diámetro in	Diámetro m	Rugosidad C	L m	S m/m	Perd. Fricc. m.c.a.
Tramo Pozo - Reservorio 125m <sup>3</sup> .	PVC Nuevo	0.02597	1.42	6	0.152	135	589	0.0134	<b>7.91</b>

b) Perdida de Carga Local por Accesorios

Tramo I: Estacion de Bombeo			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local K*V <sup>2</sup> /2g; V (m/s):	1.42	Perdida (m):	<b>1.09</b>

Tramo II: Línea de Impulsión			
Accesorio	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	3	0.40	1.20

Sumatorias de K			2.10
Perdida Local K*V <sup>2</sup> /2g; V (m/s):	1.42	Perdida (m):	<b>0.22</b>

Altura Dinámica Total (HDT)	
Nivel Dinámico (a)	803.00
Nivel de Descarga (b)	849.43
Altura Geométrica = b-a	46.43
Altura de Reserva	2.00
Perdida de Carga por Fricción	7.91
Perdida Local Estacion de Bombeo	1.09
Perdida Local Línea de Impulsión	0.22

<b>Altura Dinámica Total</b>	<b>57.65</b>
------------------------------	--------------

### Perdida de cargas en tubería de Ø8":

Localidad: Universidad Enrique Guzman y Valle "La Cantuta"

Sistema: Línea de impulsión desde el Pozo existente hacia el Reservorio apoyado de 125m<sup>3</sup>

Se dividen en dos tipos:

a) Perdida de Carga por Fricción:

$$Q = 0.2785 \times C \times D_c^{2.63} \times S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Q}{0.2785 \times C \times D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \times L$$

Donde:

**Q:** Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

**C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

**D<sub>c</sub>:** Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

**S:** Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).

**H<sub>f</sub>:** Pérdida de carga por fricción (m)

**L:** Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

Descripción	Material Clase	Caudal m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Diámetro In	Diámetro m	Rugosidad C	L m	S m/m	Perd. Fricc. m.c.a.
Tramo Pozo - Reservorio 125m <sup>3</sup> .	PVC Nuevo	0.026	0.80	8	0.203	135	589	0.0033	1.95

b) Perdida de Carga Local por Accesorios

Tramo I: Estacion de Bombeo			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	0.80	Perdida (m):	0.34

Tramo II: Línea de Impulsión			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	3	0.40	1.20

Sumatorias de K			2.10
Perdida Local $K \cdot V^2 / 2g$ ; V (m/s):	0.80	Perdida (m):	0.07

Altura Dinamica Total (HDT)	
Nivel Dinamico (a)	803.00
Nivel de Descarga (b)	849.43
Altura Geometrica = b-a	46.43
Altura de Reserva	2.00
Perdida de Carga por Friccion	1.95
Perdida Local Estacion de Bombeo	0.34
Perdida Local Línea de Impulsión	0.07

<b>Altura Dinamica Total</b>	<b>50.79</b>
------------------------------	--------------



**Perdida de cargas en tubería de Ø10":**

Localidad: Universidad Enrique Guzman y Valle "La Cantuta"  
 Sistema: Línea de impulsión desde el Pozo existente hacia el Reservorio apoyado de 125m<sup>3</sup>

Se dividen en dos tipos:

a) Perdida de Carga por Fricción:

$$Q = 0.2785 \times C \times D_c^{2.63} \times S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Q}{0.2785 \times C \times D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \times L$$

Donde:

- Q:** Caudal de bombeo (m3/s).
- C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.
- D<sub>c</sub>:** Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).
- S:** Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).
- H<sub>f</sub>:** Pérdida de carga por fricción (m)
- L:** Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

Descripción	Material Clase	Caudal m3/s	Velocidad m/s	Diámetro in	Diámetro m	Rugosidad C	L m	S m/m	Perd. Fricc. m.c.a.
Tramo Pozo - Reservorio 125m <sup>3</sup> .	PVC Nuevo	0.026	0.51	10	0.254	135	589	0.0011	0.66

b) Perdida de Carga Local por Accesorios

Tramo I: Estacion de Bombeo			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local $K \times V^2 / 2g$ ; V (m/s):	0.51	Perdida (m):	0.14

Tramo II: Línea de Impulsión			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	3	0.40	1.20

Sumatorias de K			2.10
Perdida Local $K \times V^2 / 2g$ ; V (m/s):	0.51	Perdida (m):	0.03

Altura Dinámica Total (HDT)	
Nivel Dinámico (a)	803.00
Nivel de Descarga (b)	849.43
Altura Geométrica = b-a	46.43
Altura de Reserva	2.00
Perdida de Carga por Fricción	0.66
Perdida Local Estacion de Bombeo	0.14
Perdida Local Línea de Impulsión	0.03

<b>Altura Dinámica Total</b>	<b>49.26</b>
------------------------------	--------------

**CALCULO DEL DIAMETRO OPTIMO**

COSTO DE TUBERIA (S./5.00m)		
Ø(")	CLASE 10	CLASE 15
4"	167.91	241.92
6"	365.80	519.65
8"	617.33	931.20
10"	961.78	1368.42

COSTO DE TUBERIA (S./m)			
Ø(")	CLASE 10	L m	COSTO TOTAL S./
4"	33.58	589.00	19779.80
6"	73.16	589.00	43091.24
8"	123.47	589.00	72721.47
10"	192.36	589.00	113297.68

COSTO DE MANO DE OBRA					
Ø(")	Descripcion	COSTO S./ml	L m	COSTO S./	COSTO TOTAL S./
4"	Excavacion	91.79	589.00	54064.31	71051.07
	Colocacion	0.92	589.00	541.88	
	Relleno	27.92	589.00	16444.88	
6"	Excavacion	91.79	589.00	54064.31	71221.88
	Colocacion	1.21	589.00	712.69	
	Relleno	27.92	589.00	16444.88	
8"	Excavacion	107.97	589.00	63594.33	82860.52
	Colocacion	1.29	589.00	759.81	
	Relleno	31.42	589.00	18506.38	
10"	Excavacion	107.97	589.00	63594.33	83031.33
	Colocacion	1.58	589.00	930.62	
	Relleno	31.42	589.00	18506.38	

**1. Gasto de diseño**

Poblacion actual	=	7242 hab.
Poblacion futura (2017)	=	8807 hab.
Dotacion	=	50 l/hab/s
Tiempo de bombeo	=	18 horas/dia

**Potencia de Impulsion**

Establecidas las perdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al Reservoirio.

**I.- Potencia de Consumo:**

$$P_c(HP) = \frac{100 \times Q \times HDT}{75 \times n_b}$$

Donde:

- HDT: Altura dinámica total (m).
- Q: Caudal de Bombeo (l/s).
- n<sub>b</sub>: Eficiencia de la bomba (%).

**I.- Potencia Instalada:**

$$P_i(HP) = \frac{100 \times Q \times HDT}{75 \times n_c}$$

Donde:

- n<sub>c</sub>: Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$n_c = n_b \times n_m$$

Datos:	
Q:	25.9733333 l/s
n <sub>b</sub> :	75 (%)
n <sub>m</sub> :	83 (%)

Resultados:	
P <sub>c</sub> :	46.43 (HP)
P <sub>i</sub> :	20.43 (HP)

POTENCIA					
Q (Lts/seg.)	Ø Pulgadas	HDT m	Potencia C. H.P.	Potencia I. H.P.	Potencia I. kW.
25.97	4"	111.92	51.68	62.26	46.43
25.97	6"	57.65	26.62	32.07	23.91
25.97	8"	50.79	23.45	28.26	21.07
25.97	10"	49.26	22.74	27.40	20.43

**CALCULO DEL DIAMETRO OPTIMO**

COSTO DE ENERGIA		
Costo S./ kW-hora	Costo anual S./	Costo en el Periodo S./
0.30	91513.94	915139.38
0.30	47135.68	471356.81
0.30	41533.14	415331.35
0.30	40276.90	402768.96

COSTO DEL EQUIPO			
Ø	Potencia I.	Costo Electrobomba Sumergible	Costo Total
Pulgadas	H.P.	S./	S./
4"	62.26	40831.00	40831.00
6"	32.07	52529.08	52529.08
8"	28.26	79355.05	79355.05
10"	27.40	94549.28	94549.28

COSTO DE TRANSPORTE (*)					
Ø	L	Peso Unitario	Peso Total	Costo Unit.	Costo Total
Pulgadas	m	Kg/m	Ton	S./Ton	S./
4"	589.00	2.72	1602.08	24.00	38449.92
6"	589.00	5.93	3492.77	24.00	83826.48
8"	589.00	8.79	5177.31	24.00	124255.44
10"	589.00	13.75	8098.75	24.00	194370.00

(\*) Distancia de transporte asumida: 100Km.

COMPARACION DE LOS COSTOS TOTALES PARA LAS CUATRO ALTERNATIVAS						
Ø	EQUIPO	ENERGIA	TUBERIA	INSTALACION	TRANSPORTE	TOTAL
Pulgadas	S./	S./	S./	S./	S./	S./
4"	40831.00	915139.38	19779.80	71051.07	38449.92	1085251.16
6"	52529.08	471356.81	43091.24	71221.88	83826.48	<b>722025.49</b>
8"	79355.05	415331.35	72721.47	82860.52	124255.44	774523.83
10"	94549.28	402768.96	113297.68	83031.33	194370.00	888017.26

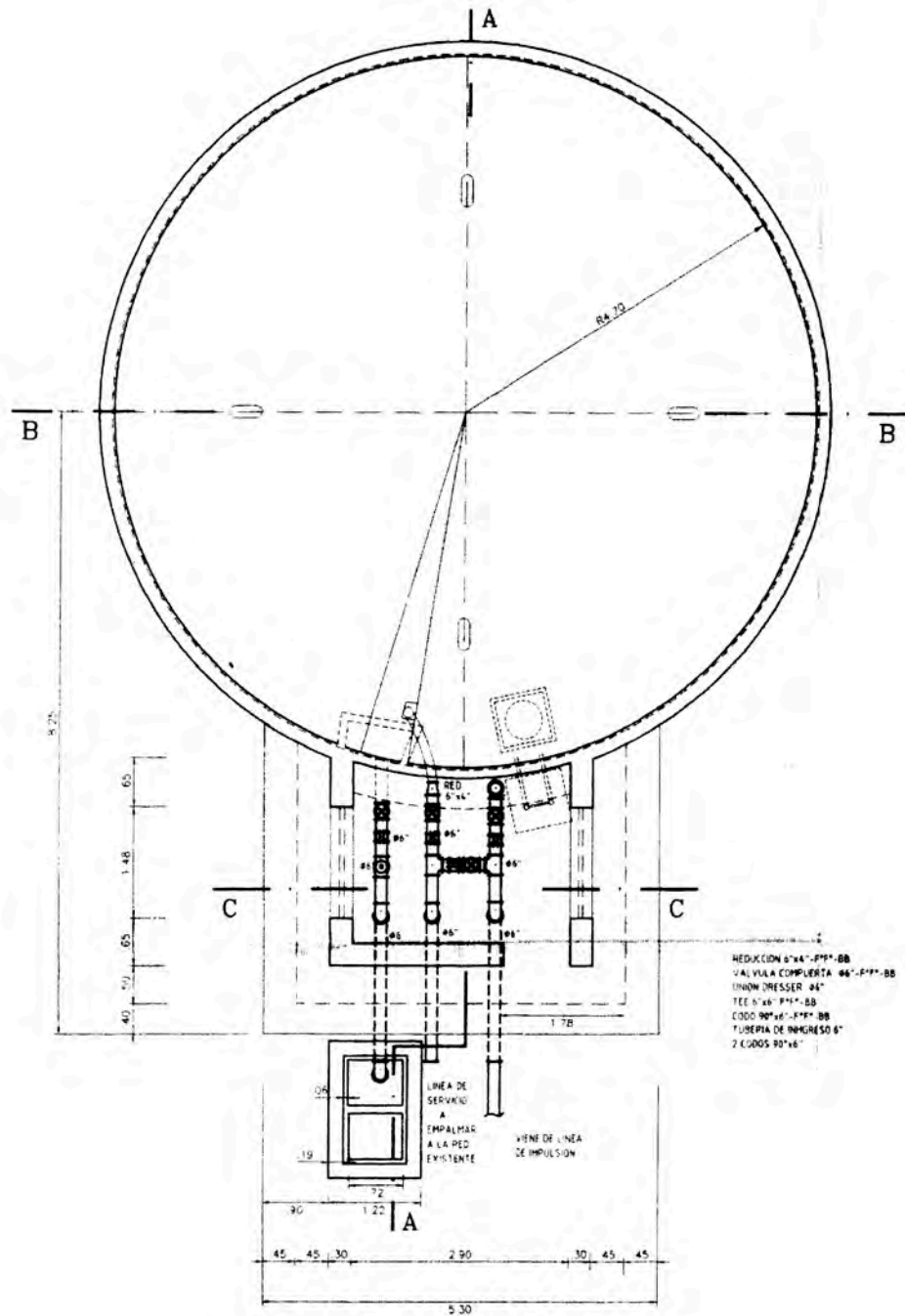
Luego la alternativa a escoger, por ser la mas economica es la de la tubería de 6" de diámetro.

# **ANEXO 09**

---

## **Planos del Pozo actual de la Universidad Nacional de Educación**



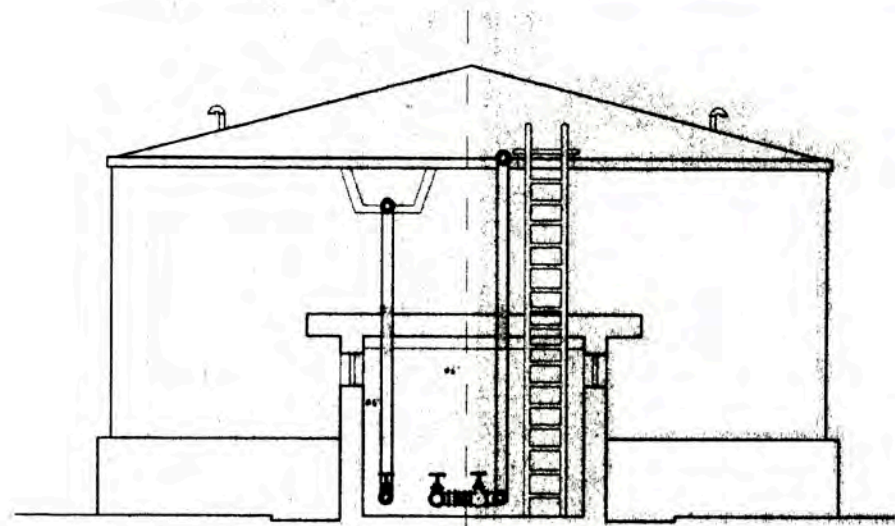
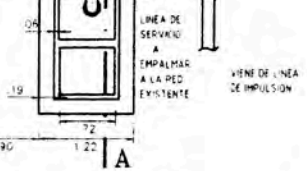


VISTA DE PLANTA

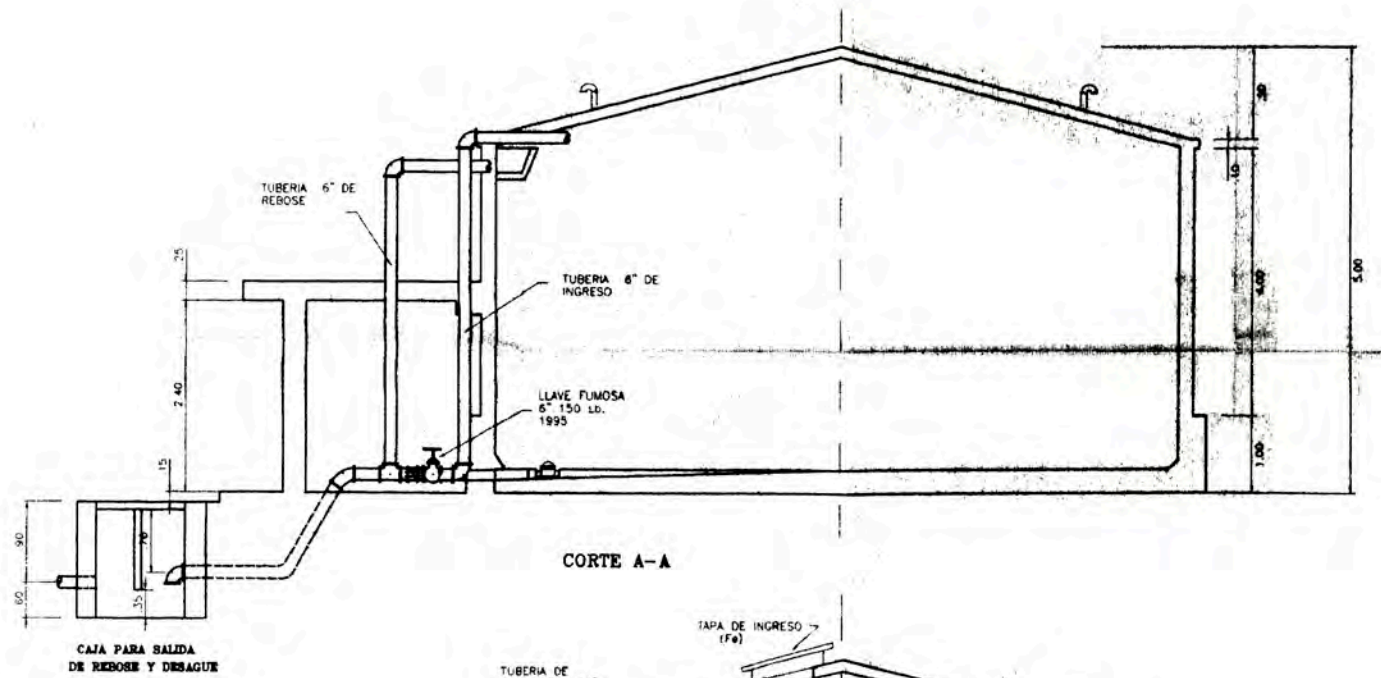
METRADO

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD
1.0	REDUCCION FF C/BRIDA C-75 150 6" x 4"	PZA	01
2.0	VALVULA COMPLETA FF BRIDA C-75 150 6"	PZA	03
3.0	UNION DRESSER 4"	PZA	03
4.0	TEE FF C/BRIDA C-75 150 6" x 4"	PZA	02
5.0	CODE FF C/BRIDA 75 150 6" x 4"	PZA	03

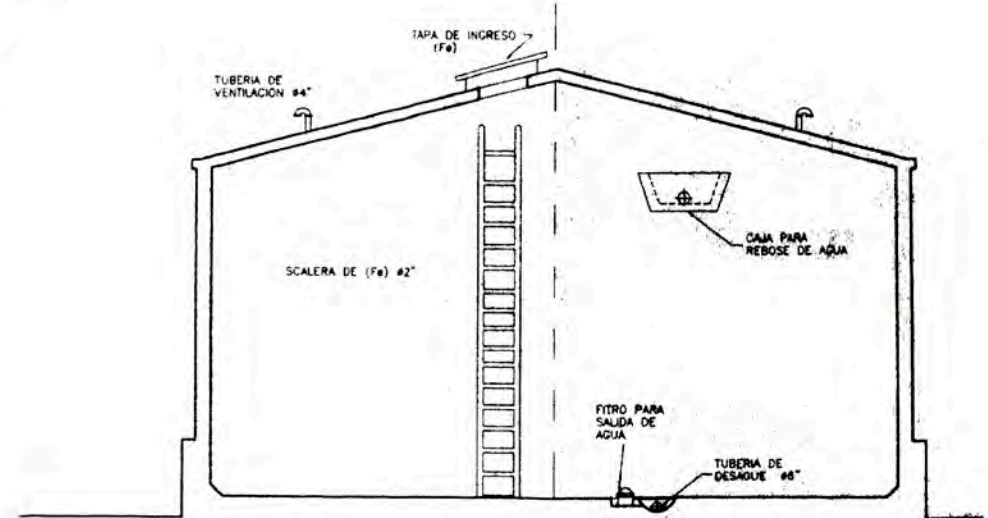
REDUCCION 6" x 4" FF C-75 150 6" x 4"  
 VALVULA COMPLETA 4" FF BRIDA C-75 150 6"  
 UNION DRESSER 4"  
 TEE 4" x 4" FF C-75 150 6" x 4"  
 CODE 4" x 4" FF C-75 150 6" x 4"  
 TUBERIA DE INGRESO 6"  
 2 Codos 90° 4"



CORTE C-C

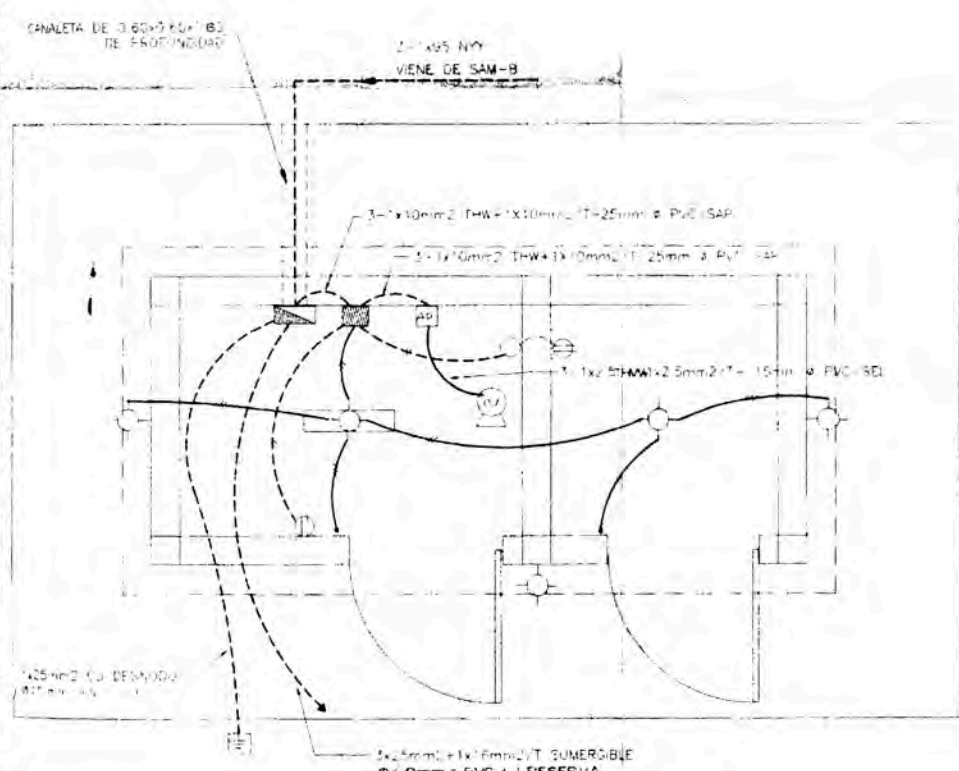


CORTE A-A

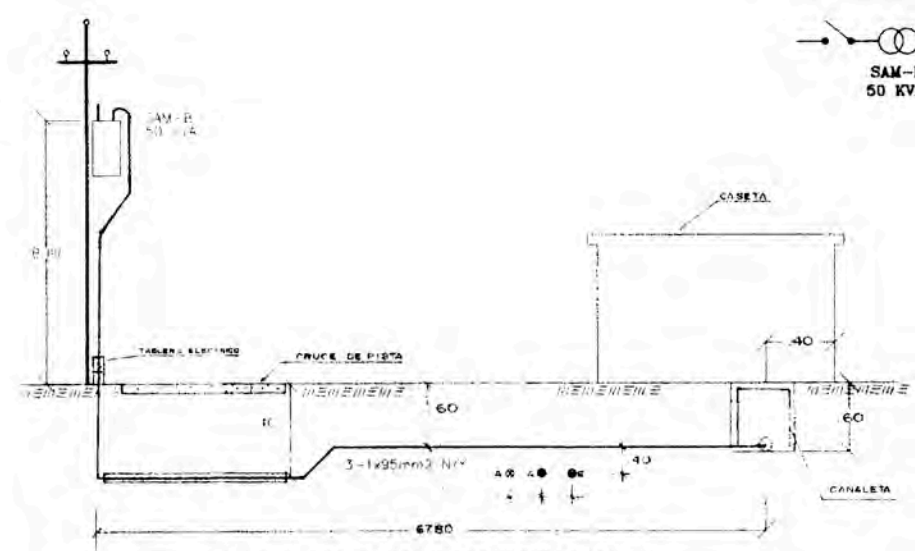


CORTE B-B

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		LAHNA:	
OF. CENTRO DE PLANIFICACION		OF. DE INFRAESTRUCTURA	
PROYECTO: ESTUDIOS INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"			
PLANO: RESERVOIRO CIRCULAR Y CARTEA DE VALVULAS		UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY: DR. JOSE MENDOZA	REV: ING. S. ALAMORA	DIBUJO: RAUL YORRDA F.	ESC: 1/4"
		FECHA: SET-97	1-E



INSTALACION ELECTRICA-ALUMBRADO Y FUERZA  
(ESC : 1/50) POZOS N° 1 y 2



DETALLE DE CABLE ALIMENTADOR (S/E)

- NOTA:
- TUBERIA DE AGUA EXISTENTE
  - TUBERIA DE AGUA PROYECTADA
  - ⊙ CABLE DE CONTROL DE NIVEL

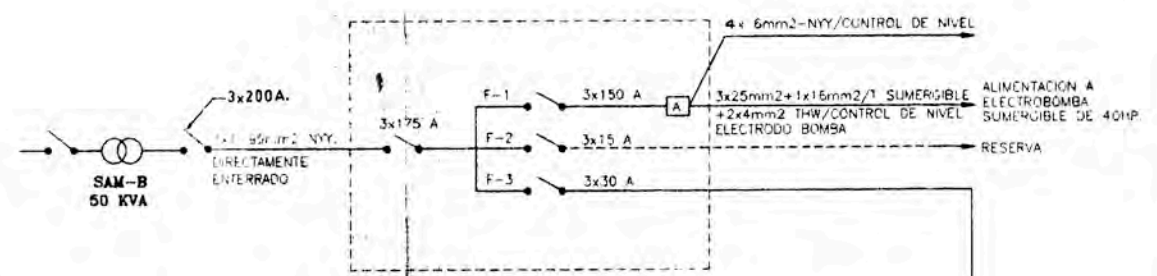


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL Y DE ARRANCADOR ( 220VOLTIOS )

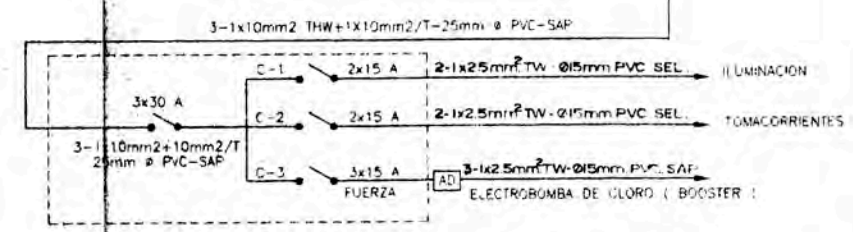
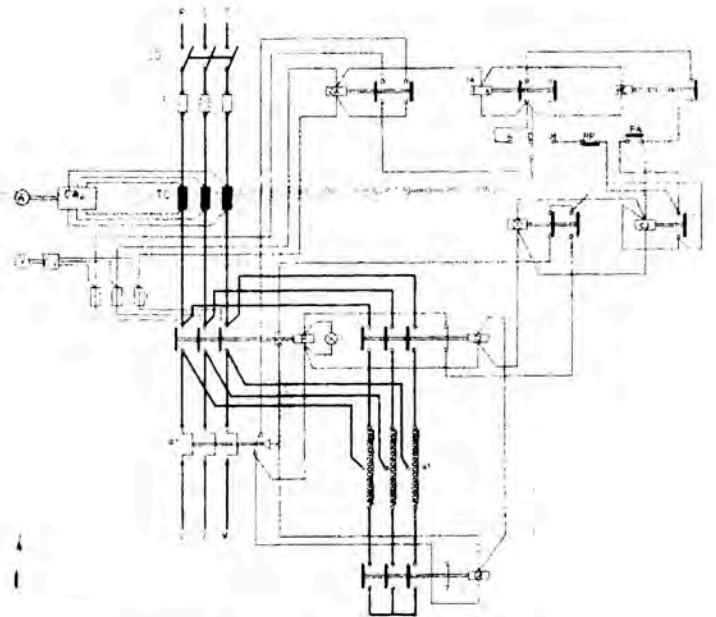


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCION TD - 1 ( 220 VOLTIOS )



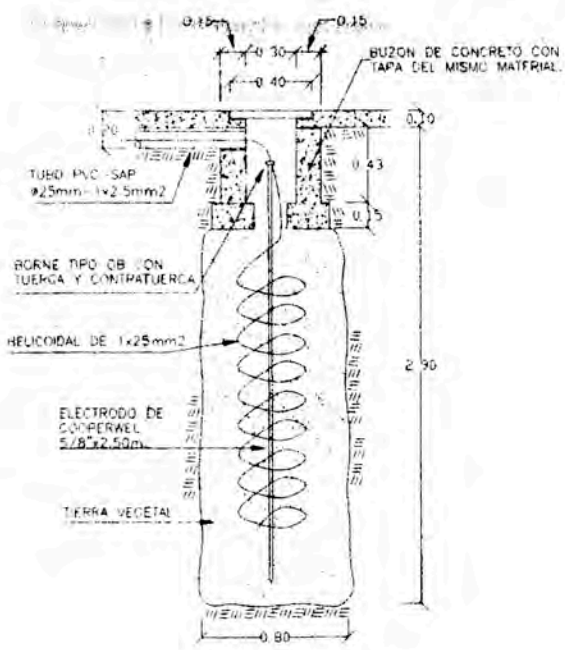
ESQUEMA ELECTRICO DEL TABLERO DE ARRANQUE PROTECCION Y CONTROL ESTRELLA-TRIANGULO DE 40HP.

DIMENSIONES DE TABLEROS GENERALES	
ANCHO (mm)	1800
ALTO (mm)	600
PROFUNDIDAD (mm)	450

NOTA:  
El control de electrodos puede ir incorporado en el tablero siempre que el espacio sea suficiente para el funcionamiento del sistema de control.

- LEYENDA
- IG INTERRUPTOR GENERAL
  - P CONTACTOR PRINCIPAL
  - C1 CONTACTOR PARA ALIMENT. AUTOTRANSF.
  - C2 CONTACTOR PARA TOMA PORCENT. TE
  - C3 CONTACTOR AUXILIAR DE MANDO
  - R1 RELE TERMAL
  - T RELE DE TIEMPO
  - CA CONTACTOR AUXILIAR (Proteccion de Falla por Fase)
  - TA RELE DE TIEMPO (Retardador de tiempo)
  - MA MANIVELA-PARADA-AUTOMATICO
  - MP ARRANCADOR DE PARADA
  - PA ARRANCADOR DE ARRANQUE
  - L LUZ DE ARRANQUE
  - F FUSIBLES NH
  - F' FUSIBLES DZ
  - HE CONTROL AUTOMATICO HORARIO O NIVEL DE ELECTRODOS
  - V VOLTIMETRO
  - CV COMUTADOR VOLTIMETRICO
  - A AMPERIMETRO
  - CAP COMUTADOR AMPERIMETRICO
  - TC TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO GENERAL		
DESCRIPCION	PI (Kw)	DM (Kw)
TABLERO GENERAL		
1 ELECTROBOMBA 40 HP	29.84	29.84
1 ELECTROBOMBA 1 HP.	0.746	0.746
CABLEADO DE ILUMINACION Y TOMACORRIENTES	1.00	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>31.59</b>	<b>30.00</b>
MOTOR: 40 HP, 230 VOLTIOS, 60 HZ, 3Ø n = 1725 R.P.M. N = 3450 R.P.M. F.P. = 0.85		

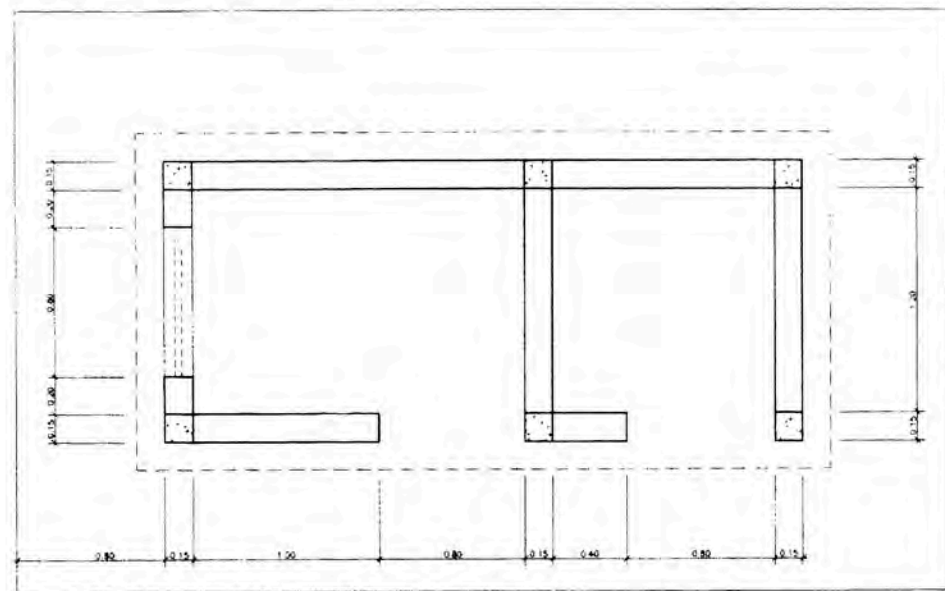


POZO DE TIERRA  
ESC : 1/25

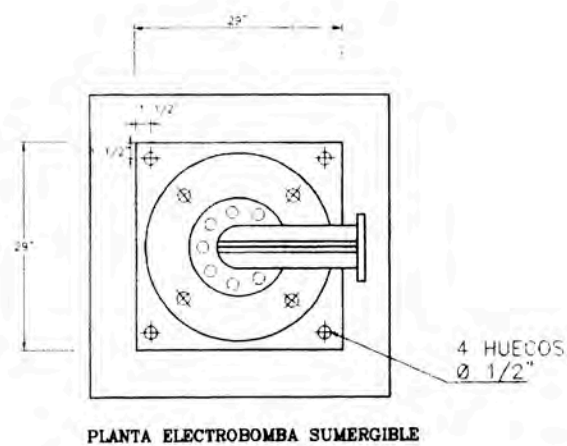
LEYENDA		
SIMBOLO	DESCRIPCION	ALTURA
[Symbol]	TABLERO DE CONTROL Y ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBA	AUTOSOP
[Symbol]	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	1.80 BORDE SUP
[Symbol]	CENTRO DE LUZ EN TECHO	
[Symbol]	TOMACORRIENTE DOBLE UNIVERSAL	0.40
[Symbol]	INTERRUPTOR UNIVERSAL DOS GOLPES	1.50
[Symbol]	ARRANQUE DIRECTO A PLENA TENSION	
[Symbol]	2-1x2.5mm² TW-Ø15mm PVC SEL EN TECHO O PARED	
[Symbol]	3-1x2.5mm² TW-Ø15mm PVC SEL EN TECHO O PARED	
[Symbol]	2-1x2.5mm² TW-Ø15mm PVC SEL EN PISO	
[Symbol]	LAMPARA FLUORESCENTE CIRCULAR DE 32 WATTS	
[Symbol]	INTERRUPTOR AUTOMATICO TERMOMAGNETICO NO FUSE	
[Symbol]	ARRANCADOR POR AUTO TRANSFORMADOR ELECTROBOMBA DE 40HP A 220 VOLTIOS CON BOBINA EN 220 VOLTIOS	
[Symbol]	BOMBA BOOSTER	
[Symbol]	TOMA DE TIERRA	
[Symbol]	TRANSFORMADOR SAM-B 50KVA	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"</b>		LAMINA
OF. CENTRO DE PLANIFICACION	OF. DE INFRAESTRUCTURA	04
PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		
PLANO: EQUIPO ELECTRICO Y BOMBEO	UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY: ING. JOSE MENDOZA	REV: ING. J. MENDOZA C.	DIBUJO: RAUL YGREDA P.
ESC: S/C	FECHA: SET-97	

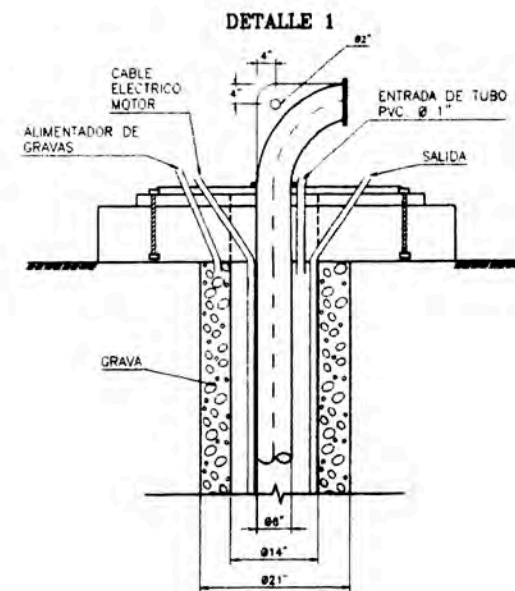




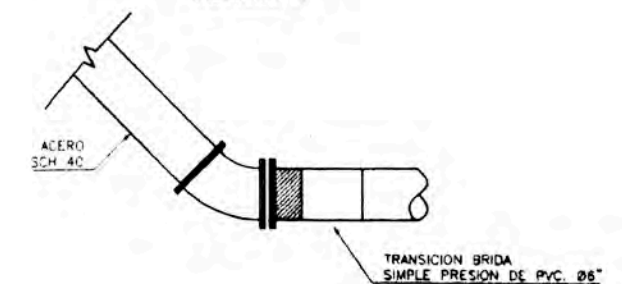
PLANTA  
ESC. 1/20



PLANTA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE

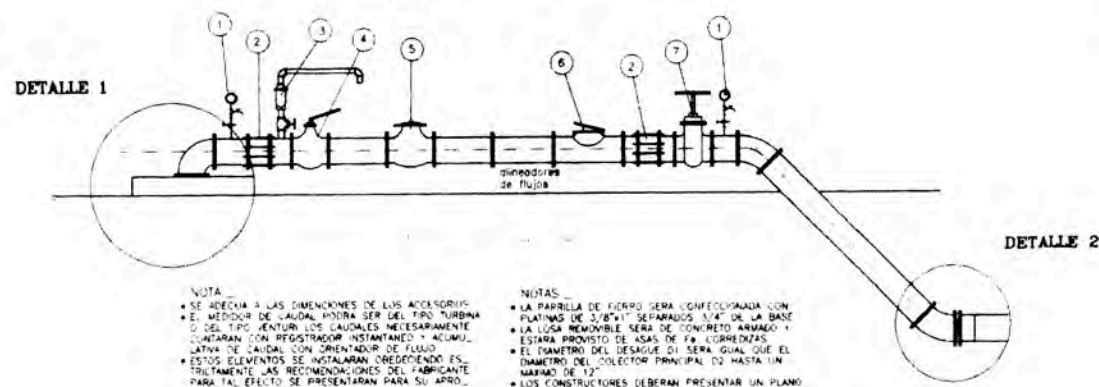


DETALLE 2



ACCESORIOS	
1) MANOMETRO	14) FILTRO 1"
2) UNION DRESSER	15) DIFUSOR
3) VALVULA DE AIRE	16) DOSIFICADOR DE CLORO
4) VALVULA MARIPISA	17) UNION 1/4" F GALV. CON TAPON
5) VALVULA CHECK Ø 6"	
6) MEDIDOR DE CAUDAL BB	
7) VALVULA COMPUERTA	
8) UNION DRESSER	
9) VALVULA ALVIO	
10) VALVULA COMPUERTA	
11) VALVULA COMPUERTA	
12) VALVULA GLOBO Ø PVC	
13) INYECTOR	

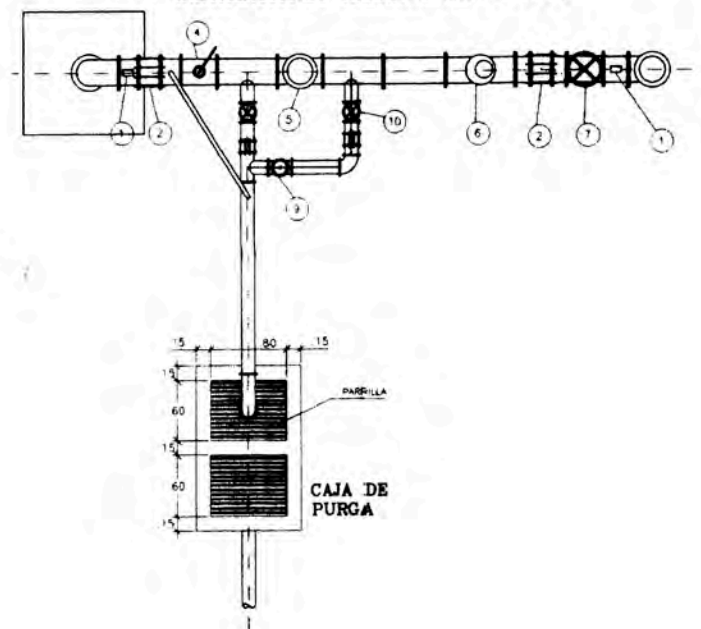
INSTALACIONES HIDRAULICAS-ELEVACION



NOTA:  
• SE ADECUA A LAS DIMENSIONES DE LOS ACCESORIOS.  
• EL MEDIDOR DE CAUDAL PODRA SER DEL TIPO TURBINA O DEL TIPO VENTURI LOS CAUDALES NECESARIAMENTE UNIRAN CON REGISTRADOR INSTANTANEO Y ACUMULADORA DE CAUDAL CON ORIENTADOR DE FLUJO.  
• ESTOS ELEMENTOS SE INSTALARAN CUIDANDO ESPECIAMENTE LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE PARA TAL EFECTO SE PRESENTARAN PARA SU APROBACION LAS SUSPENDIONES SUFICIENTES.

NOTAS:  
• LA PARRILLA DE FIERRO SERA CONFECCIONADA CON PLATINAS DE 3/8"x1" SEPARADAS 1/4" DE LA BASE.  
• LA LOSA REMOVIBLE SERA DE CONCRETO ARMADO Y ESTARA PROVISTA DE AGUAS DE FUGA CORREZZAS.  
• EL DIAMETRO DEL DESAGUE D1 SERA IGUAL QUE EL DIAMETRO DEL COLECTOR PRINCIPAL D2 HASTA UN MAXIMO DE 12".  
• LOS CONSTRUCTORES DEBERAN PRESENTAR UN PLANO UBICACION DEFINITIVA DEL POZO A ESCALA 1:50, MUESTRANDO LOS PERIMETROS Y AREA QUE FORMARAN PARTE DEL PATRIMONIO DE SEDAPAL.  
• LA VEREDA PERIMETRICA LLEVARA SARDINEL DE Ø 15x0.50m.

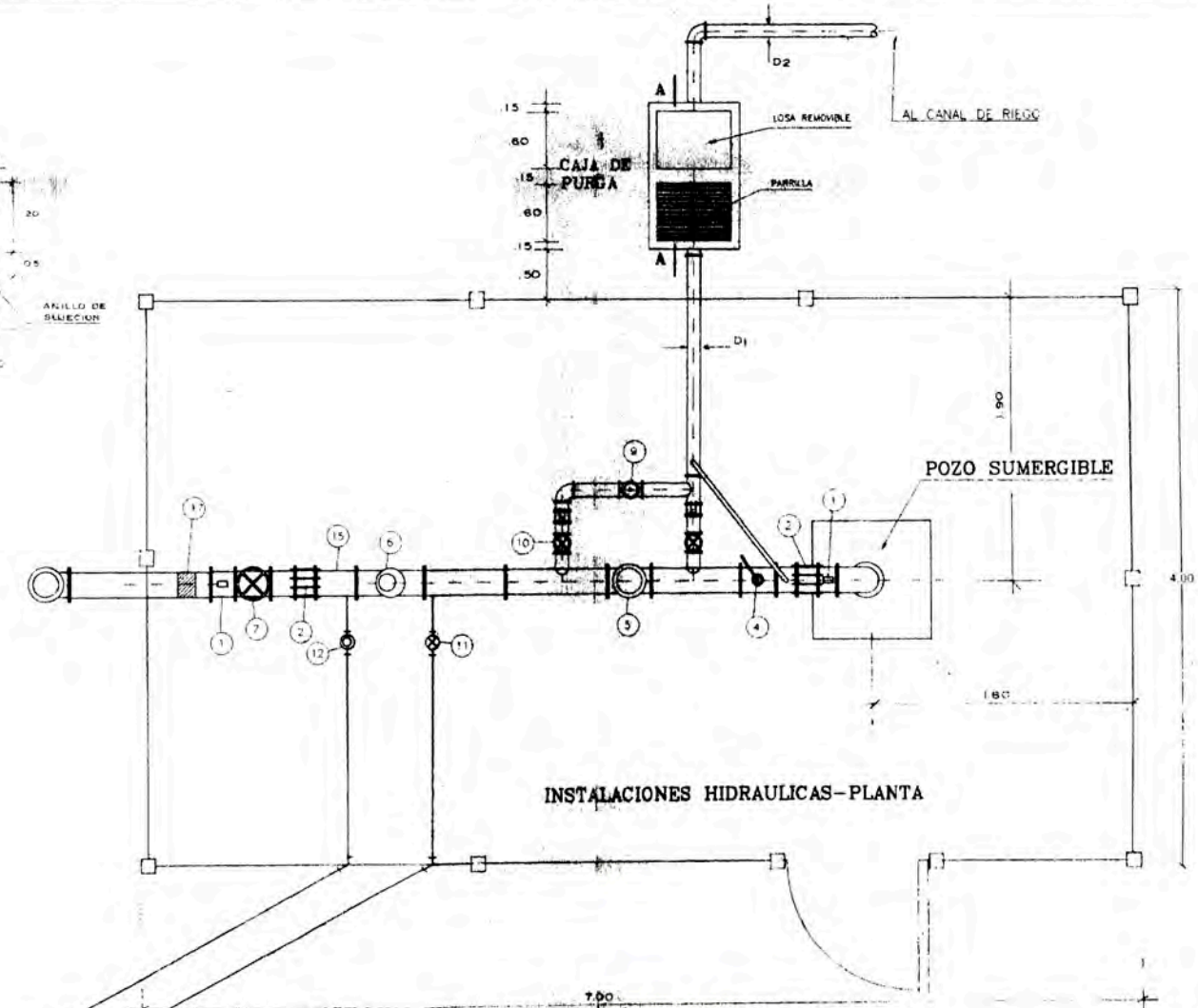
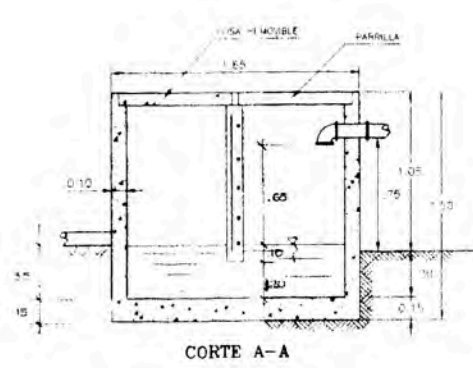
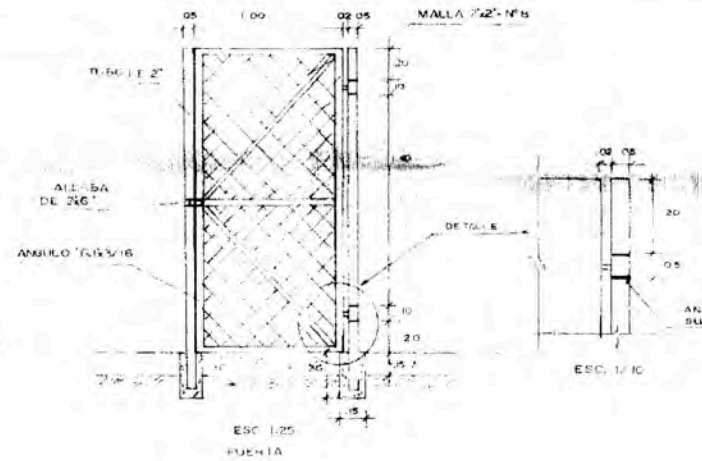
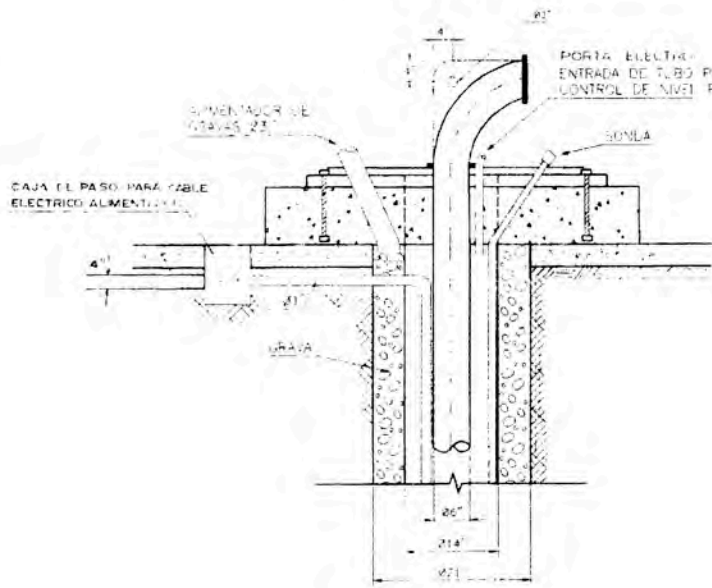
INSTALACIONES HIDRAULICAS-PLANTA



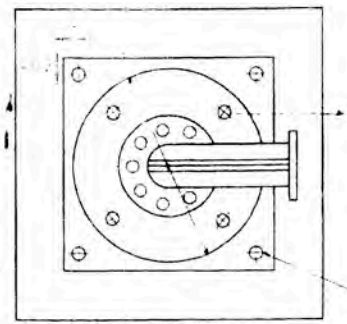
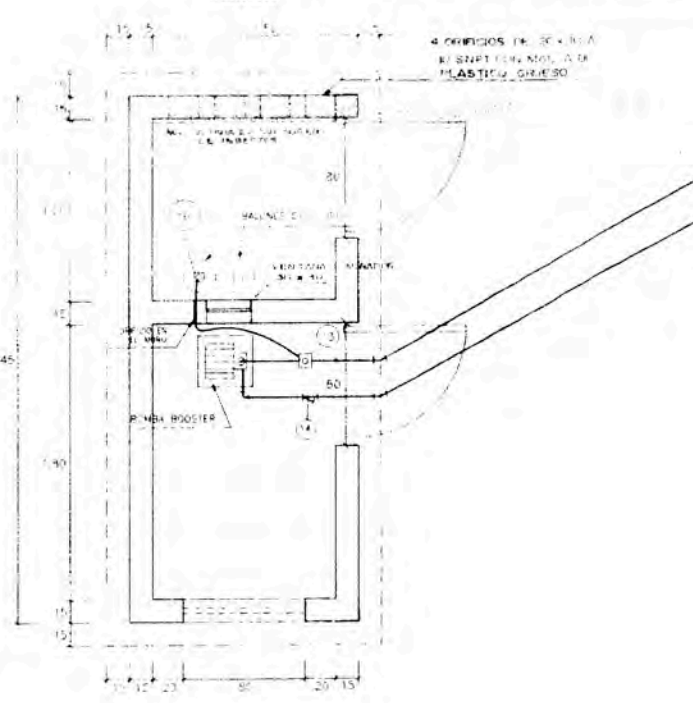
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		LAMINA :
OF. CENTRO DE PLANIFICACION		OF. DE INFRAESTRUCTURA
PROYECTO : ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		
PLANO	ARBOL DE DESCARGA	UBICACION : CAMPUS UNIVERSITARIO
PROY. :	REV. :	DIBUJO :
ING. JOSE MENDOZA	ARQ. C. ALZAMORA	RAUL YOREDA P.
ESC. :	8/C	FECHA :
		SET-97

04

POZO SUMERGIBLE  
DETALLE 1



CASETA  
PLANTA



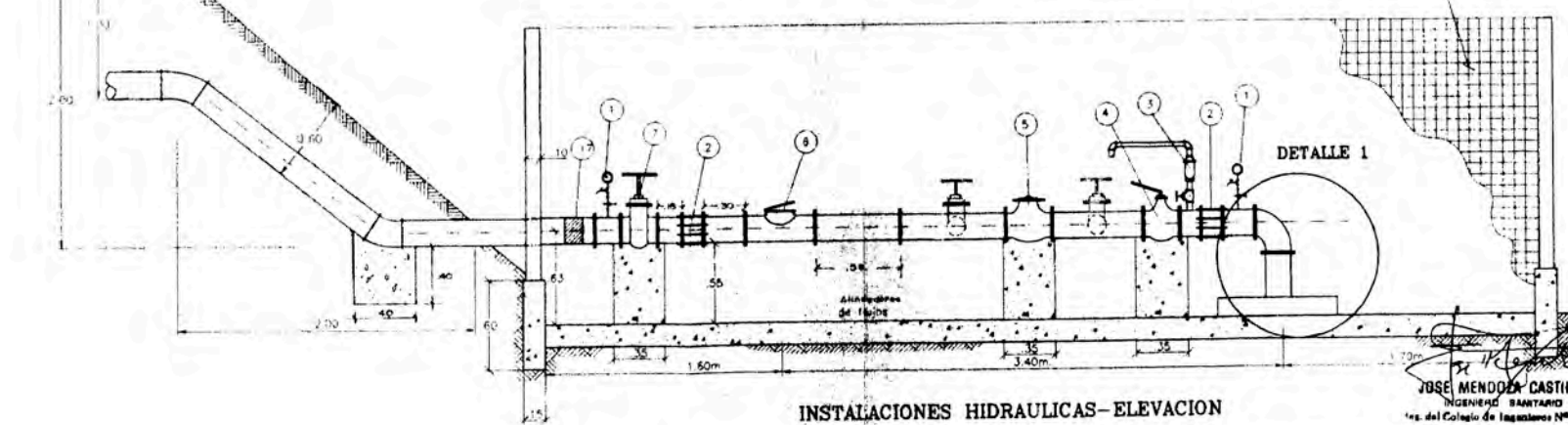
PLANTA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE

NOTA: VER DIMENSIONES DE DIFUSOR GAS DE CLORO EN PLANO 5-A

4 ANILLOS Ø 2 1/2" EN EL SENTIDO NOROCCIDENTAL DE PLASTICO GUEISO

NOTAS:  
• LA PARRILLA DE HIERRO SERA CONFECCIONADA CON PLATINAS DE 3/8" x 1" SEPARADAS 3/4" DE LA BASE.  
• LA LOSA REMOVIBLE SERA DE CONCRETO ARMADO Y ESTARA PROVISTA DE ORAS DE 2" DE Ø. CORREDIZAS.  
• EL DIAMETRO DEL DESAGUE D1 SERA DUAL QUE EL DIAMETRO DEL COLECTOR PRINCIPAL D2 HASTA UN MAXIMO DE 12".  
• SE ATIENDE A LAS DIMENSIONES DE LOS ACCESORIOS.  
• EL MEDIDOR DE CAUDAL PODRA SER DEL TIPO TURBINA O DEL TIPO VENTURI LOS CAUDALES NECESARIAMENTE CONJUNTO CON REGISTRADOR INSTANTANEO Y ACUMULADOR DE CAUDAL CON ORIENTADOR DE FLUJO.  
• ESTOS ELEMENTOS SE INSTALARAN OBEDECIENDO LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE PARA TAL EFECTO SE PRESENTARAN PARA SU APROBACION LAS SUSCRIPCIONES SUJECIONES.

ACCESORIOS	
① MANÓMETRO	⑤ FILTRO "Y"
② UNIÓN DRESSER #4"	⑥ DIFUSOR
③ VALVULA DE AIRE	⑦ DOSIFICADOR DE CLORO
④ VALVULA MARIOTTI #1/2"	⑧ TRANSMISION
⑨ VALVULA GLOBULO PVC Ø 1 1/2"	
⑩ VALVULA GLOBULO PVC Ø 1 1/2"	
⑪ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑫ VALVULA COMPUESTA #4 1/2"	
⑬ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑭ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑮ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑯ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑰ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑱ VALVULA COMPUESTA #4"	
⑳ INYECTOR	



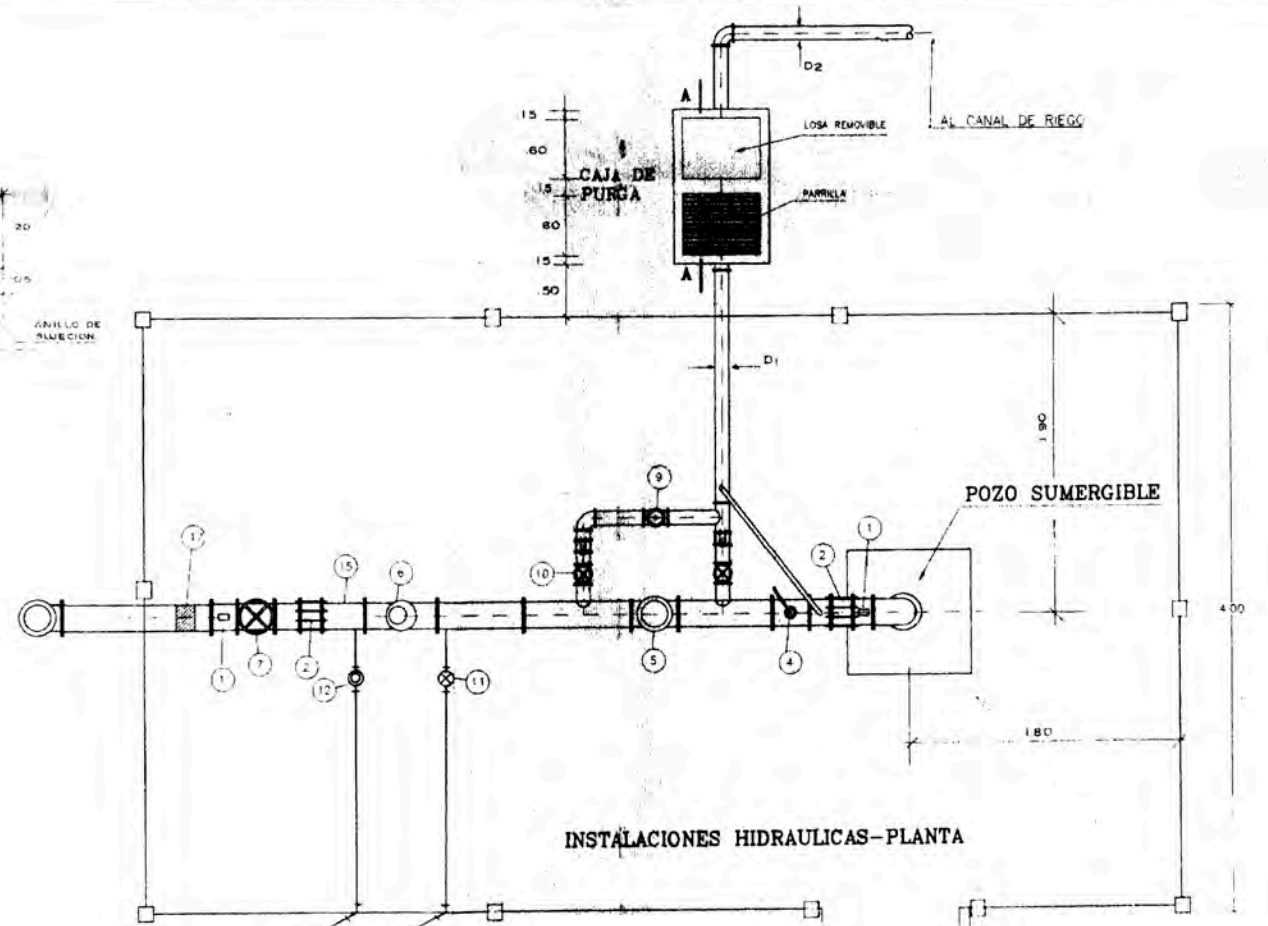
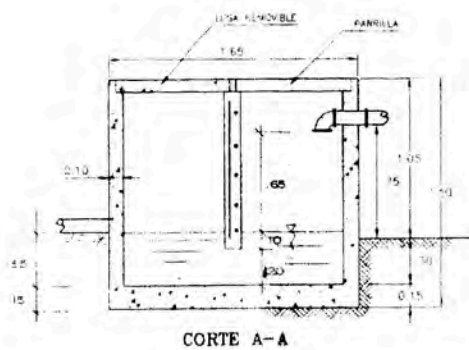
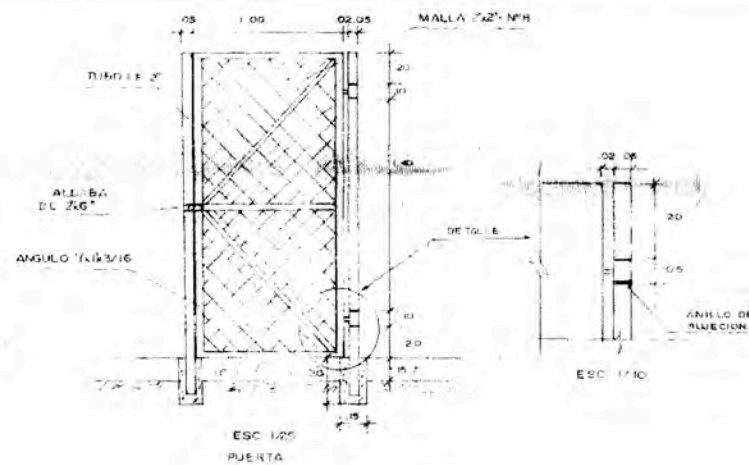
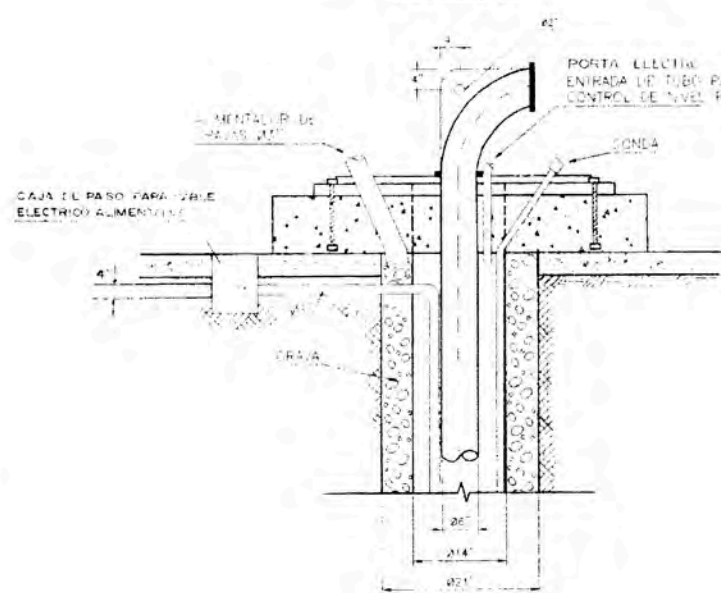
INSTALACIONES HIDRAULICAS-ELEVACION

JOSE MENDOZA CASTILLO  
INGENIERO SANITARIO  
1er. del Colegio de Ingenieros N.º 16471

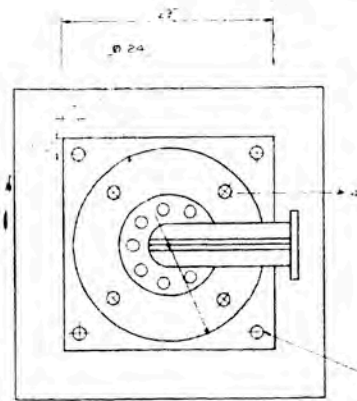
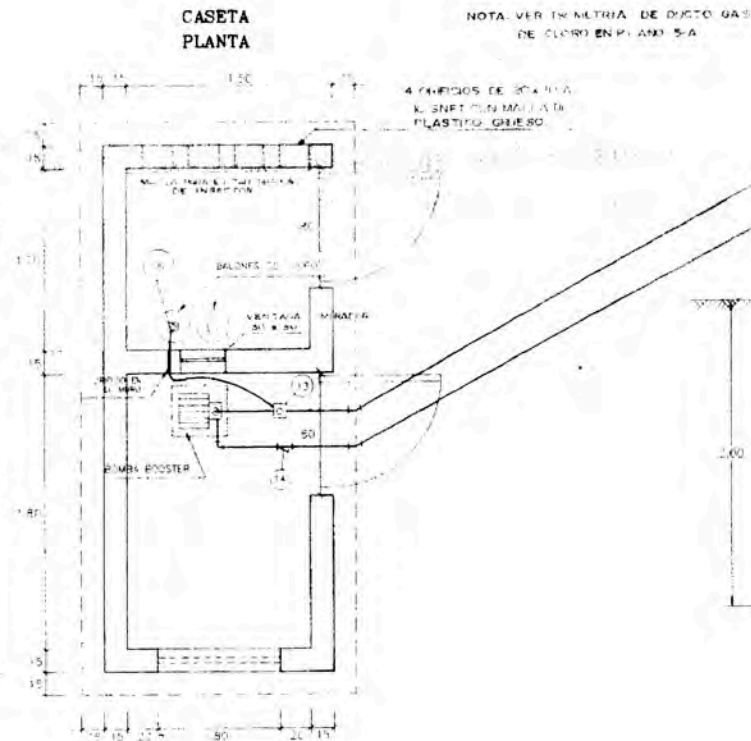
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE" OF. CENTRO DE PLANIFICACION		LAMINA <b>05</b>
PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		
PLANO INSTALACIONES HIDRAULICAS Y ARBOL DE DESCARGA	UBICACION CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY. ING. JOSE MENDOZA	REV. ING. J. MENDOZA C.	FECHA SET-97



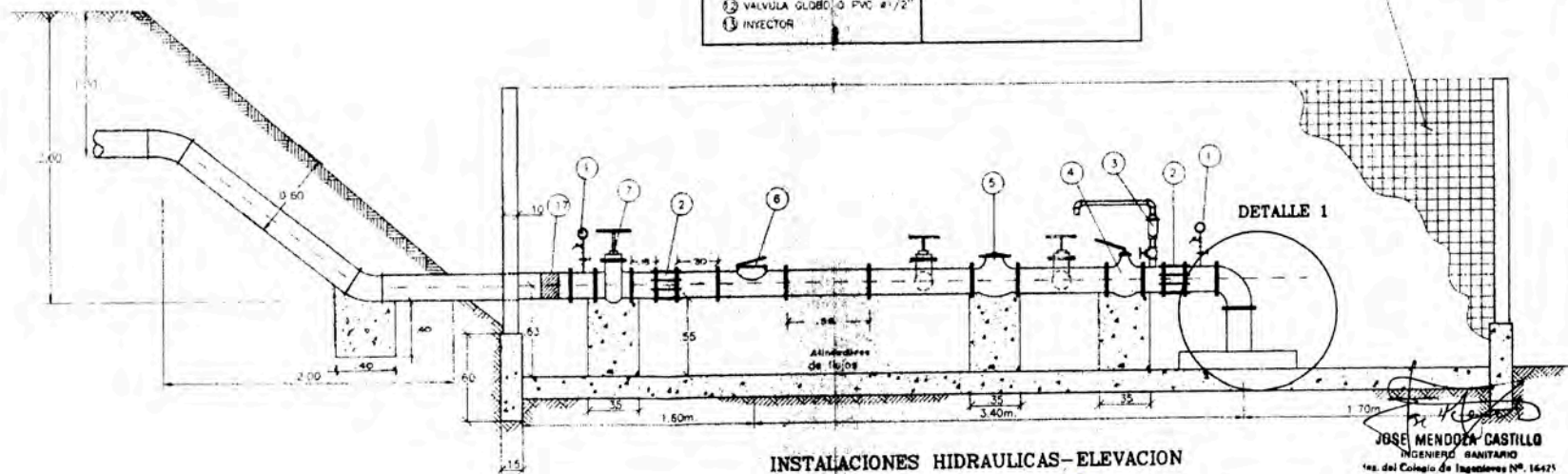
POZO SUMERGIBLE  
DETALLE 1



CASETA PLANTA



ACCESORIOS	
1 MANOMETRO	12 FILTRO "Y"
2 UNION DRESSER #4"	13 DIFUSOR
3 VALVULA DE 4" 1/2"	14 DOSIFICADOR DE CLORO
4 VALVULA MARIPOSA #4"	15 TRANSICION
5 VALVULA C-ESTRIP	
6 MEDIDOR DE CAUDAL #2"	
7 VALVULA COMPLETA #2"	
8 UNION DRESSER #4"	
9 VALVULA ALMO #4"	
10 VALVULA COMPLETA #4"	
11 VALVULA COMPLETA #1/2"	
12 VALVULA GLOBO PVC #1/2"	
13 INYECTOR	



- NOTAS
- LA PARRILLA DE FIERRO SERA CONFECCIONADA CON PLATINAS DE 3/8" SEPARADAS 3/4" DE LA BASE
  - LA LOSA REMOVIBLE SERA DE CONCRETO ARMADO Y SERA PROTEGIDA DE ASAS DE F# CORREDIZAS
  - EL DIAMETRO DEL DESAQUE D1 SERA IGUAL QUE EL DIAMETRO DEL MOTOR PRINCIPAL D2 HASTA UN MAXIMO DE 12"
  - SE ADECUA A LAS DIMENSIONES DE LOS ACCESORIOS
  - EL MEDIDOR DE CAUDAL PODRA SER DEL TIPO TURBINA O DEL TIPO VENTURI LOS CAUCHES NECESARIAMENTE CONJUNTO CON REGISTRADOR INSTANTANEO Y ACUMULADOR DE CAUDAL CON ORIENTADOR DE FLUJO
  - ESTOS ELEMENTOS SE INSTALARAN OBEDECENDO ES TRATAMENTE LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE PARA TAL EFECTO SE PRESENTARAN PARA SU APROBACION LAS SUGERENCIAS DE LOS ELEMENTOS

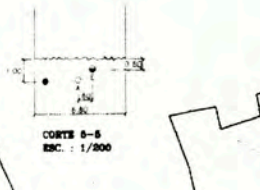
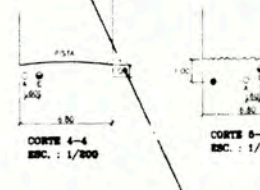
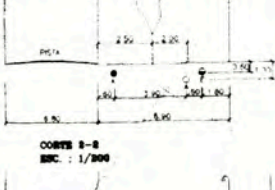
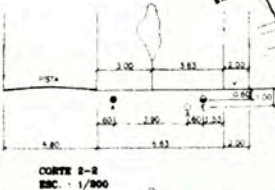
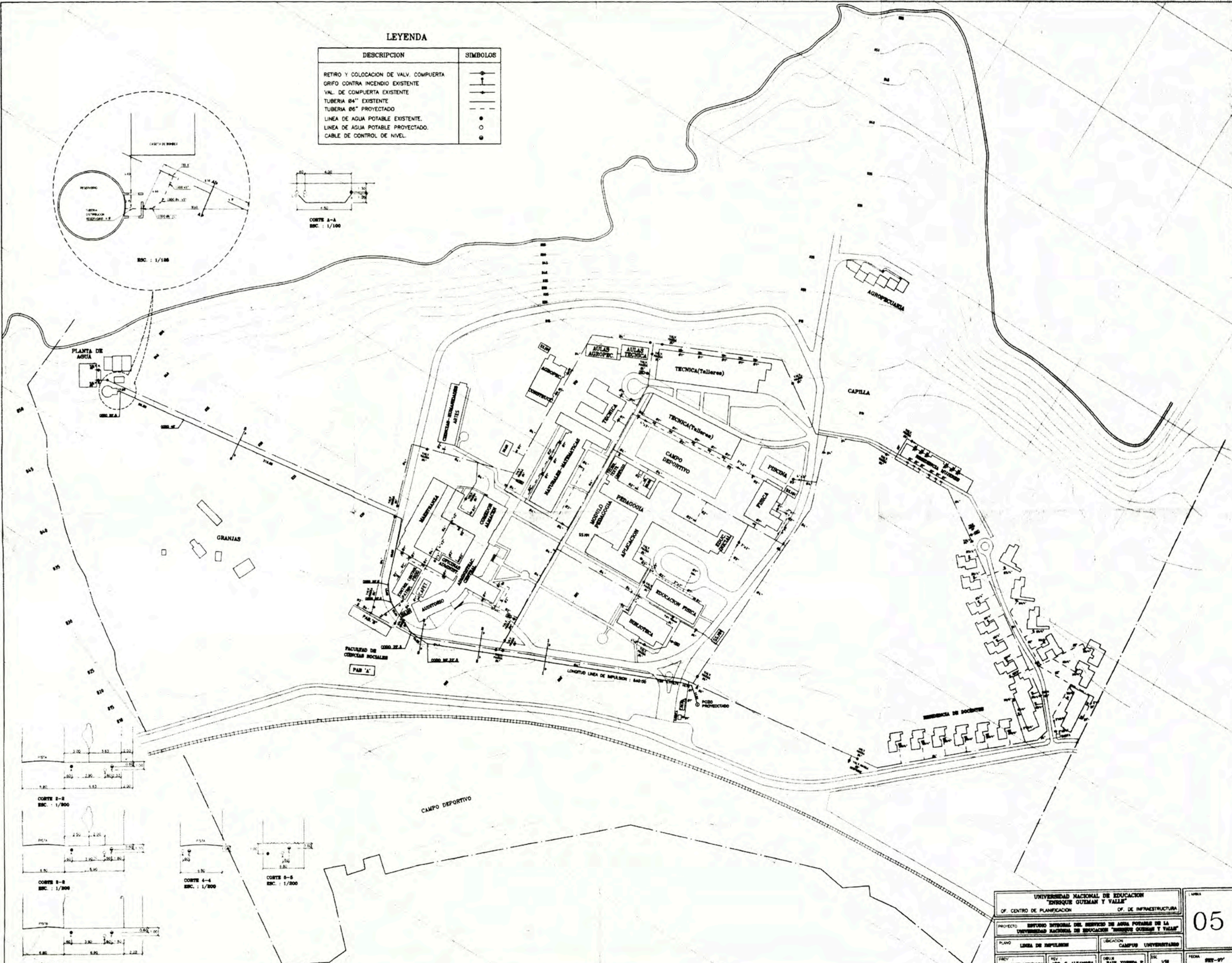
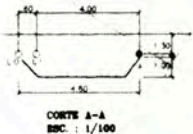
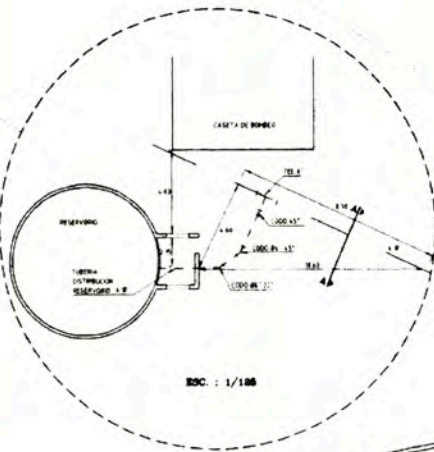
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		LAMINA
OF. CENTRO DE PLANIFICACION	OF. DE INFRAESTRUCTURA	05
PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		
PLANO: INSTALACIONES HIDRAULICAS Y ARBOL DE DESCARGA	UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY: ING. JOSE MENDOZA	REV: ING. J. MENDOZA C.	FECHA: SET-97
DIBUJO: RAUL YGREDA P.	ESC: 1:25	

JOSE MENDOZA CASTILLO  
INGENIERO QUIMICO  
del Colegio de Ingenieros N° 16425



LEYENDA

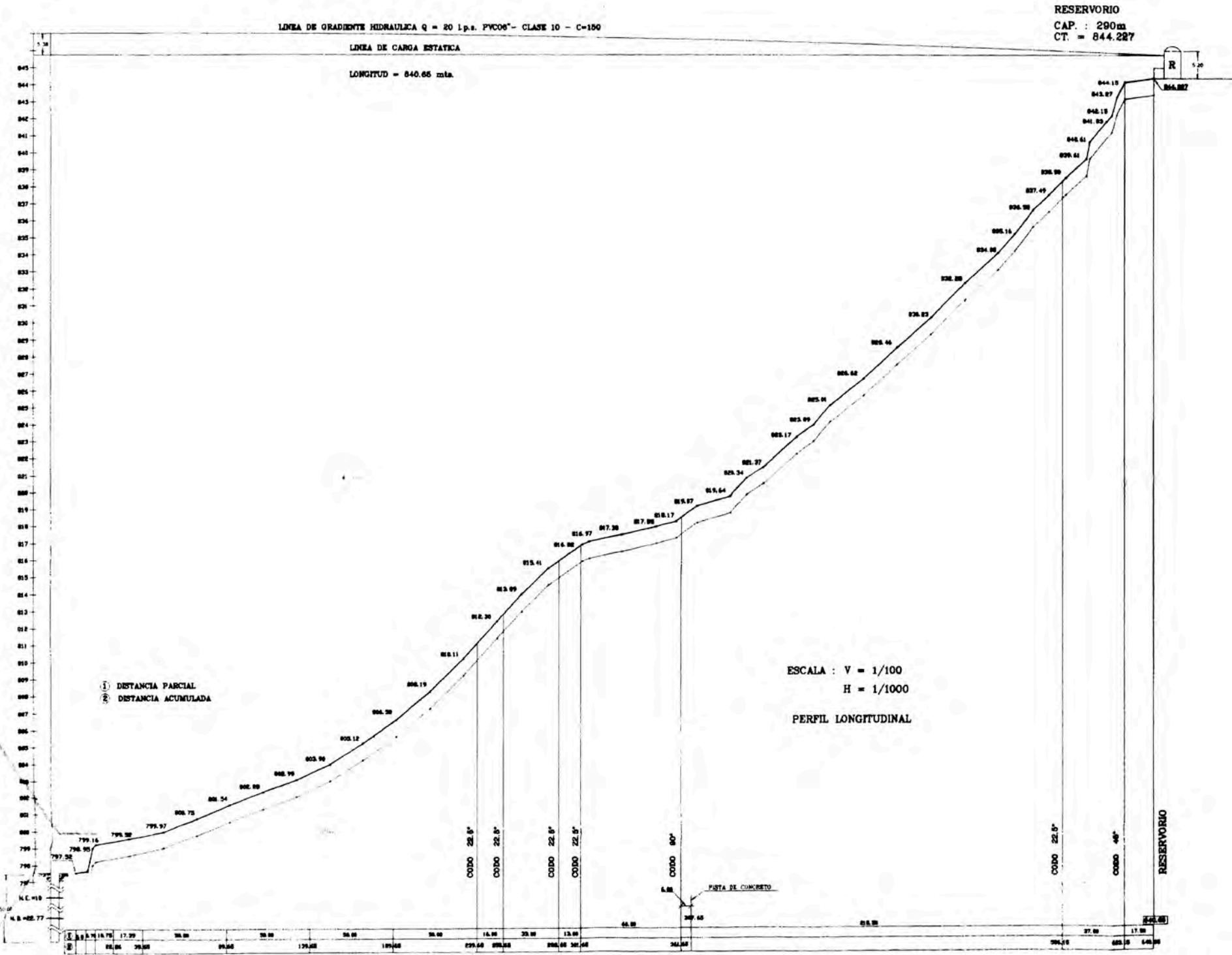
DESCRIPCION	SIMBOLOS
RETIRO Y COLOCACION DE VALV. COMPUERTA	
GRIFO CONTRA INCENDIO EXISTENTE	
VAL. DE COMPUERTA EXISTENTE	
TUBERIA 84" EXISTENTE	
TUBERIA 86" PROYECTADO	
LINEA DE AGUA POTABLE EXISTENTE.	
LINEA DE AGUA POTABLE PROYECTADO.	
CABLE DE CONTROL DE NIVEL.	



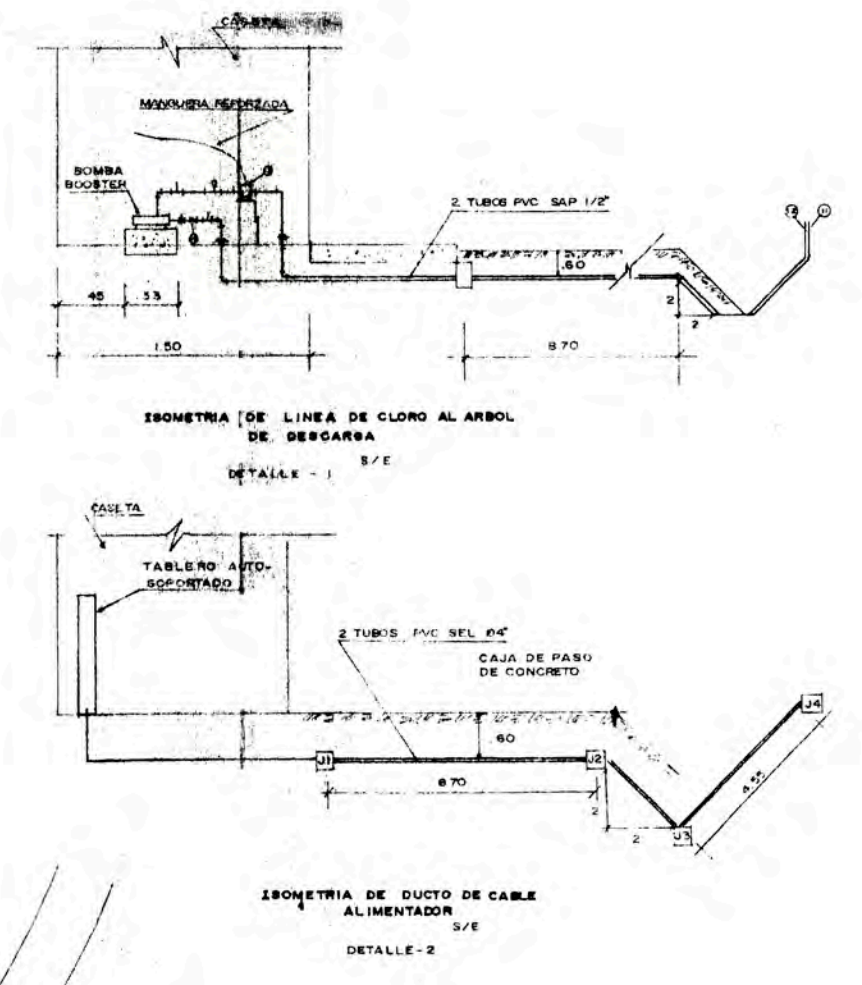
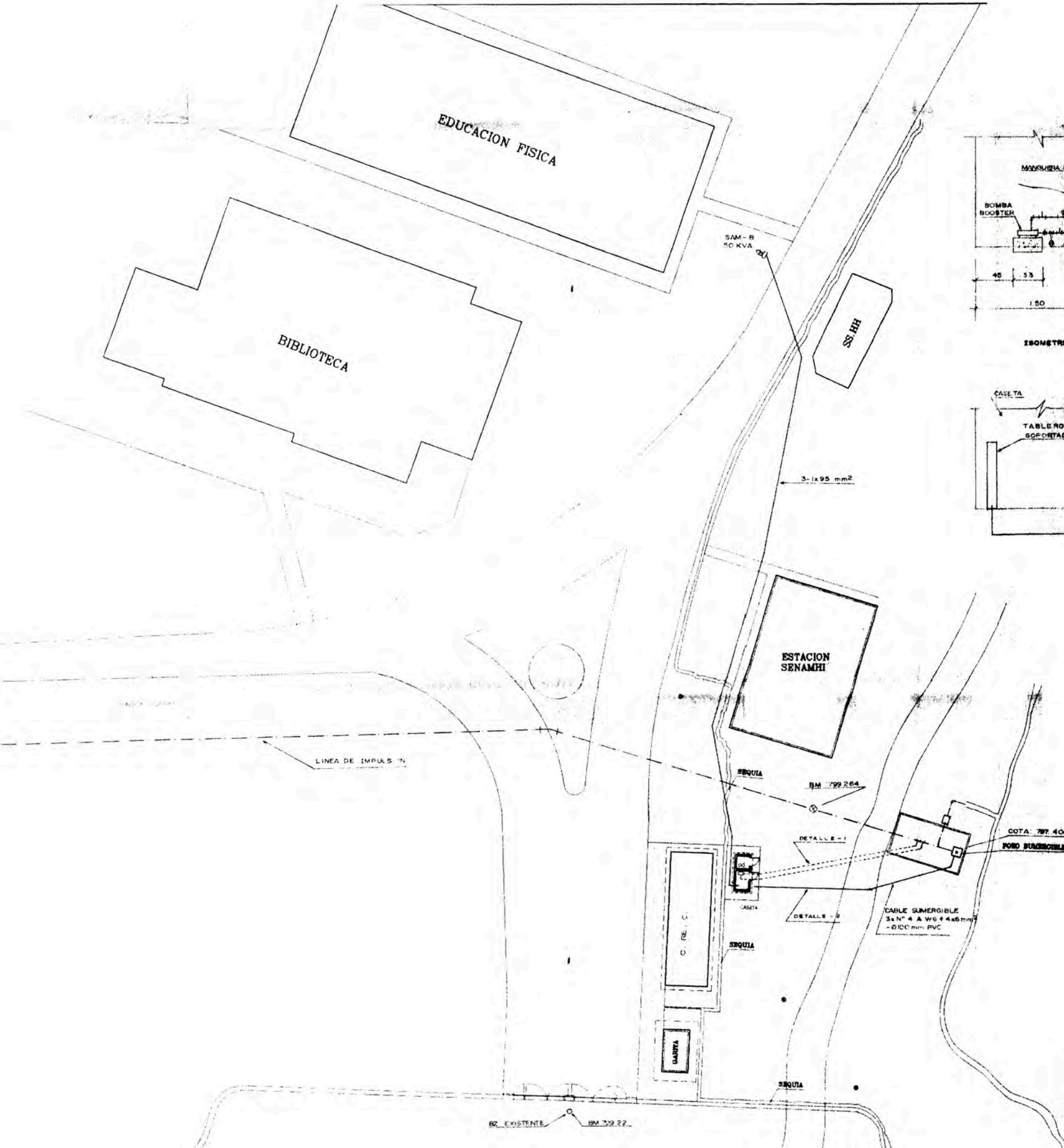
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		LAMINA
OF. CENTRO DE PLANIFICACION		OF. DE INFRAESTRUCTURA
PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		05
PLANO: LINEA DE EMPULSION	UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY: DR. JOSE MERDEZA	REV: ANO. C. ALAMORA	GRUPO: RAUL TORRES P.
ESCALA: 1/300	FECHA: FEB-67	



PERFIL DE LA LINEA DE IMPUSION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		OF. DE INGENIERIA CIVIL		LAMINA
OF. CENTRO DE PLANIFICACION		OF. DE INGENIERIA CIVIL		06
PROYECTO: SISTEMA INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"				
PLANO: PERFIL DE LA LINEA DE IMPUSION		UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO		
PROY:	REV:	DISEÑO:	ESCALA:	FECHA:
ING. CESAR MEDRANO	ING. C. ALVARADO	ING. RAFAEL YANZA P.	1/1000	SEP-87



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"		LAMINA	
OF. CENTRO DE PLANIFICACION		OF. DE INFRAESTRUCTURA	
PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION "ENRIQUE GUZMAN Y VALLE"			
PLANO ACOMETIDA: CABLE ALIMENTADOR E ISOMETRIAS		UBICACION: CAMPUS UNIVERSITARIO	
PROY: ING. JOSE MENDOZA	REV: ING. J. MENDOZA C.	DEJUD: RAUL YGREDA P.	ESC: 1/200
			FECHA: SET-97

5-A



# **ANEXO 10**

## **Características de la electrobomba sumergible seleccionada**

# ***ANEXO 10***

---

## **Características de la electrobomba sumergible seleccionada**



## 6" Submersible Turbine Pump

### 6" Submersible Turbine Pump

Designed for farm, irrigation, industry, municipal and commercial use. The 6" Submersible Turbine is available in 6 different performances from 90 GPM to 500 GPM ranging from 7-1/2 to 60HP.

#### Features:

- Cast iron discharge housing and bearing stage**
- Cast iron bowls** bolt together for easy service.
- Unique Canvas-Phenolic washer** provides exceptional up-thrust protection.
- Discharge bearing is grease packed and isolated** with double lip seal to insure maximum bearing protection.
- Fluted rubber bearings in all bowls.**
- Bracket bearing is protected** with steel sand collar.
- Bronze impellers with stainless steel taper lock** secures impeller to shaft.
- Stainless steel pump shaft** for increased durability
- Shaft coupling is keyed to pump** by set screws and is splined to fit motor shaft.
- O-ring seal and coupling** protects motor shaft spline from abrasives.
- All models have 6" motor fit.**
- 4" Discharge tapping FNPT**

**Note:** A) Well inside diameter and straightness should be checked to insure adequate clearance exists before the pump is installed.  
 B) Performance is typical, not guaranteed, at a specific voltage and speed.  
 C) We strongly recommend 8" ID casing for 6" submersibles.  
 D) Check valves not included.

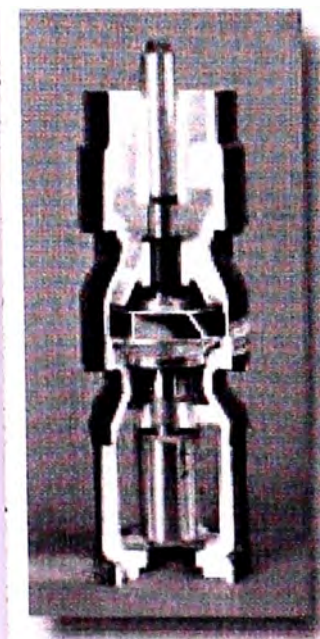
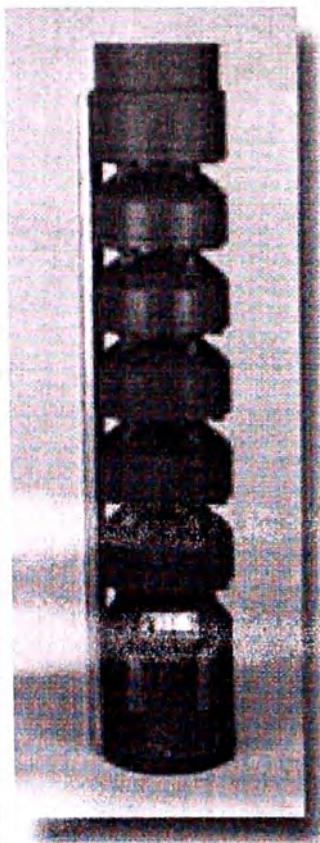
#### Model Number Explanations

Example: S690-5

S6 = 6" Submersible

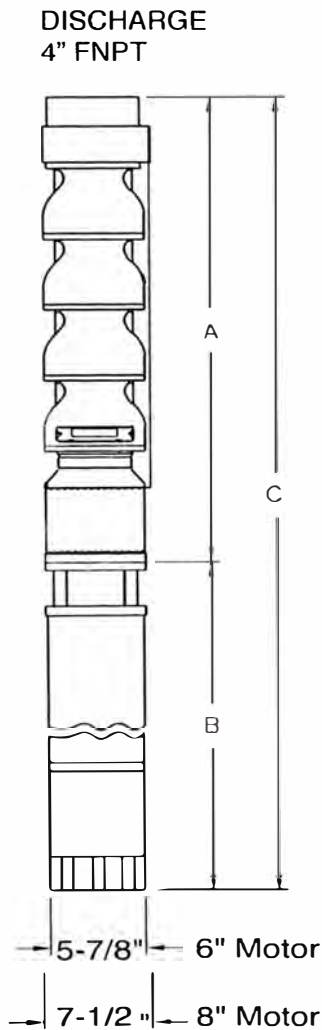
90 = 90 GPM

5 = Number of stages





# 6" Submersible Turbine Pump



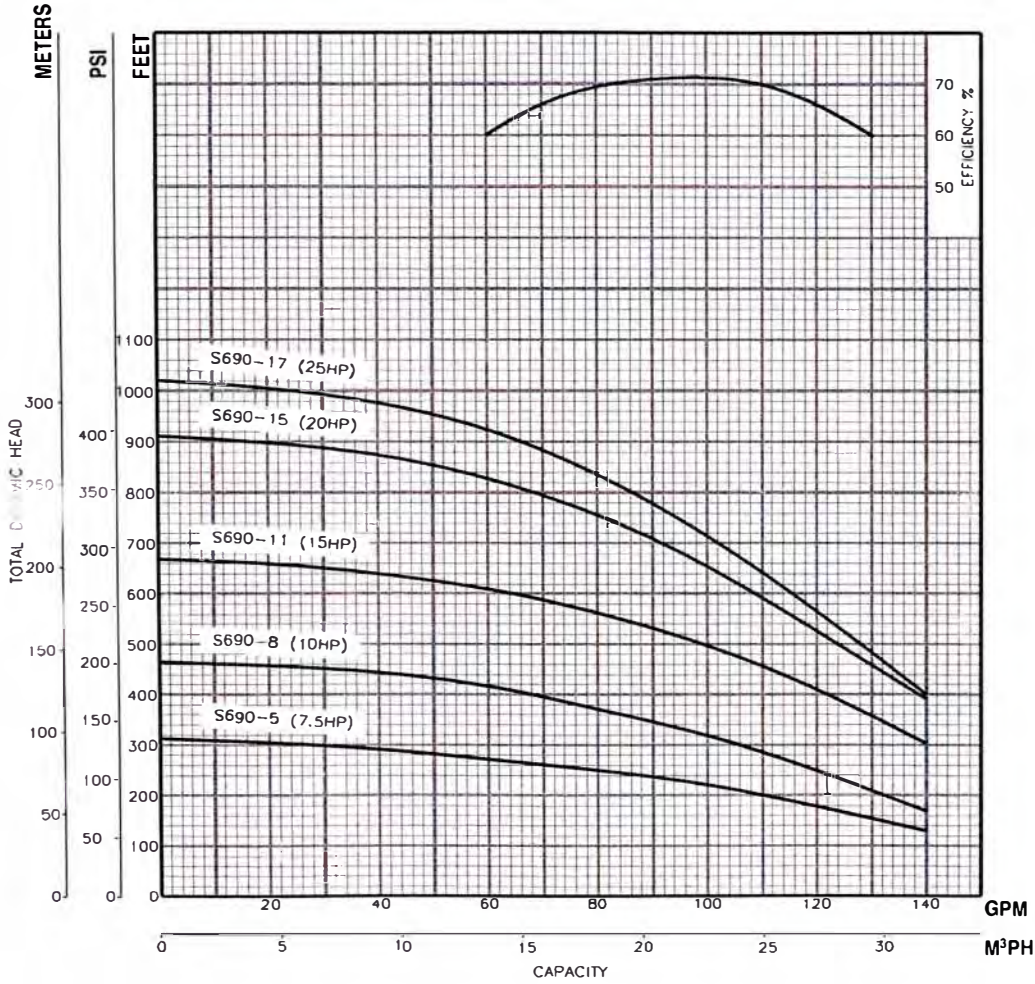
Dimensions - In Inches

Pump Model No.	HP	A	B		C	
			1 Phase	3 Phase	1 Phase	3 Phase
S690-5	7.5	29-3/4	30-1/2	26-3/4	60-1/4	56-1/2
S690-8	10	40-1/4	33-1/8	28	73-3/8	68-1/4
S690-11	15	50-3/4	35-5/8	30-1/2	86-3/8	81-1/4
S690-15	20	64-3/4	—	33-1/8	—	97-7/8
S690-17	25	71-3/4	—	35-5/8	—	107-3/8
S6140-3	7.5	26-1/2	30-1/2	26-3/4	57	53-1/4
S6140-4	10	31-1/4	33-1/8	28	64-3/8	59-1/4
S6140-6	15	40-3/4	35-5/8	30-1/2	76-3/8	71-1/4
S6140-8	20	50-1/4	—	33-1/8	—	83-3/8
S6140-9	25	55	—	35-5/8	—	90-5/8
S6175-2	7.5	21-3/4	30-1/2	26-3/4	52-1/4	48-1/2
S6175-3	10	26-1/2	33-1/8	28	59-5/8	54-1/2
S6175-4	15	31-1/4	35-5/8	30-1/2	66-7/8	61-3/4
S6175-5	20	36	—	33-1/8	—	69-1/8
S6250-2	7.5	21-3/4	30-1/2	26-3/4	52-1/4	48-1/2
S6250-2	10	21-3/4	33-1/8	28	54-7/8	49-3/4
S6250-3	15	26-1/2	35-5/8	30-1/2	62-1/8	57
S6250-4	20	31-1/4	—	33-1/8	—	64-3/8
S6250-6	25	40-3/4	—	35-5/8	—	76-3/8
S6250-7	30	45-1/2	—	38-1/4	—	83-3/4
S6400-2	7.5	21-3/4	30-1/2	26-3/4	52-1/4	48-1/2
S6400-2	10	21-3/4	33-1/8	28	54-7/8	49-3/4
S6400-3	15	26-1/2	35-5/8	30-1/2	62-1/8	57
S6400-4	20	31-1/4	—	33-1/8	—	64-3/8
S6400-5	25	36	—	35-5/8	—	76-3/8
S6400-6	30	40-3/4	—	38 1/4	—	83-3/4
S6400-8	40	50-1/4	—	43-3/8	—	93-5/8





# S690 Performance

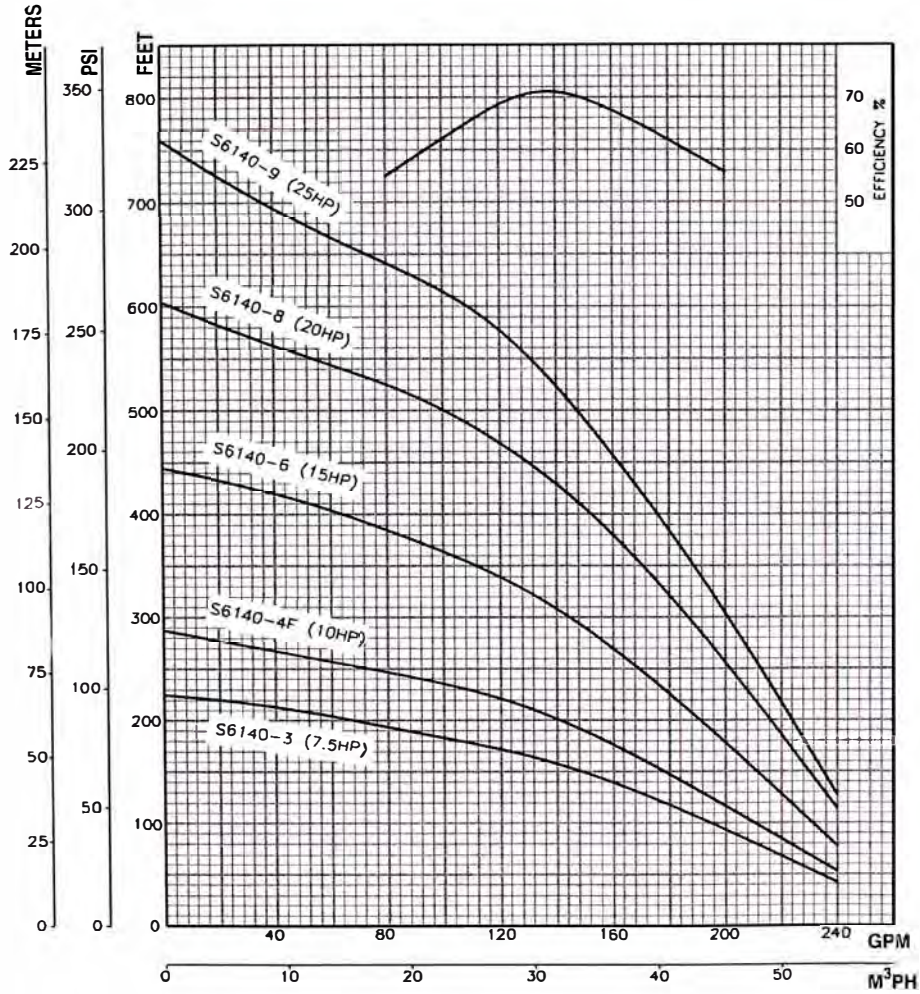


Pump Model Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																				S.O. Head In Ft.												
		40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450		500	550	600	650	700	800	900	1000				
		CAPACITIES IN GPM																																
S690-5	7-1/2												133	126	111	98	83	63	26													308		
S690-8	10												139	133	127	120	114	107	99	90	81	69	32									460		
S690-11XP	15																	140	136	132	127	123	112	100	85	66						670		
S690-15XP	20																				140	138	132	125	117	110	102	92	69				910	
S690-17XP	25																						135	129	123	117	110	103	88	67	27			1015

Note: Performance also for former NS6L models.



# S6140 Performance



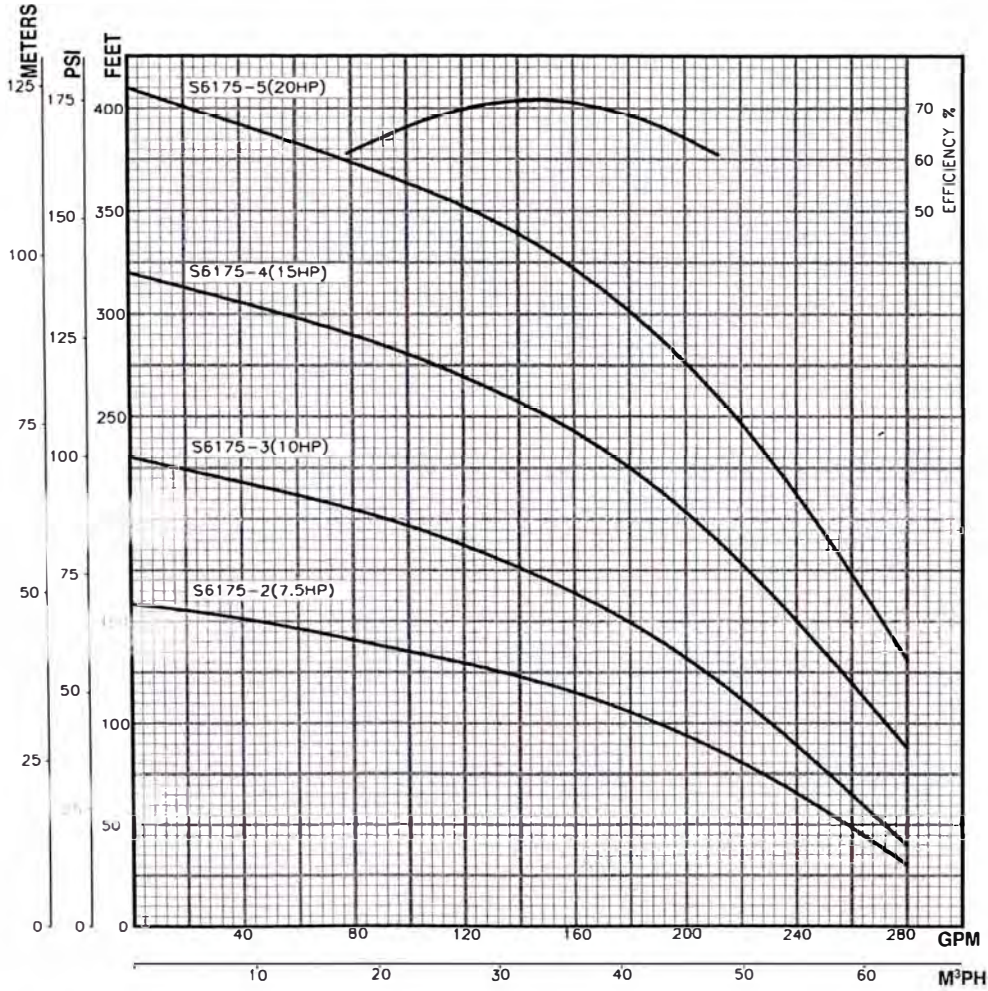
Pump Model Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																												S.O. Head In Ft.	
		40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000		
		CAPACITIES IN GPM																													
S6140-3	7-1/2		234	226	218	210	203	195	175	152	118	60																			226
S6140-4F	10			235	228	222	216	210	195	180	164	145	120	74																	288
S6140-6	15				238	234	230	221	211	202	193	183	172	160	147	132	113	90	54												444
S6140-8	20								230	223	216	210	203	195	188	181	173	165	156	134	103	56									600
S6140-9XP	25														235	230	224	218	210	205	190	175	156	135	100						760

Note: Performance also for former NS6M models.





# S6175 Performance

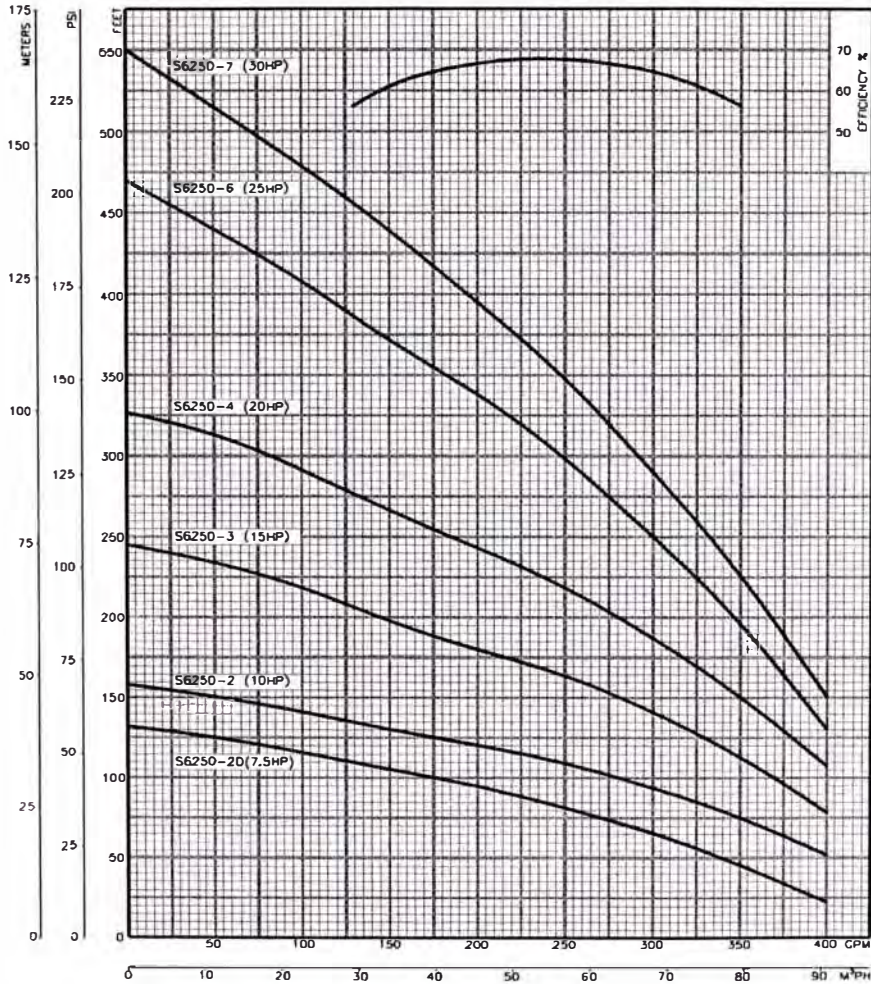


Pump Model Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																				S.O. Head In Ft.											
		40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450		500	550	600	650	700	800	900	1000			
		CAPACITIES IN GPM																															
S6175-2	7-1/2	274	264	252	240	226	210	194	140																							158	
S6175-3	10			264	257	250	242	234	212	186	148	94																					230
S6175-4	15							274	262	247	230	210	186	158	118	54																	320
S6175-5	20											250	236	222	205	186	163	128	78														410

Note: Performance also for former NS6H models.



# S6250 Performance



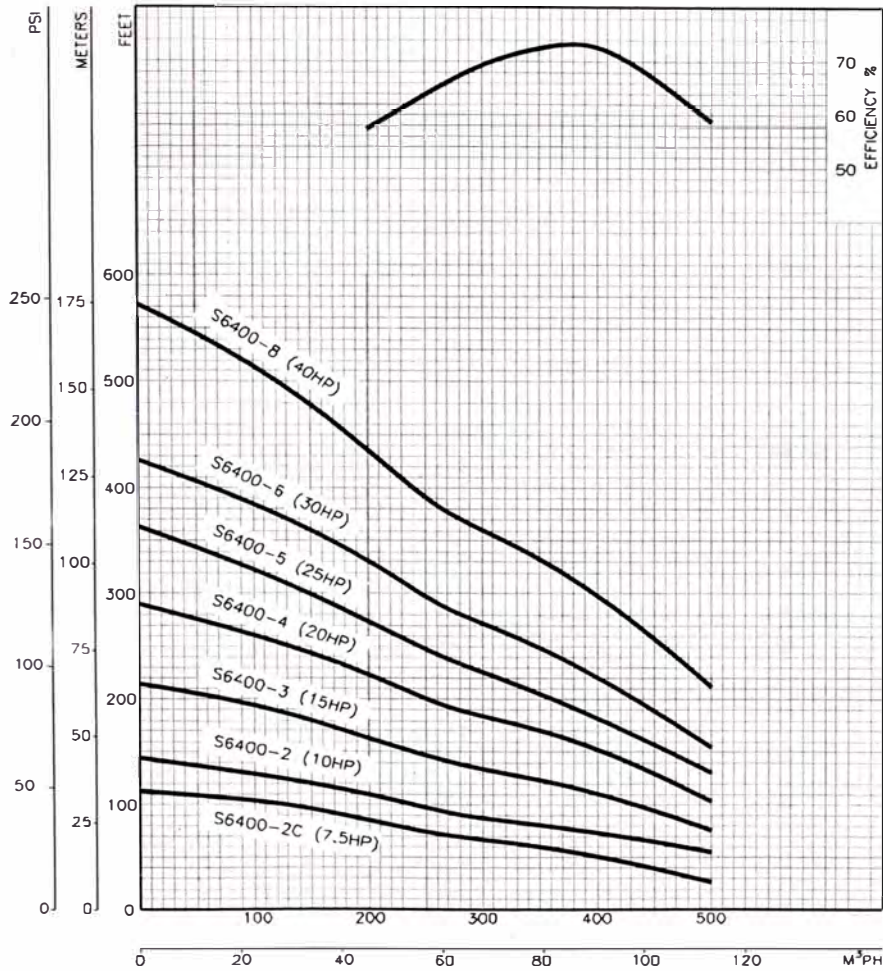
Pump Model Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																												S.O. Head In Ft.	
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500	550	600	650	700	800		
		CAPACITIES IN GPM																													
S6250-2D	7-1/2	387	365	340	315	287	255	218	175	52																					132
S6250-2	10		425	405	385	362	337	312	280	172	55																				158
S6250-3	15					410	400	385	370	330	285	330	148	85																	245
S6250-4	20						427	417	407	382	353	321	282	240	183	134	87														328
S6250-6	25										385	367	346	325	302	277	246	217	182	152	112										470
S6250-7	30													370	355	335	315	295	275	250	220	193	130	70						545	

Note: Performance also for former NS6X models.





# S6400 Performance



Pump Model Number	HP	TOTAL HEAD IN FEET																												S.O. Head In Ft.		
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500	550	600	650	700	800			
		CAPACITIES IN GPM																														
S6400-2C	7-1/2	490	450	400	350	270	220	180	125																						115	
S6400-2	10				470	420	350	280	240	120																					145	
S6400-3	15					490	460	430	340	240	160	70																			214	
S6400-4	20								500	460	405	330	250	195	130	50															286	
S6400-5	25											460	415	360	300	245	195	150	90	35											360	
S2400-6	30												500	470	430	390	345	290	245	210	170	120	65								425	
S6400-8	40																															570

Note: Performance also for former NS6W models.



# 6" Submersible Turbines 90-500 GPM

Cast Iron Bowls, Bronze Impellers

Ordering Information

6" SUBMERSIBLE TURBINE PUMP ENDS						
GPM	HP	Stages	Motor Fit	Model No.	Order No.	Wt.
90	7-1/2	5	6"	75S690-5	92610905	86
	10	8	6"	10S690-8	92610908	134
	15	11	6"	15S690-11XP	92610911	175
	20	15	6"	20S690-15XP	92610915	200
	25	17	6"	25S690-17XP	92610917	245
140	7-1/2	3	6"	75S6140-3	92611403	74
	10	4	6"	10S6140-4F	92611444	130
	15	6	6"	15S6140-6	92611406	130
	20	8	6"	20S6140-8	92611408	166
	25	9	6"	25S6140-9	92611409	180
175	7-1/2	2	6"	75S6175-2	92611702	61
	10	3	6"	10S6175-3	92611703	101
	15	4	6"	15S6175-4	92611704	116
	20	5	6"	20S6175-5	92611705	116
250	7-1/2	2	6"	75S6250-2D	92612522	63
	10	2	6"	10S6250-2	92612502	60
	15	3	6"	15S6250-3	92612503	80
	20	4	6"	20S6250-4	92612504	99
	25	6	6"	25S6250-6	92612506	128
	30	7	6"	30S6250-7	92612507	146
400	7-1/2	2	6"	75S6400-2C	92614022	58
	10	2	6"	10S6400-2	92614002	59
	15	3	6"	15S6400-3	92614003	72
	20	4	6"	20S6400-4	92614004	96
	25	5	6"	25S6400-5	92614005	114
	30	6	6"	30S6400-6	92614006	127
	40	8	6"	40S6400-8	92614008	156

Note: All models listed above have 4" NPT discharge. Order check valve separately.

# **ANEXO 11**

---

## **Verificación de cálculo de máximo caudal para la electrobomba existente**

**Predimensionamiento en base a la formula de Bresse:**

$$D = K_4 \sqrt[4]{Q}$$

Para N = 24 Horas

- D = Diametro en m.
- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg.
- K<sub>4</sub> = 0.7 - 1.6

Datos:	
K <sub>4</sub> :	1.2
Q:	0.0200 m <sup>3</sup> /seg.

Resultados:	
D:	0.170 m
D:	6.681 in

Para N < 24 Horas

$$D = 1.3 \lambda^{1/4} \sqrt[4]{Q}$$

Datos:	
N:	20 Horas de bombeo
Q:	0.02 m <sup>3</sup> /seg.

Siendo:

- D = Diametro en m.

$$\lambda = \frac{N}{24}$$

Resultados:	
λ:	0.833
D:	0.185 m
D:	7.300 in

- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg.
- N = Numero de horas de bombeo

Determinado un diametro, se escogen 3 o 4 diametros en torno al valor de Bresse y se determinan las perdidas de carga de manera grafica.

**DIAMETROS DE TUBERIAS EN FUNCION DE GASTOS (V. ECONOMICA)**

Fuente: Abastecimientos de Agua, Simon Arocha R.

Diametro		Velocidad max. m <sup>3</sup> /seg.	Q <sub>max</sub> Lts/seg.
mm	Pulgadas		
75	3	0.70	3.09
100	4	0.75	5.89
150	6	1.47	25.98
200	8	0.90	28.27
250	10	1.00	49.09
300	12	1.10	77.75
350	14	1.20	115.45
400	16	1.25	157.08
450	18	1.30	206.76
500	20	1.40	274.89
600	24	1.60	452.39
750	30	1.60	706.86



### Perdida de cargas en tuberías:

Localidad: Universidad Enrique Guzman y Valle "La Cantuta"

Sistema: Línea de impulsión desde el Pozo existente hacia el Reservoirio apoyado de 125m<sup>3</sup>

Se dividen en dos tipos:

a) Perdida de Carga por Fricción:

$$Q = 0.2785 \times C \times D_c^{2.63} \times S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Q}{0.2785 \times C \times D_c^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$H_f = S \times L$$

Donde:

**Q:** Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

**C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

**D<sub>c</sub>:** Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

**S:** Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (m/m).

**H<sub>f</sub>:** Pérdida de carga por fricción (m)

**L:** Longitud de tubería con diámetro cte. (m).

Descripción	Material Clase	Caudal m <sup>3</sup> /s	Velocidad m/s	Diámetro in	Diámetro m	Rugosidad C	L m	S m/m	Perd. Fricc. m.c.a.
Tramo Pozo - Reservoirio 125m <sup>3</sup> .	PVC Antiguo	0.02228	1.22	6	0.152	130	640	0.0108	<b>6.94</b>

b) Perdida de Carga Local por Accesorios

Tramo I: Estacion de Bombeo			
Accesorio	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Manometro	2	2.50	5.00
Union Dresser	2	0.40	0.80
Valvula de Aire	1	0.25	0.25
Valvula Mariposa	1	0.25	0.25
Valvula Check Ø6"	1	0.25	0.25
Medidor de Caudal B8	1	2.50	2.50
Valvula Compuerta	1	0.20	0.20
Codo 22.50°	2	0.20	0.40

Sumatorias de K			10.55
Perdida Local K*V <sup>2</sup> /2g; V (m/s):	1.22	Perdida (m):	<b>0.80</b>

Tramo II: Línea de Impulsión			
Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo 90°	1	0.90	0.90
Codo 45°	1	0.40	0.40
Codo 22.50°	5	0.20	1.00

Sumatorias de K			2.30
Perdida Local K*V <sup>2</sup> /2g; V (m/s):	1.22	Perdida (m):	<b>0.17</b>

Altura Dinamica Total (HDT)	
Nivel Dinamico (a)	774.750
Nivel de Descarga (b)	849.427
Altura Geometrica = b-a	74.68
Altura de Reserva	2.00
Perdida de Carga por Friccion	6.94
Perdida Local Estacion de Bombeo	0.80
Perdida Local Línea de Impulsión	0.17

56.627

<b>Altura Dinamica Total</b>	<b>84.60</b>
------------------------------	--------------

## Potencia de Impulsion

Establecidas las perdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al Reservoirio.

I.- Potencia de Consumo:

$$P_c(HP) = \frac{100 \times Q \times HDT}{75 \times n_b}$$

Donde:

**HDT:** Altura dinámica total (m).

**Q:** Caudal de Bombeo (l/s).

**n<sub>b</sub>:** Eficiencia de la bomba (%).

I.- Potencia Instalada:

$$P_i(HP) = \frac{100 \times Q \times HDT}{75 \times n_c}$$

Donde:

**n<sub>c</sub>:** Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$n_c = n_b \times n_m$$

Datos:	
Q:	0.022 m <sup>3</sup> /seg.
Q:	22.28 l/s
HDT:	84.60 m
n <sub>b</sub> :	75 (%)
n <sub>m</sub> :	83 (%)

Resultados:	
n <sub>c</sub> :	62 (%)
P <sub>c</sub> :	33.51 (HP)
P <sub>i</sub> :	40.38 (HP)

