



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

Estudio del sistema de riego Huertos Catemu.

**Seminario de Título presentado en conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:
Sr. Vicente Pita Vives**

Luis Giovanni Olivares Cofré
Andrés Humberto Stuardo Rodríguez

2013

Resumen

El presente seminario nace por la necesidad de realizar un estudio del sistema de riego implementado para abastecer a las 126 hectáreas de palta Hass, donde el objetivo principal es obtener un producto de calidad internacional, para ello se debe efectuar un riego óptimo, ya que ante cualquier falla se arriesgan grandes pérdidas económicas, pérdida de prestigio y credibilidad del producto ofrecido.

Dada esta necesidad, es en donde se tiene contacto con el encargado de riego Sr. Aldo Olivares el que propone efectuar un estudio del sistema de riego implementado, debido a que huerto lleva 10 años desde su primera producción y desea tener una visión general de cómo está funcionando. En una primera parte se abordan estudios de captación y transporte de aguas para luego estudiar su distribución, finalizando con un estudio de sistemas eléctricos y de control automático para así proponer soluciones e incluir una estimación de los costos asociados a los eventuales problemas que se detecten.

Introducción

El desarrollo de sistemas de riego para la producción agrícola a gran escala presenta variados desafíos, lo que depende de la zona geográfica y los recursos con los que se cuenta. En los Huertos Catemu, ubicado en la Provincia de San Felipe de Aconcagua Quinta Región (Fig. 1). El gran desafío es cumplir la necesidad de efectuar un riego óptimo.

Actualmente el campo en el periodo de verano necesita 21.354 m³ agua, para regar las 126 hectáreas de paltos Hass, las que durante esta estación deben tener un riego continuo las 24 horas del día, existiendo la gran contra parte de escasez de agua que predomina toda la zona centro del país, por lo que la captación, transporte y almacenamiento de agua forma parte primordial de este proceso.

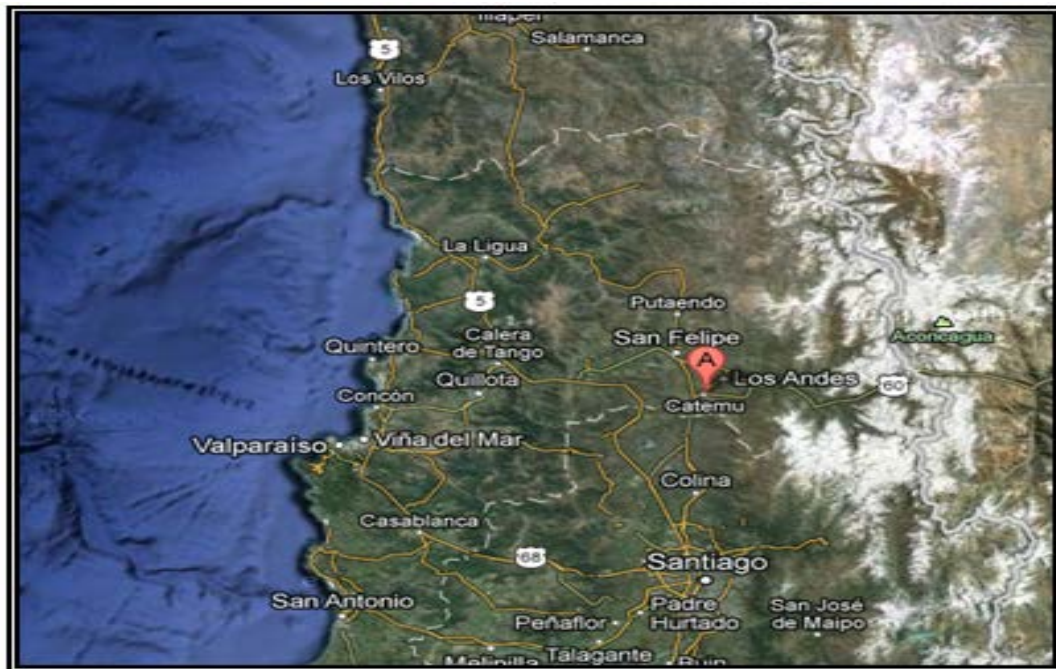


Fig. 1 Mapa geográfico quinta región de Valparaíso (Fuente: Google Earth).



Objetivos

Objetivo General:

Estudiar el sistema de riego de Huertos Catemu y proponer soluciones a los eventuales problemas que se detecten, incluyendo una estimación de los costos asociados.

Objetivos Específicos:

- Estudiar el sistema de captación y transporte de agua.
- Estudiar el sistema de distribución de agua hacia las plantas.
- Estudiar el sistema de alimentación eléctrica.
- Estudiar el sistema de control automático.



Contenidos

Resumen	2
Introducción	3
Objetivos	4
Capítulo I	7
Captación, almacenamiento y transporte de agua.	7
1.1 Introducción.	7
1.2 Captación de Agua.	7
a.- Canal de Regadío:	7
b.- Pozo Profundo:	8
1.3 Almacenamiento de agua.	8
1.3.1 Utilidad de los Tranques.	8
1.3.2 Características de los tranques existentes en Huertos Catemu.	9
1.3.3 Aplicación del los Tranques en Huertos Catemu.	10
1.4.1 Tramo N°1	11
a.- Información de catálogo de bombas sumergibles utilizadas.	12
b.- Mediciones en terreno.	12
c.- Estudio hidráulico Tramo N°1	14
• Velocidad	14
• Pérdidas singulares (Hs).	15
• Balance de Energía	16
d.- Curva característica de bombas de Pozo.	18
1.4.2 Tramo N°2.	20
a.- Datos de placa de Bombas KSB utilizadas.	20
b.- Mediciones en terreno.	21
c.- Estudio hidráulico del tramo N°2 (ver anexo B)	22
d.- Curva característica de Bombas KSB 125-200.	22
1.4.3 Tramo N°3.	23
a.- Información de catálogo de Bombas KSB utilizadas.	23
b.- Mediciones en Terreno.	24
c.- Estudio hidráulico del tramo N°3 (ver anexo C)	24
d.- Curva característica de Bombas KSB 125-200.	25
1.4.4 Resumen Capítulo N °1	26
Capítulo II	27
Estudio del sistema distribución de agua a plantas.	27
2.1 Introducción:	27
2.2 Tramo Distribución:	27
a.- Información de catálogo de Bombas Vogt N629.	28
b.- Mediciones en terreno:	29
c.- Estudio hidráulico tramo distribución. (ver anexo D)	29
d.- Curva característica de Bombas Vogt N629.	29
2.3 Uso de recurso de agua en el fundo.	31
• Sistemas de Riego	32



2.3.1 Caudal dispuesto por el sistema de riego _____	33
Capítulo III _____	34
Estudio del sistema de alimentación eléctrica. _____	34
3.1 Introducción. _____	34
3.2 Transformadores y Potencia. _____	34
3.3 Estudio sistema de alimentación Eléctrica. (ver anexo E) _____	37
3.4 Resumen estudio sistema alimentación Eléctrica. _____	38
Capítulo IV _____	40
Estudio del sistema control automático _____	40
4.1 Introducción _____	40
4.2 Sensores y transductores _____	40
4.3 Actuadores _____	44
4.4 Unidades de control _____	46
Capítulo V _____	48
Soluciones propuestas y estimación de costos _____	48
5.1 Tabla resumen capítulo I _____	48
5.2 Tabla resumen capítulo II _____	49
5.3 Tabla resumen capítulo III _____	49
5.4 Tabla resumen capítulo IV _____	49
Conclusiones _____	50
Nikola Tesla _____	54
Bibliografía _____	55
Anexos _____	56
Anexo A _____	56
Tabla 1.1 Descripción de los diferentes componentes de los tramos _____	56
Anexo B _____	58
c.- Estudio hidráulico del Tramo N°2. _____	58
Anexo C _____	61
c.- Estudio hidráulico del Tramo N°3. _____	61
Anexo D _____	64
c.- Estudio hidráulico Tramo de distribución agua hacia las plantas. _____	64
Anexo E _____	70
3.3 Estudio sistema de alimentación eléctrica. _____	70

Capítulo I

Captación, almacenamiento y transporte de agua.

1.1 Introducción.

La captación, transporte y almacenamiento, forman parte primordial de la producción de paltas, ya que al existir la mas mínima falla, la producción se ve drásticamente afectada.

1.2 Captación de Agua.

La captación de agua se logra por medio de dos formas, canal de regadío y pozos profundos, cumpliendo con todas las normativas existentes según la dirección general de aguas (D.G.A.) dependiente del ministerio de obras públicas (M.O.P.) decreto con fuerza de ley N° 1.122 “Código de Aguas”

a.- Canal de Regadío:

La captación de agua se realiza por medio de un canal existente en el lugar (Fig. 1.2). Su caudal es muy variable y dependerá de la demanda existente de los fundos y parcelas aledañas, por lo tanto no alcanza a abastecer la necesidad requerida para cubrir las 126 Hectáreas. Además se debe respetar el Decreto N° 330 dictado por el M.O.P. donde se declara zona de escasez para toda la cuenca del Río Aconcagua.



Fig. 1.2 Canal de captación de agua.

b.- Pozo Profundo:

Debido a la escasez de agua se utilizan pozos profundos. Para su extracción se emplean bombas sumergibles ubicadas a 35 m de profundidad (Fig. 1.3) las que por medio de ductos de PVC de 0,250 m se transporta el fluido hacia el Tranque N°1 a una distancia de 1200 m (Fig. 1.4)



Fig. 1.3 Bomba de pozo a 35m de Profundidad.



Fig. 1.4 Canalización de agua de pozo

1.3 Almacenamiento de agua.

El almacenamiento de agua es parte primordial en el proceso de regadío, esto se logra a través de Tranques los que son una herramienta cada vez más utilizada, permitiendo acumular agua en grandes cantidades y tenerla disponible según los requerimientos del cultivo.

1.3.1 Utilidad de los Tranques.

En periodos de sequía, los caudales de los ríos disminuyen y aparece el suministro de agua por turno. En este contexto, si se es productor que utiliza un sistema de riego por goteo, la utilización de un tranque es parte primordial, sabiendo que un tranque no genera más agua pero permite aprovecharla mejor y parte de ella se puede almacenar y así usarla en otro momento.

Su utilidad nos permite:

- Mayor seguridad de riego.
- Mayor eficiencia en la gestión del uso del agua.
- Mayor rendimiento.
- Mayor productividad.

1.3.2 Características de los tranques existentes en Huertos Catemu.

Huertos Catemu consta de tres tranques, dos de 2500 m³ y uno de 7000 m³ cuyas características son:

Tranques de 2500 m³:

Estos tranques están contruidos de una mezcla de estratos de arenas y arcillas, que consiste en mezclar el suelo con excavadora hasta un metro de profundidad para luego compactar. Tienen el inconveniente que dentro de un determinado tiempo se producen filtraciones, Además crecen malezas produciendo gastos adicionales en mantención y limpieza. (*Fig. 1.5*).



Fig. 1.5 Tranque enchapado con arcilla.

Tranque de 7000 m³

Este tranque tiene mejoras en su construcción por cuanto disminuyen considerablemente los gastos de mantención y limpieza. Su construcción básica consta de un enchapado con arcilla que permite reducir la permeabilidad. Sobre ésta se instala una lámina de ^[1]Geomembrana HDPE, (*Fig. 1.6*).



Fig. 1.6 Tranque plastificado con ^[1]Geomembrana para evitar filtraciones.

^[1]**Geomembrana:** Lámina delgada y flexible producida con polietileno de alta densidad.

1.3.3 Aplicación del los Tranques en Huertos Catemu.

La captación de agua (Pozo y Canal) convergen en el Tranque N°1, para luego ser elevadas al tranque N°2 y finalmente al Tranque N°3

Tranque N°1:

Con una capacidad de 2500 m³ el agua almacenada en este tranque debe ser elevada a una cota de 70 m hasta el tranque n° 2, esto se logra por medio de dos bombas impulsoras conectadas en serie. El tramo desde tranque 1 al 2 están conectadas por dos líneas de impulsión en paralelo designadas con los colores rojo y azul (*Fig. 1.7*).

Tranque N°2:

Con una capacidad de 2500 m³ este tranque debe almacenar el agua proveniente del tranque N°1 y elevarla nuevamente a una cota superior de 83 m, hasta el tranque N°3 por medio de bombas impulsoras conectadas en serie siguiendo el mismo código de colores de impulsión rojo y azul.

Tranque N°3:

Con una capacidad de 7000 m³ este tranque se transforma en el punto inicial del riego. Desde esta cota se comienza el riego por gravedad o por medio de bombas dependiendo del sector a regar.



Fig. 1.7 Líneas de impulsión

1.4 Transporte de agua.

Transportar el fluido, forma parte principal del proceso de riego, por lo que se realizará un estudio de los circuitos y equipos asociados (tabla 1.1). Para un mejor estudio del transporte del agua subdividiremos los diferentes tranques y circuito de la siguiente forma:

1.4.1 Tramo N°1: Bombas de Pozo profundo - Tranque N°1 (*Fig. 1.9*).

1.4.2 Tramo N°2: Bombas de impulsión KSB - Tranque N° 2 (*Fig. 1.11*).

1.4.3 Tramo N°3: Bomba de impulsión KSB - Tranque N°3 (*Fig. 1.13*).

1.4.4 Resumen Transporte de agua. (Tabla 1.12)

Tabla 1.1 Descripción de los diferentes componentes de los tramos (*ver anexo A*)

1.4.1 Tramo N°1

En este tramo se estudia las pérdidas de carga producidas desde las bombas de pozo profundo hasta el tranque N°1 (*Fig. 1.8*):

- Información de catálogo de Bombas de Pozo profundo (Tabla 1.2).
- Mediciones en terreno (Tablas 1.3 y 1.4).
- Estudio hidráulico.
- Curvas características Bombas de Pozo profundo.

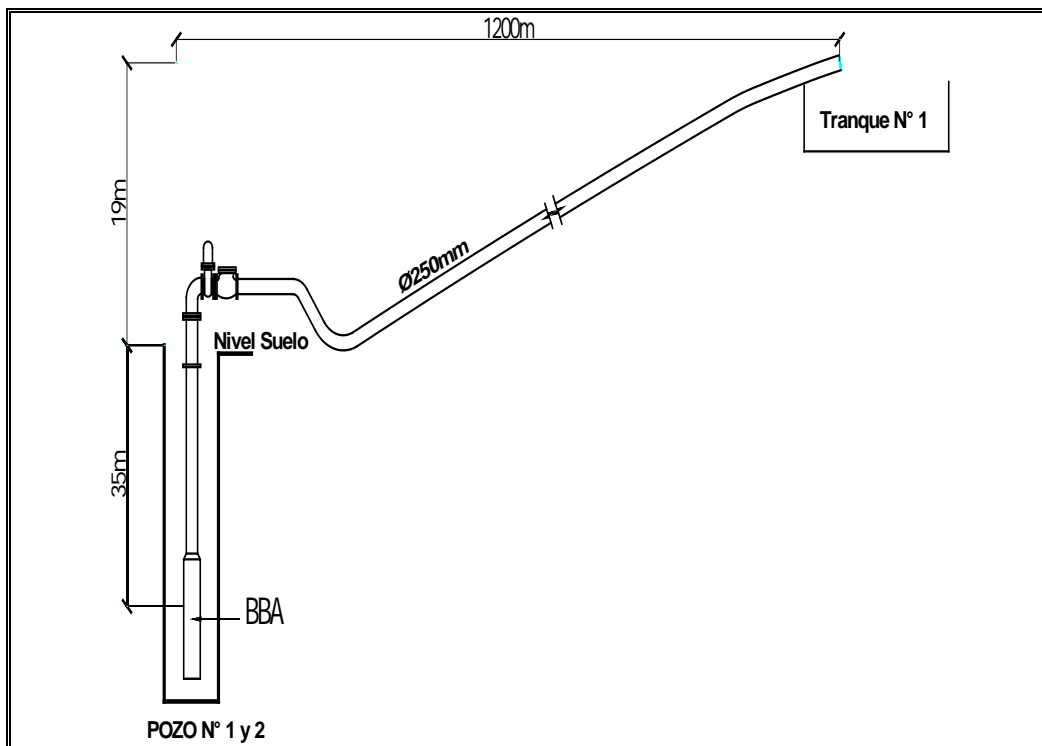


Fig. 1.8 Esquema básico de aspiración y conducción de agua hacia el tranque.

a.- Información de catálogo de bombas sumergibles utilizadas.

Tabla 1.2 Información de catálogo de bombas sumergibles utilizadas.

Descripción		Imagen
Marca	KSB	
Modelo	BPT 466	
Ø impulsor	0,209 m	
Altura máxima	40 - 200 m	
Caudal	0 – 0,120 m ³ /s	
Potencia	52 - 120 kW	
Voltaje	380 V	
Frecuencia	50 Hz	
		Motobomba Sumergible semi-axial para pozos profundos, con cuerpo de acero fundido e impulsores de bronce y con anillo de desgaste de goma. (ver www.vogt.cl/catalogos)

b.- Mediciones en terreno.

Las mediciones en terreno se efectúan con válvula de descarga completamente abierta y aspirando del pozo a 35 m de profundidad (*Fig. 1.9*).

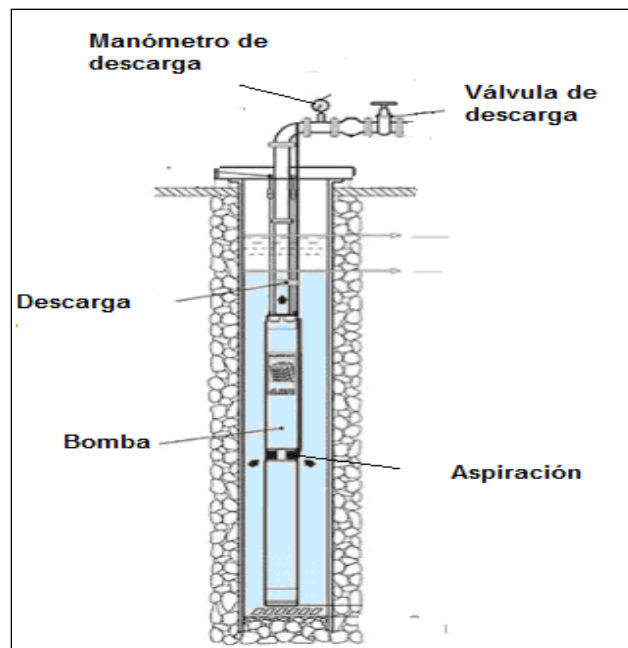


Fig. 1.9 Esquema de instalación de bomba de pozo.



Según datos referenciales, entregados por el Jefe de riego Sr. Aldo Olivares, en base a los 15 años de experiencia propia, estima que el caudal de las bombas de pozo profundo son de 0,095 m³/s (342 m³/h), para la Bomba N° 1 y de 0,06 m³/s (216 m³/h) para la Bomba N° 2, datos que serán comprobados con la curva característica (**Fig. 1.10**), donde se ubican los puntos de operación entre la presión y la potencia medidas en terreno para saber el caudal teórico y así poder determinar mas asertivamente el caudal real de las bombas.

Tabla 1.3 Mediciones en terreno de Bomba Sumergible N°1

Bomba de pozo profundo N°1				
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado medición	820.000 (8,2 bar)	380	148,2	74,6

Tabla 1.4 Mediciones en terreno de Bomba Sumergible N°2

Bomba de pozo profundo N°2				
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado medición	720.000 (7,2 bar)	380	130,1	72,2



c.- Estudio hidráulico Tramo N°1

- Velocidad

La velocidad se calcula en base a los datos recopilados:

-diámetro del ducto, el que no sufre variación a lo largo de la descarga.

-flujo volumétrico (caudal), estimado según curvas características (**Punto d**)

Velocidad						
$V = Q / [(\pi \cdot D^2) / 4]$ (f 1.1)			Datos recopilados			
V =	1,2	m/s	$\pi =$	3,142	$D =$	0,250 m
			$Q =$	0,06	m ³ /s	

- Pérdidas de carga regulares (Hf).

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción, representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma, por efecto del rozamiento.

Para los cálculos hidráulicos de tuberías existe una gran diversidad de fórmulas, en este capítulo se ocupará la fórmula de **Hazen Williams**, por ser una de las fórmulas más usadas en Chile para el cálculo de pérdidas friccionales.

En esta fórmula se usa un coeficiente “C” de fricción dado para cada

Material (anexo 5). La fórmula en unidades métricas es la siguiente. (f. 1.2)

Donde:

Hf = Pérdidas regulares (m).

D = Diámetro interno del tubo (m).

C = Coeficiente de fricción (a dimensional).

Q = Flujo volumétrico (m³/s).

L = Longitud (m).

Pérdidas Regulares (Hf, Bomba de Pozo)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L$ (f. 1.2)			Datos recopilados			
$H_{f1} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,250)^{-4,87} \cdot 1200$	C=	150	D=	0,250	m	
$H_f = 1031,05 \cdot (Q)^{1,85}$	L=	1200	M			

C_{pvc} = 150, Según datos recopilados en manual de diseño de agua Potable



• **Pérdidas singulares (Hs).**

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas, etc.) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar en forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura de velocidad corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$H_s = \sum K \cdot (v^2 / 2 \cdot g)$$

En función del caudal, la expresión queda de la siguiente forma:

$$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] \quad (f. 1.3)$$

Donde:

- Hs** = Pérdida de carga o de energía (m).
- K** = Coeficiente empírico (a dimensional).
- V** = Velocidad media del flujo (m/s).
- g** = Aceleración de la gravedad (m/s²).
- Q** = Flujo volumétrico (m³/s).
- A** = Superficie (m²), **A = (π · D²) / 4 = (π · 0,250)² / 4 = 0,05 m²**

Pérdidas singulares (Hs)									
$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] \quad (f. 1.3)$				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,05	m ²	D =	0,250	m
Codo 90°	1	0,6	0,6	g =	9,8	m/s ²			
Válvula de retención	1	2	2						
Codo 45°	2	0,35	0,7						
Válvula de compuerta , 100 % abierta	1	0,2	0,2						
		∑K	3,5	m					

$$H_s = 3,5 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$$

Datos recopilados Según catálogo Técnico

(Catalogo técnico tuberías de pvc, industria PERFECO S.A.)



• **Balance de Energía**

Balance de Energía			
B1 + H_{Bomba} = B2 + Pérdidas₁₋₂			
B1, Bernoulli 1	$P_1/\rho + Z_1 + [V_1^2/(2 \cdot g)]$		
B2, Bernoulli 2	$P_2/\rho + Z_2 + V_2^2/(2 \cdot g)$		
Pérdidas₁₋₂	H_f + H_s		
Datos			
P₁ =	0	m	Nivel de referencia
Z₁ =	0	m	Nivel de referencia
V₁ =	0	m	Nivel de referencia
P₂ =	0	m	Atmosfera
Z₂ =	73	m	Invierno
Z_{2'} =	76	m	Verano
A =	0,05	m ²	Área del conducto
D =	0,250	m	Diámetro interior conducto
V₂ =	1,2	m	Calculado (f. 1.1)
g =	9,8	m/s ²	Aceleración de gravedad

$$H_{Bomba} = Z_{2-2'} + V_2^2/(2 \cdot g) + Pérdidas_{1-2}$$

Pérdidas₁₋₂	H_s =	$3,5 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)]$	Calculado (f. 1.3)
H_f =	$1031,05 \cdot (Q)^{1,85}$		Calculado (f. 1.2)

$$Pérdidas_{1-2} = 71,42 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85}$$

Donde:

H_{Bomba} = Función de curva característica del circuito

Z_{2-2'} = Altura variable invierno o verano

Q = Flujo volumétrico (m³/s)

A = Área circuito (m²) = 0,05 m²

g = Aceleración de la gravedad (m/s²) = 9,8 m/s²

ΣK = Sumatoria de coeficientes empíricos (adimensional).



En función del flujo volumétrico (Q), el balance de energía del tramo, tanto como para bomba de pozo N°1 y N°2, queda expresado.

$$H_{\text{Bomba}} = Z_{2-2'} + [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] + 3,5 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] + 1031,05 Q^{1,85}$$

$$H_{\text{Bomba}} = Z_{2-2'} + 91,83 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85} \quad (\text{f. 1.4})$$

Donde:

H_{Bomba} = Función de curva característica del circuito

$Z_{2-2'}$ = Altura variable invierno o verano

Q = Flujo volumétrico (m^3/s)

A = Área circuito (m^2) = 0,05 m^2

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2) = 9,8 m/s^2

$\sum K$ = Sumatoria de coeficientes empíricos (adimensional).

Para el balance de energía del Tramo N°1 se considera como punto 1, el nivel de agua, puesto que en invierno y verano dicho nivel varía alrededor de 3 metros, debido a napa subterránea. Esto nos deja una variación de Z_2 .

Z_2 invierno = 73 m

Z_2 verano = 76 m

d.- Curva característica de bombas de Pozo.

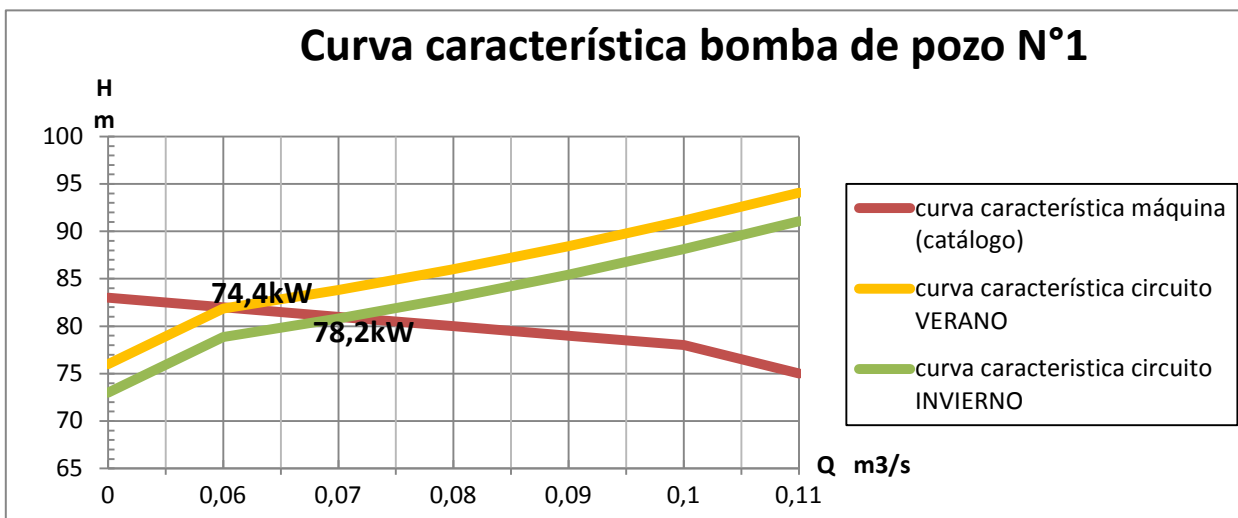


Fig. 1.10 Curva característica bomba de Pozo

Tabla de datos Bomba de pozo N°1					
C.C.M. CATALOGO		C.C.C. VERANO		C.C.C. INVIERNO	
Altura H (m)	Flujo volumétrico Q (m³/s)	$H_B = 76 + 91,83 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85}$		$H_B = 73 + 91,83 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85}$	
		H (m)	Q (m³/s)	H (m)	Q (m³/s)
83	0	76	0	73	0
82	0,06	*81,99	*0,06	78,99	0,06
81	0,070	83,97	0,07	*80,97	*0,07
80	0,080	86,22	0,08	83,22	0,08
79	0,090	88,72	0,09	85,72	0,09
78	0,100	91,48	0,1	88,48	0,1
75	0,110	94,48	0,11	91,48	0,11
			Potencia Eléctrica= 74,4 kW		Potencia Eléctrica 78,2 kW

***Puntos de operación de bombas, verano e invierno se expresan en tabla de datos marcadas con color amarillo.**

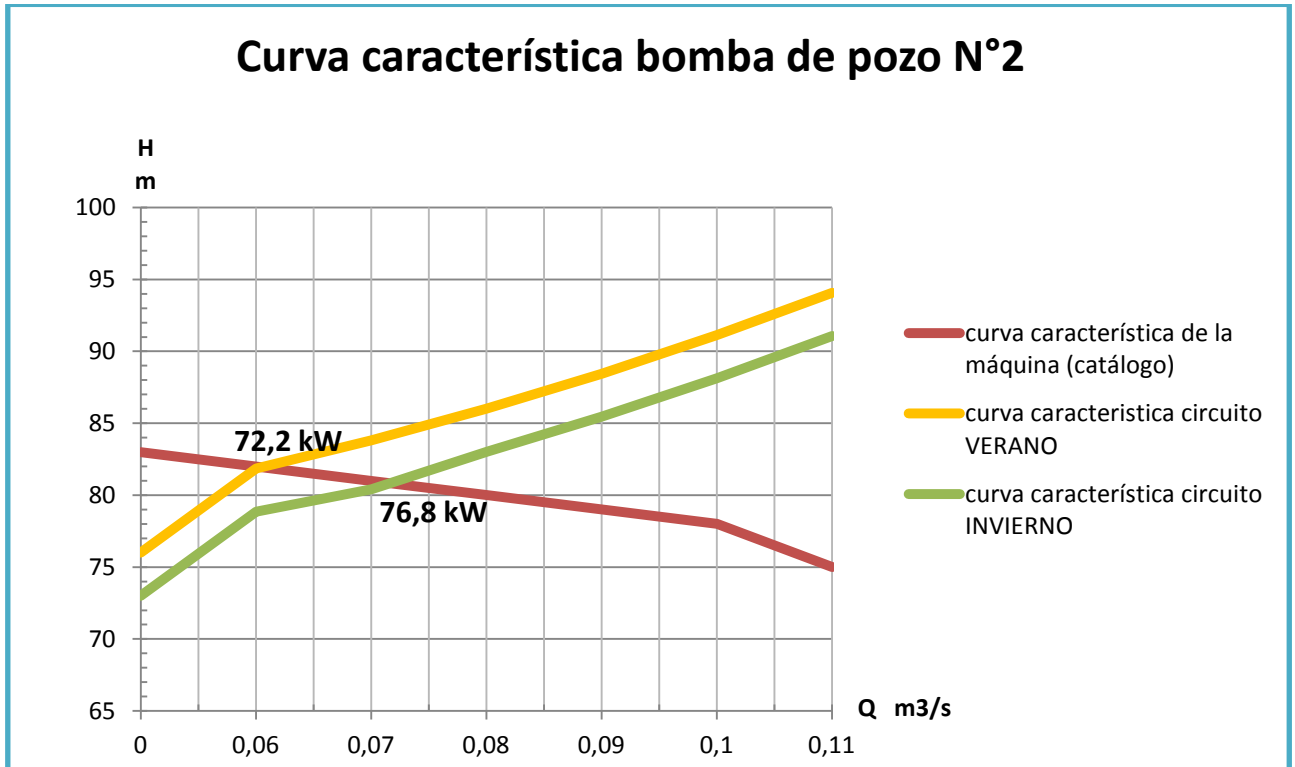


Fig. 1.10 Curva característica bomba de Pozo

Tabla de datos Bomba de pozo N°2					
C.C.M. CATALOGO		C.C.C. VERANO		C.C.C. INVIERNO	
Altura	Flujo volumétrico	$H_B = 76 + 91,83 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85}$		$H_B = 73 + 91,83 \cdot Q^2 + 1031,05 \cdot Q^{1,85}$	
H (m)	Q (m³/s)	H (m)	Q (m³/s)	H (m)	Q (m³/s)
83	0	76	0	73	0
82	0,06	*80,92	*0,054	78,99	0,06
81	0,070	83,97	0,07	*80,97	*0,07
80	0,080	86,22	0,08	83,22	0,08
79	0,090	88,72	0,09	85,72	0,09
78	0,100	91,48	0,1	88,48	0,1
75	0,110	94,48	0,11	91,48	0,11
Potencia eléctrica= 72,2 kW				Potencia eléctrica= 76,8 kW	

***Puntos de operación de bombas, verano e invierno se expresan en tabla de datos marcadas con color amarillo.**

1.4.2 Tramo N°2.

En este tramo se estudia las pérdidas de carga producidas desde las bombas de impulsión Tranque N°1 al tranque N°2 (Fig. 1.11). Pasando primeramente por:

- a.- Información de catálogo de bombas impulsoras (Tabla 1.5).
- b.- Mediciones en terreno (Tablas 1.6 y 1.7).
- c.- Estudio hidráulico. (Ver anexo B)
- d.- Curvas características bombas impulsoras.

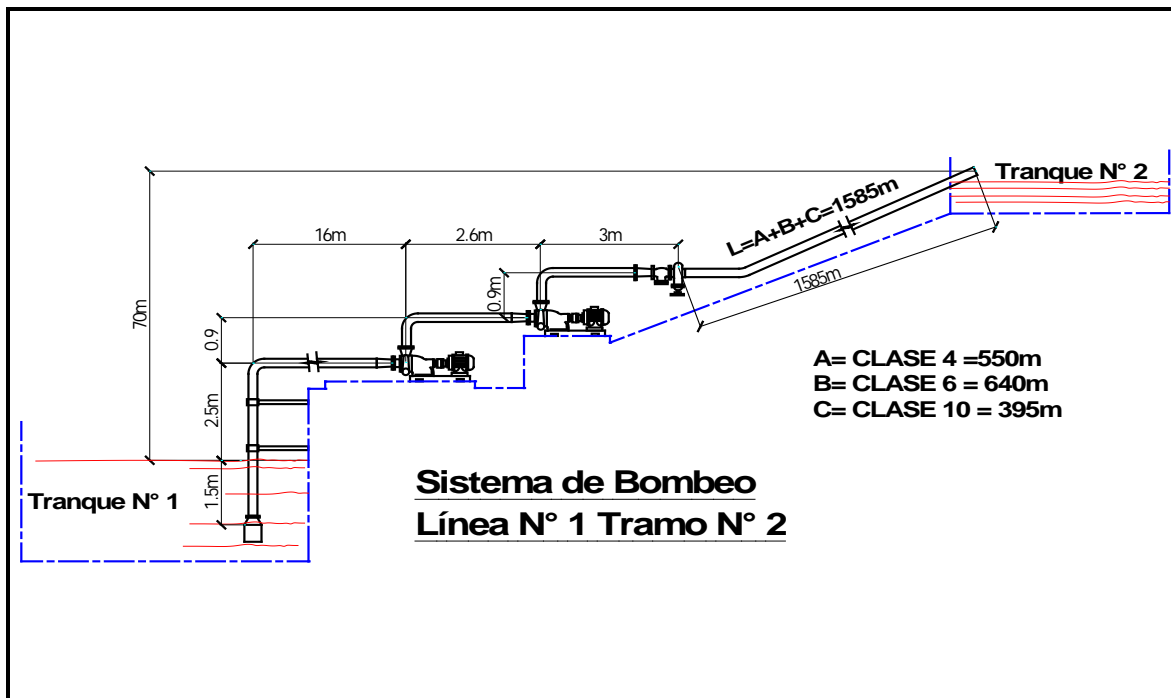


Fig. 1.11 Esquema básico de impulsión Tramo N°2

a.- Datos de placa de Bombas KSB utilizadas.

Tabla 1.5

Descripción		Imagen
Marca	KSB	
Modelo	Meganorm 125-200	
Caudal	400 m ³ /h	
Altura	54,2 m	
Voltaje	380 V	
Frecuencia	50 Hz	

b.- Mediciones en terreno.

Se realizan mediciones en terreno en régimen permanente y en solo una línea de impulsión, debido que línea N°2 se encuentra con rotura de cañería. Cada línea de impulsión tal como se explica en punto 1.3.3 cuenta con dos bombas conectadas en serie utilizadas para la impulsión de agua desde tranque N°1 al tranque N°2.

Tabla 1.6 Mediciones en terreno de Bomba N°1

Bomba N° 1, LINEA N°1					
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	RPM	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado mediciones	425.000 (42,5 bar)	1494	394	128	74,6

Tabla 1.7 Mediciones en terreno de Bomba N°2

Bomba N°2, LINEA N°1					
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	RPM	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado mediciones	850.000 (8,5 bar)	1486	385	130	73,6

Según datos referenciales, entregados por el Jefe de riego, se estima con el volumen del tranque N° 2 que el caudal de las bombas de impulsión es de 0,111 m³/s (410 m³/h), para ambas bombas ya que se encuentran en serie, datos que serán comprobados con la curva característica (*Fig. 1.12*), donde se ubicará los puntos de operación entre la presión y la potencia medidas en terreno, para determinar más asertivamente el caudal real de las bombas.



c.- Estudio hidráulico del tramo N°2 (ver anexo B)

d.- Curva característica de Bombas KSB 125-200.

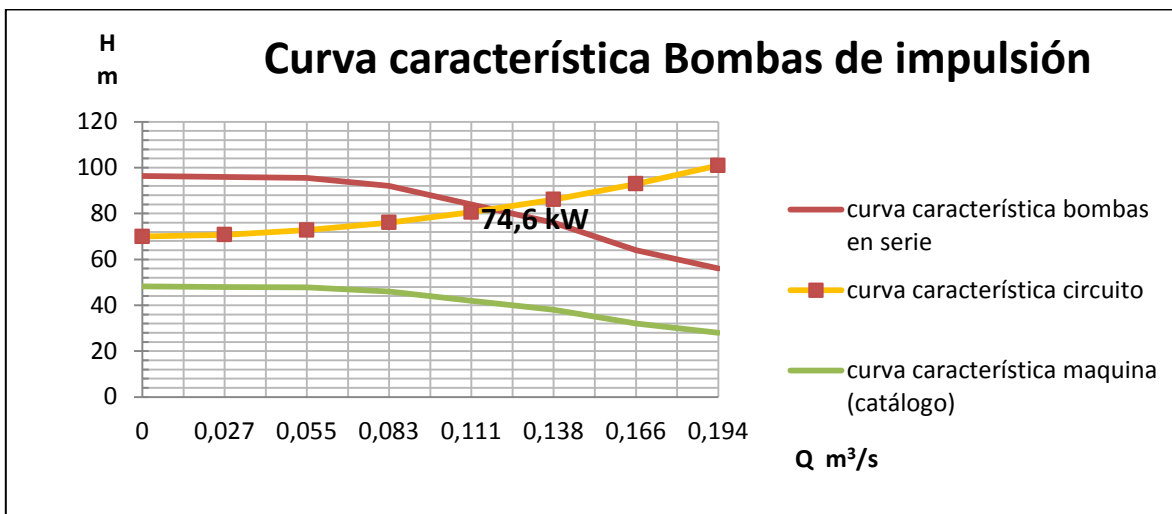


Fig. 1.12 Curva característica de las bombas de impulsión conectadas en serie.

Tabla de datos bomba de impulsión				
C.C.M. CATALOGO			C.C.C.	
Altura H (m)	Altura de bombas en serie (m)	Flujo Volumétrico (m³/s)	$H_B = 70 + 395,40 \cdot Q^2 + 333,67 \cdot Q^{1,85}$	
			H (m)	Q (m³/s)
48,2	96,4	0	70	0
48	96	0,027	70,71	0,027
47,8	95,6	0,055	72,75	0,055
46	92	0,083	76,06	0,083
42	84	0,111	80,58	0,111
38	76	0,138	86,08	0,138
32	64	0,166	92,93	0,166
28	56	0,194	100,94	0,194
Potencia eléctrica= 74,6 kW				

***Punto de operación de bombas, se expresan en tabla de datos marcadas con color amarillo. Dato se obtuvo de acuerdo a potencia Eléctrica.**

1.4.3 Tramo N°3.

En este tramo se estudia las pérdidas de carga producidas desde el Tranque N°2 al tranque N°3 (*Fig. 1.13*). Pasando primeramente por:

- a.- Información de catálogo de bombas impulsoras (Tabla 1.9).
- b.- Mediciones en terreno (Tablas 1.7 y 1.8).
- c.- Estudio hidráulico del tramo (*ver anexo C*).
- d.- Curvas características bombas impulsoras.

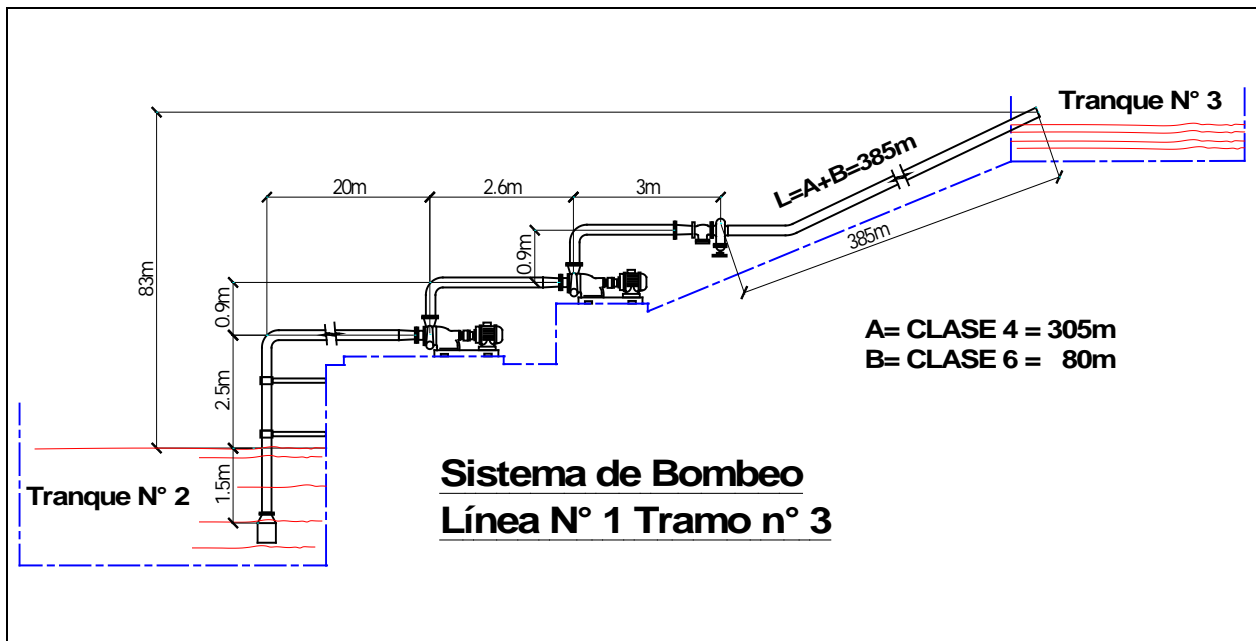


Fig. 1.13 Esquema básico de impulsión Tramo N°3.

- a.- Información de catálogo de Bombas KSB utilizadas.

Tabla 1.9

Descripción		Imagen
Marca	KSB	
Modelo	Meganorm 125-200	
Caudal	400 m ³ /h	
Altura	54,2 m	
Voltaje	380 V	
Frecuencia	50 Hz	



b.- Mediciones en Terreno.

Se realizan mediciones en terreno en régimen permanente y en sólo una línea de impulsión, ya que línea N°2 se encuentra en mantención. Cada línea de impulsión, tal como se explica en punto 1.3.4, cuenta con dos bombas conectadas en serie utilizadas para la impulsión de agua desde tranque N°2 al tranque N°3.

Tabla 1.10 Mediciones en terreno de Bomba N°3.

Bomba N° 3, LINEA N°1					
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	RPM	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado mediciones	42.500 (42,5 bar)	1496	386	129,4	74,3

Tabla 1.11 Mediciones en terreno de Bomba N°4.

Bomba N°4, LINEA N°1					
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	RPM	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado mediciones	850.000 (8,5 bar)	1494	382	132,34	75,2

c.- Estudio hidráulico del tramo N°3 (ver anexo C)



d.- Curva característica de Bombas KSB 125-200.

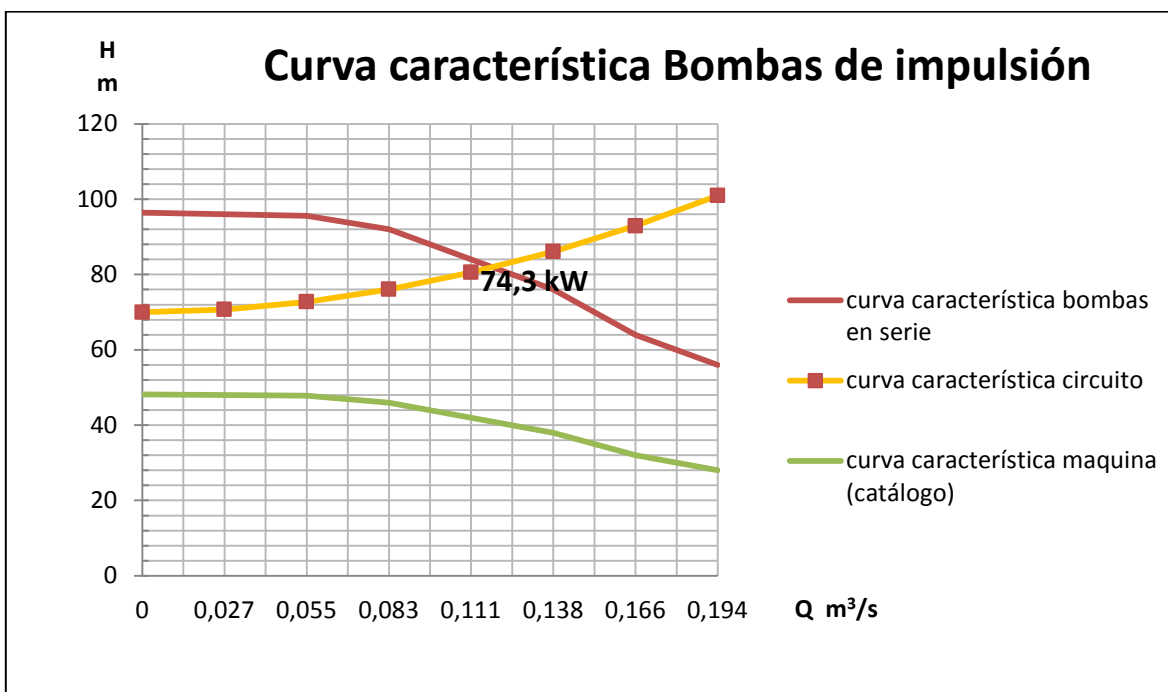


Fig. 1.14 Curva característica de las bombas de impulsión conectadas en serie.

Tabla de datos bomba de impulsión				
C.C.M. CATALOGO			C.C.C.	
Altura H (m)	Altura de bombas en serie (m)	Flujo Volumétrico (m³/s)	$H_{B1} + H_{B2} = 83 + 103,40 \cdot Q^2 + 99,55 \cdot Q^{1,85}$	
			H (m)	Q (m³/s)
48,2	96,4	0	83	0
48	96	0,027	83,2	0,027
47,8	95,6	0,055	83,77	0,055
46	92	0,083	84,7	0,083
42	84	0,111	*85,87	0,111
38	76	0,138	87,52	0,138
32	64	0,166	89,44	0,166
28	56	0,194	91,68	0,194
Potencia Eléctrica= 74,3 kW				

***Punto de operación de bombas, se expresan en tabla de datos marcadas con color amarillo. Dato se obtuvo de acuerdo a potencia Eléctrica.**



1.4.4 Resumen Capítulo N °1

Tabla 1.12

Resumen Estudio de Captación de Agua								
Descripción	Caudal Estimado según curva característica m ³ /s	Velocidad m/s	Diámetro m	Coef. De rugosidad	Longitud m	Pérdidas regulares m (f. 1.2)	Pérdidas singulares m (f. 1.3)	Altura Manométrica m
Tramo N°1 Bomba de Pozo N°1	0,06	1,2	0,252	150	1200	5,7	0,137	59,83
Tramo N°1 Bomba de Pozo N°2	0,054	1,2	0,252	150	1200	4,7	0,110	58,81
Tramo N°2	0,111	1,5	0,307	120/150	1616	5,8	4,45	80,2
Tramo N°3	0,111	1,5	0,307	120/150	413,1	1,7	4,45	89,7

La función de una bomba es aportar la energía necesaria, para transportar un fluido en un circuito determinado. La presión y el flujo volumétrico obtenidos tienen exclusiva relación con el circuito diseñado, ya que, se debe tomar en cuenta, todas las variables relacionadas: Altura requerida, Diámetro del circuito, Longitud o distancia que se debe abarcar y Singularidades (Válvulas, codos, reducciones etc.)

Con estos datos reflejados se puede ver que los tramos se encuentran trabajando a una altura requerida, encontrando solo el detalle de que el material de los ductos (PVC), es demasiado frágil para el terreno, ya que, continuamente se producen roturas de matrices, la recomendación sería cambiar el PVC por HDPE, con un costo inicial de \$ 93.589.199 + iva, para cubrir la totalidad de las líneas de impulsión, el costo es elevado, pero con la gran salvedad que aumentaría la captación de agua hacia los tranques optimizando el riego continuo, que esta siendo afectado en esta ocasión.

Se necesita llegar rápidamente con agua hacia el tranque N°3 de 7000 m³, el que con las condiciones actuales de llenado, con solo una línea de impulsión tarda 8 horas en llenarse, siendo esto demasiado tiempo de espera, puesto que con ambas líneas de impulsión el tiempo de llenado baja en un 50%, tardando solo 4 horas aproximadas, en llenar el tranque N°3.

Capítulo II

Estudio del sistema distribución de agua a plantas.

2.1 Introducción:

Debido al gran tamaño de plantación de palta hass, alrededor de 126 hectáreas, se realiza un estudio de distribución hidráulica en el tramo más desfavorable, el que implica impulsar agua desde el tranque N°3 hacia las plantas por medio de una bomba impulsora, para el resto de la plantación el riego se realiza por gravedad.

El riego hacia las plantas se realiza por medio de dos aspersores por planta que entrega un flujo volumétrico de 23 litros/hora cada una con una presión de 1,5 bar.

El riego por aspersión consiste en aplicar al agua en forma de lluvia, el cual se hace pasar el agua de riego por pequeños orificios con una determinada presión. Este método es el más aplicado debido a su flexibilidad de uso y eficiente control en la aplicación de agua.

Tabla 2.12 Descripción de los diferentes componentes del tramo de distribución (*ver anexo A*)

2.2 Tramo Distribución:

En este tramo se estudia las pérdidas de carga producidas desde el Tranque N°3 hacia las plantas en el tramo más largo demarcado con rojo (*Fig. 2.1*). Pasando primeramente por:

- a.- Información de catálogo de bombas impulsora (Tabla 2.13).
- b.- Mediciones en terreno (Tablas 2.14).
- c.- Estudio Hidráulico del tramo (*ver anexo D*)
- d.- Curvas características bombas impulsoras (*Fig. 2.2*).

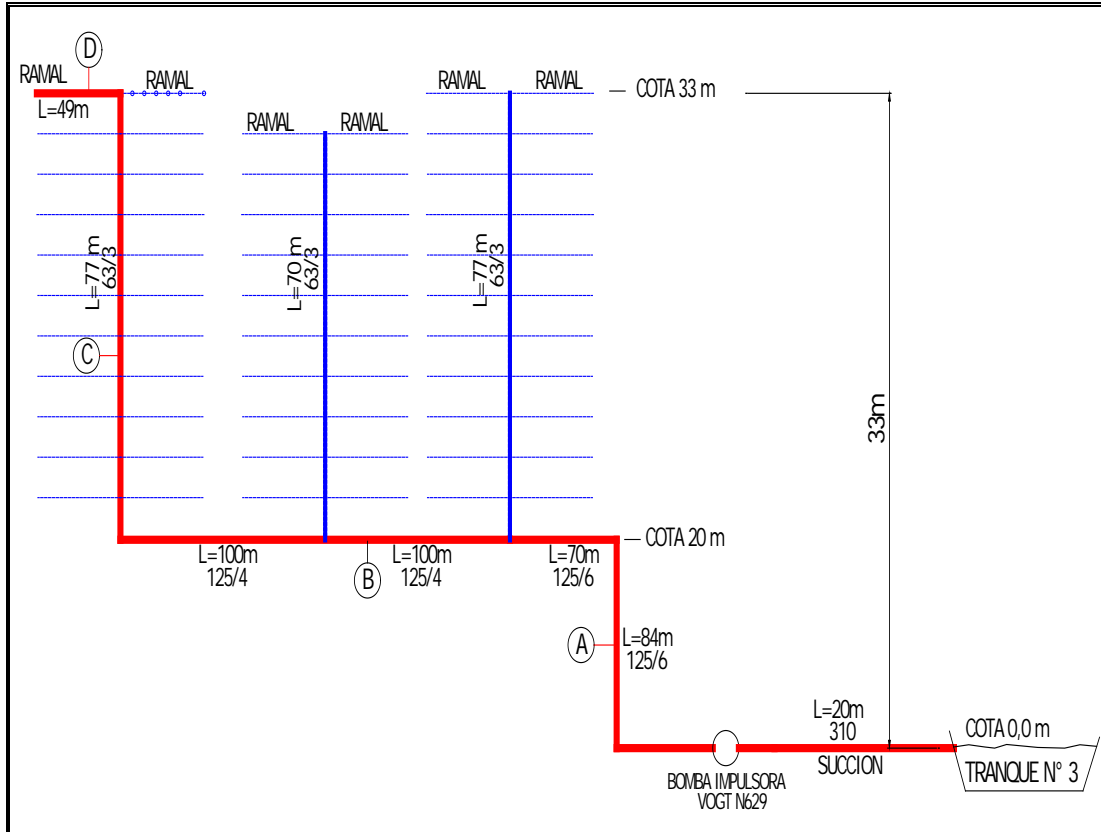



Fig. 2.1 Esquema básico de distribución

a.- Información de catálogo de Bombas Vogt N629.

Tabla 2.13 Información de catálogo de Bombas Vogt N629.

Descripción		Imagen
Marca	Vogt	
Modelo	N629	
Caudal	50 m ³ /h	
Altura	48 m	
Voltaje	380 V	
Frecuencia	50 Hz	

b.- Mediciones en terreno:

Se realiza medición en terreno en régimen permanente y en solo una línea de distribución, que representa el tramo más largo para el cálculo de pérdidas.

Tabla 2.14 Mediciones en terreno tramo distribución.

Bomba N° 1					
Parámetros	Presión de descarga P (Pa)	RPM	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Resultado mediciones	6640 (6,64 bar)	2935	380	28,3	15,4

c.- Estudio hidráulico tramo distribución. (ver anexo D)

d.- Curva característica de Bombas Vogt N629.

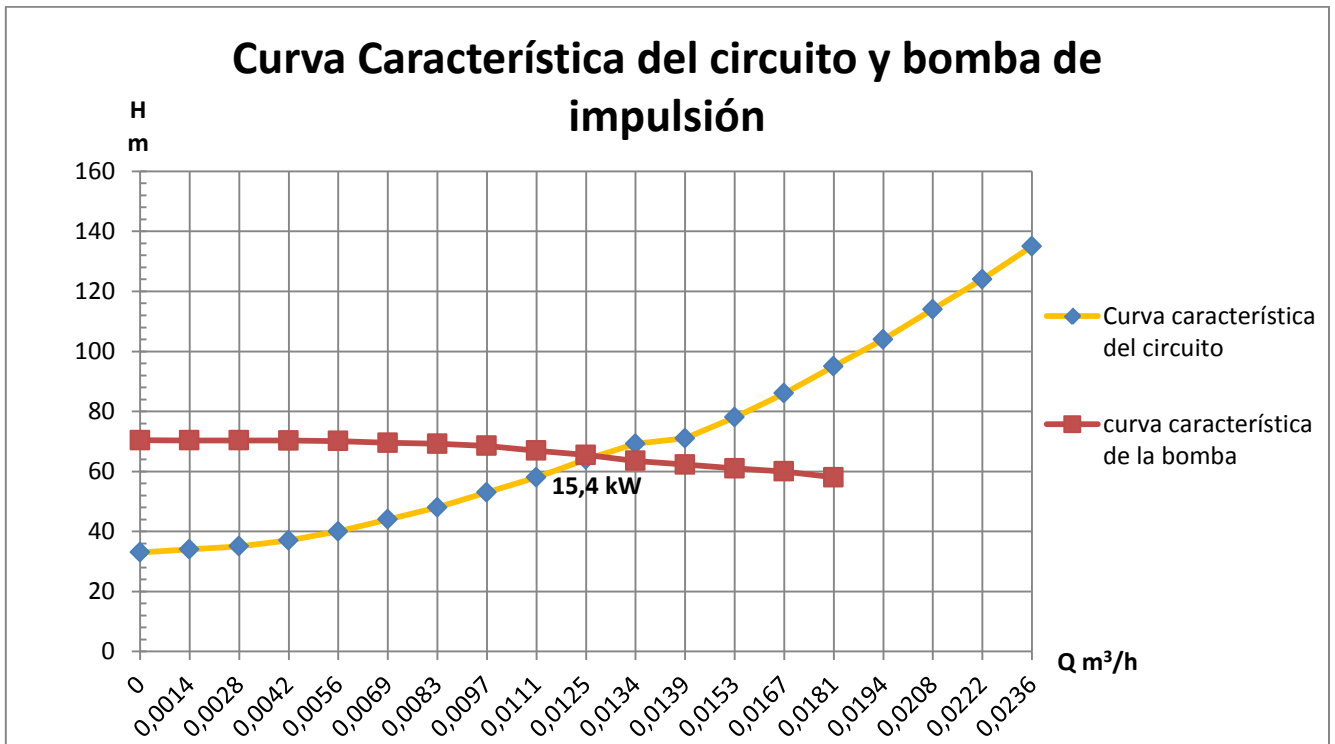


Fig. 2.2 Curvas características circuito y curva bomba Vogt N629 .



Tabla 2.15 Datos Curvas características circuito y curva bomba Vogt N629 .

Tabla de datos			
C.C.M. CATALOGO		C.C.C.	
Altura H (m)	Flujo Volumétrico (m ³ /s)	H = 33 + 0,48 + 1 · 10 ⁶ · Q ^{1,85} + 3374 · Q ²	
		H (m)	Q (m ³ /s)
		33	0
		34	0,0014
		35	0,0028
		37	0,0042
70,4	0,0056	40	0,0056
70,35	0,0069	44	0,0069
70,3	0,0083	48	0,0083
70,25	0,0097	53	0,0097
70,1	0,0111	58	0,0111
69,5	0,0125	64	0,0125
69,2	0,0134	69,2	0,0134
68,5	0,0139	71	0,0139
66,9	0,0153	78	0,0153
65,5	0,0167	86	0,0167
63,5	0,0181	95	0,0181
62,3	0,0194	104	0,0194
61,0	0,0208	114	0,0208
60	0,0222	124	0,0222
58	0,0236	135	0,0236

Después de analizar el gráfico se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La bomba utilizada satisface los requerimientos del sistema.
- El punto de trabajo de la bomba para este sistema corresponde a una presión de 69,2 m.c.a. y un caudal de 48,24 m³/h (0,0134 m³/s).
- La presión obtenida en el punto de trabajo de la bomba excede la presión de trabajo del sistema cuyo valor es de 66,4 m.c.a.
- El caudal obtenido en el punto de trabajo de la bomba excede el caudal de trabajo del sistema cuyo valor es de 41,23 m³/h (0,0115 m³/s).

2.3 Uso de recurso de agua en el fundo.

La zona de riego de paltos abarca una superficie de más o menos 126 hectáreas usando el método de regadío por micro-aspersión fija, colocadas por medio de estacas.

El riego se conforma de cinco bloques. Cada uno con sus respectivos sistemas de conducción de agua, sistemas de filtración y estaciones de impulsión, La siguiente imagen satelital muestra las hectáreas habilitadas con riego tecnificado, destacando con distintos colores, cada uno de los bloques de riego.

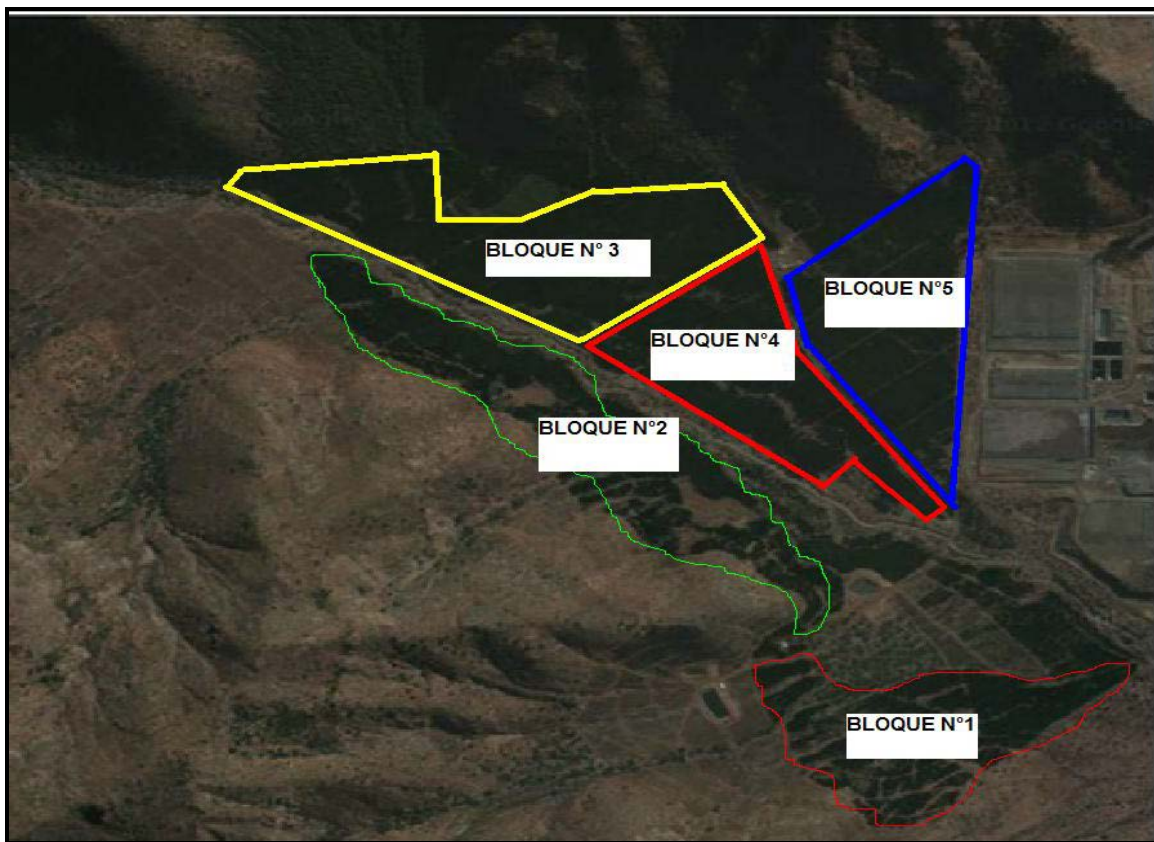


Fig. 2.3 Imagen satelital muestra las hectáreas habilitadas con riego



- **Sistemas de Riego**

Tal como se ha señalado, las 125,8 hárs que disponen de riego tecnificado, está dividido en cinco bloques de riego, los que a su vez, se encuentran separados en distintos sectores. Este sistema de riego, se encuentra conformado por matrices, sub-matrices, terciarias, y ramales donde se instalan los emisores, (Micro-aspersor vertical de boquilla negro con gasto de 23 l/h, 36l/h y 40 l/h. Estos aplican el agua en forma de lluvia fina).

En los distintos sectores, de riego de manera de permitir que los micro aspersores funcionen de manera adecuada, se dispone en cada uno de los bloques de riego equipos de filtración, compuestos de filtros de arena de cuarzo, que se ubican al interior de las casetas de riego.

La tabla 2.15 muestra la cantidad de agua necesaria para regar los paltos en forma simultánea en el periodo más desfavorable según el diseño agronómico la precipitación de cada uno de los bloques de riego, corresponde a los milímetros de agua aplicada por área y tiempo unitario de riego.

El sistema hidráulico de riego del campo debe cubrir alrededor de 126 ha con un total de 78.934 plantas, generando un consumo de 21.354 m³ de agua por cada riego, pero la capacidad de captar agua y transportar a los tranques es de 399,6 m³/h lo que el riego tarda alrededor de 54 h en realizarse.



2.3.1 Caudal dispuesto por el sistema de riego

Tabla 2.15 Caudales de Riego de cada Sistema.

	Zona	Nº plantas Totales	Há	Emisor L/h	m ³ /h sectores	Tiempo de riego final (h)	Total m ³ sectores
Bloque N°1	Sector 1	2.504	6,1	46	115,2	7,68	884
	Sector 2	2.544	6,2	46	117,0	9,21	1.078
	Sector 2,1	2.571	3,1	23	59,1	6,05	358
	Sector 3	465	1,1	46	21,4	7,68	164
	Sector 3.1	1.466	3,1	40	58,6	7,6	446
	Sector 3.2	901	1,9	40	36,0	7,6	274
Bloque N°2	Sector 4	1.268	3,1	46	58,3	9,21	537
	Sector 4.1	601	1,3	40	24,0	9,12	219
	Sector 5	3.344	8,2	46	153,8	9,21	1.417
	Sector 6	726	1,8	46	33,4	7,68	256
	Sector 6.1	2.076	5,1	46	95,5	7,68	733
	Sector 6,2	270	0,3	23	6,2	7,57	47
Bloque N°3	Sector 8	4.954	12,1	46	227,9	7,68	1.749
	Sector 8.1	973	1,5	35	34,1	6,56	223
	Sector 9	1.676	4,1	46	77,1	9,21	710
	Sector 9,1	320	0,5	35	11,2	4,55	51
	Sector 10	2.149	3,2	35	75,2	7,71	580
	Sector 11	3.125	4,7	35	109,4	7,71	843
Bloque N°4	Sector 12	1.143	2,4	40	45,7	8,94	409
	Sector 13	3.049	4,6	35	106,7	6,0	640
	Sector 18	2.281	2,7	23	52,5	9,89	519
	Sector 19	4.405	5,3	23	101,3	9,89	1.002
	Sector 20	2.094	2,5	23	48,2	9,89	476
	Sector 21	4.469	5,4	23	102,8	9,89	1.016
Bloque N°5	Sector 22	4.253	5,1	23	97,8	9,89	967
	Sector 23	4.693	5,6	23	107,9	9,89	1.067
	Sector 24	4.324	5,2	23	99,5	9,89	983
	Sector 25	5.468	6,6	23	125,8	9,89	1.243
	Sector 26	3.374	4,1	23	77,6	9,89	767
	Sector 27	3.391	4,1	23	78,0	9,89	771
	Sector 28	4.057	4,9	23	93,3	9,89	922
		78.934	125,8		2450,6	8,5	21.354

Capítulo III

Estudio del sistema de alimentación eléctrica.

3.1 Introducción.

Evaluar y seleccionar el diseño, para dar forma a una alimentación eléctrica, forma parte fundamental de cualquier proceso productivo, ya sea una gran empresa o un domicilio particular. Siempre preguntándose:

-¿Que se debe alimentar eléctricamente?

Respondiendo a esta interrogante, se define la necesidad fundamental, la de llegar con agua para efectuar un riego óptimo, esto se logra por medio de bombas, las que reciben energía en forma de trabajo, aportada por motores eléctricos de inducción. Estos motores eléctricos a su vez reciben energía eléctrica, a través de conductores de cobre aislados, los que son comandados por tableros de fuerza, en donde se comanda la partida y parada de los motores además de efectuar las mediciones de consumo eléctrico. Toda esta energía necesaria proviene de transformadores de media tensión proporcionados por la Compañía de Electricidad Chilquinta.

3.2 Transformadores y Potencia.

El término **media tensión** (*Fig 3.1*), se utiliza para referirse a instalaciones eléctricas, con tensiones entre 1.599 y 2.500 (Volts) dónde, normalmente, se reduce la tensión hasta los 400 Voltios para ser usada en equipos o sistemas donde se requiera.



Fig 3.1 Transformador de media tensión.

De esta forma la alimentación eléctrica es distribuida a cada sala de bombas, de los Huertos Catemu, sin dejar atrás la alimentación eléctrica para el servicio administrativo (Jefaturas, Secretaría). En total son nueve los transformadores utilizados (tabla 3.1)

Tabla 3.1 Transformadores de media tensión y potencia utilizada.

Ubicación		Potencia kVA	Corriente A
N° 1	Pozo	250	375
N° 2	Tranque 1	400	600
N° 3	Tranque 2	250	375
N° 4	Tranque 3	150	225
N° 5	Caseta Principal	75	112,5
N° 6	Oficina Infiernillo	75	112,5
N° 7	Oficina Águila	45	67,5
N° 8	Oficina	45	67,5
N° 9	Oficina Cabrería	45	67,5
TOTAL	Nueve transformadores	1335 kVA	

Como se puede observar en la **Tabla 3.1**, la medición de potencia se realiza en **kVA** (kilo Volt Ampere). En la ingeniería eléctrica existen variados conceptos de potencia, al igual que en la ingeniería mecánica, en este caso la

expresión de potencia aparente **kVA**, quiere decir que corresponde a un circuito inductivo o una bobina conmutada eléctricamente por un flujo de electrones.

La Inducción es un fenómeno que se presenta en los circuitos de corriente alterna y es una oposición al paso de la corriente, lo que exige un mayor consumo para lograr el mismo efecto. Los motores son un buen ejemplo de lo que son cargas inductivas. Desde un sencillo motor de licuadora a un gran transformador industrial.

En este caso la potencia expresada en kilowatt (kW), nos indicara la potencia activa, realmente utilizada, para llegar a conocer este valor deberemos conocer el **Factor de potencia**, que es el ángulo de desviación existente ente una potencia aparente (kVA) y la potencia activa (kW) expresado generalmente como **cos φ**. Formando con esto un triángulo de potencia, donde se nos generan tres potencias (*Fig. 3.2*):

Potencia activa (P)

Potencia reactiva (Q)

Potencia aparente (S)

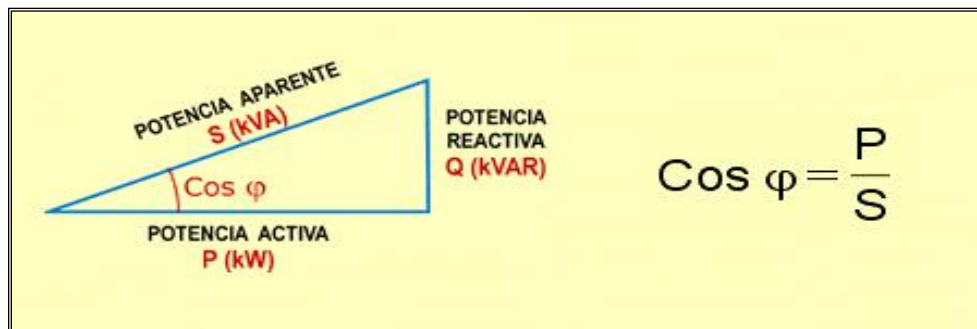


Fig. 3.2 Triángulo de Potencia

La potencia reactiva (Q), es la potencia de oposición generada por la bobina, mientras mas grande sea esta potencia, mas grande será el **cos φ**. La legislación vigente de la compañía de electricidad exige tener un **cos φ = 0.9**, para lograr esto debe calcular una carga capacitiva (condensadores), que contrarresten la oposición generada por la bobina (*Fig. 3.3*), así aminorar la potencia reactiva que en cierto modo y dependiendo de su amplitud, puede llegar a afectar la red

eléctrica de circuitos aledaños, produciendo caídas de tensión repentinas o armónicos eléctricos.

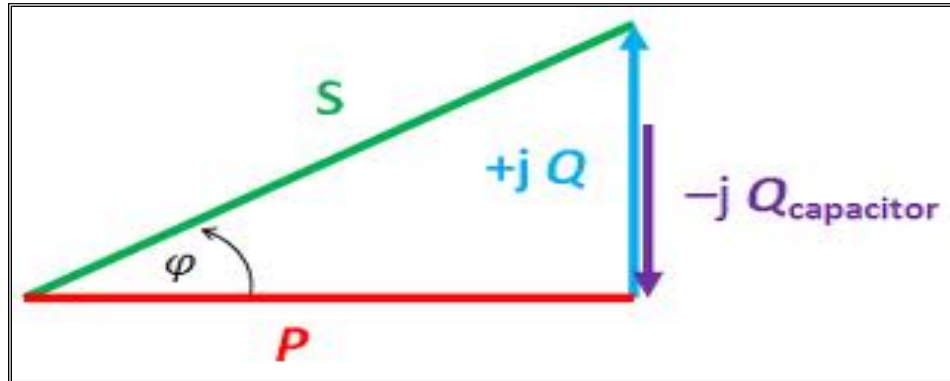


Fig. 3.3 Triángulo de potencia, con carga capacitiva restándole a la reactiva.

Para saber si es el transformador es el indicado, primero se debe conocer que potencias o la sumatoria de cargas a la que será sometidos, para tal efecto, se procederá a un estudio comparativo donde se multiplicara la potencia activa (P) (mediciones en terreno de los motores eléctricos) y dividirla por el $\cos \varphi$ (dato del fabricante). Transformando con ello la potencia activa (kW) en aparente (kVA) y se compara con la potencia aparente (kVA) del transformador.

$$S = P / \cos \varphi \text{ (f. 3.1)}$$

3.3 Estudio sistema de alimentación Eléctrica. (ver anexo E)

Para el estudio se subdividirá las cargas por cada transformador utilizado. Partiendo por el transformador de las bombas de pozo y así cubrir los nueve transformadores utilizados, para llegar a la tabla 3.2 de resumen de potencias utilizadas.



3.4 Resumen estudio sistema alimentación Eléctrica.

Tabla 3.2 Resumen estudio sistema alimentación Eléctrica.

Resumen de potencias					
Transformador	Potencia aparente utilizada S (kVA)	Potencia activa utilizada P (kW)	Horas en servicio por día	kWh / 1 día	costo diario (1kWh= \$ 95)
N°1	172,7 (250 contratados)	146,8	10	1.468	\$ 139.460
N°2	351,19 (400 contratados)	298,5	10	2.985	\$ 283.575
N°3	355,76 (400 contratados)	302,19	10	3.022	\$ 287.090
N°4	106,5 (125 contratados)	89,64	10	896,4	\$ 85.158
N°5	18,5 (75 contratados)	16,49	8	131,92	\$ 8.575
N°6	10 (75 contratados)	9	8	72	\$ 6.840
N°7	10,88 (45 contratados)	9,8	8	78,4	\$ 7.448
N°8	9,66 (45 contratados)	8,7	8	69,6	\$ 6.612
N°9	9,2 (45 contratados)	8,3	8	66,4	\$ 6.308
Total	1043,82 kVA	889,42 kW		8789,7 kWh/día	\$831.066/diarios

Como se puede apreciar en tabla 3.2, la potencia aparente utilizada se encuentra dentro de los valores contratados en la compañía de electricidad, no encontrándose ninguna alteración de sobrecarga hacia los transformadores.

En cuanto a la potencia activa utilizada **Fig 3.4**, se puede observar que el mayor consumo están en los transformadores N°1, N°2 y N°3, que es donde se utilizan las bombas impulsoras de 75,4 kW y las bombas de pozo profundo de 76 kW.

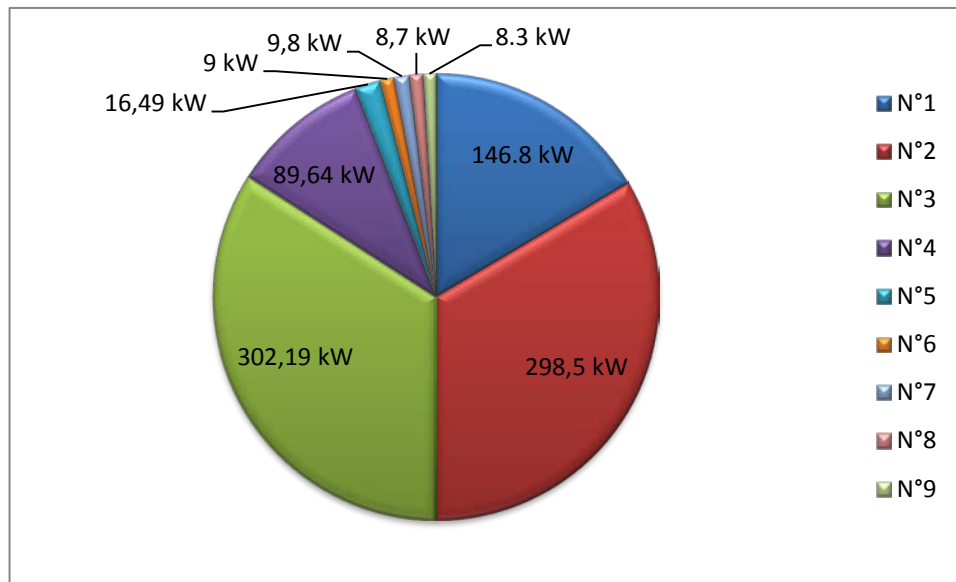


Fig 3.4 Grafica de transformadores vs Potencia (kW) utilizada

El costo diario de energía eléctrica en los Huertos Catemu es de **\$831.006**, valor que al multiplicarlos por 30 días (un mes), la suma asciende al valor de **\$24.931.980** mensuales que se tienen que cancelar a la Compañía General de Electricidad. Este valor mensual puede verse aumentado o disminuido de acuerdo a las necesidades de regadío y al valor variable del **kWh**, cobrado por **Chilquinta**, aunque el rango de dicho valor se maneja entre los \$ 20.000.000+/-, según información recabada en entrevista con administrador del Huerto.

Capítulo IV

Estudio del sistema control automático

4.1 Introducción

En el manejo de un sistema de riego es fundamental determinar el momento más adecuado para regar y la cantidad de agua a aplicar en función, entre otros factores, del estado de humedad del suelo o la planta y de la uniformidad en el reparto de agua del sistema.

Los sistemas para la automatización de una instalación de riego tienen una serie de características similares a cualquier sistema de control de un determinado proceso. Los sistemas de control se han empleado fundamentalmente en el sector industrial, pero con el desarrollo en los últimos años de la informática y la microelectrónica y el abaratamiento de este tipo de dispositivos, se ha introducido en el sector agroalimentario, incluyendo su aplicación a las instalaciones de riego y fertilización.

A la hora de automatizar un sistema de riego se deben tener en cuenta todos los elementos que integran su sistema de control. Los componentes de los sistemas de control se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Sensores y transductores (tensiómetros, manómetros, presostatos, etc.)
- Actuadores (interruptores, electroválvulas, válvulas motorizadas)
- Unidades de control (ordenadores, programadores, etc.).

En este capítulo se desarrollan los conceptos básicos de automatización utilizados en el riego de los Huertos Catemu.

4.2 Sensores y transductores

Un sensor (*Fig 4.1*) es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.



Fig 4.1 Sensores

Un transductor (*Fig 4.2*) es un aparato que convierte un tipo de energía como vibración o sonido en un tipo diferente de energía. Generalmente una corriente eléctrica o un voltaje. Los Transductores son el corazón de sistemas de instrumentación y por lo general son el eslabón más débil. Contribuyen ruido a las señales medidas y generan distorsión, debido a no linealidades. Son sujetos a cambios en su sensibilidad y requieren regularmente una calibración. Algunos tipos de transductores son mucho más confiables y más lineales que otros; un ejemplo es el acelerómetro piezo eléctrico que es el mejor tipo para medición de vibración.



Fig 4.2 Transductor, acelerómetro para medir vibraciones

En el caso de los Huertos Catemu se utilizan:

Sensores indicadores de nivel (*Fig 4.3*), dichos sensores se encuentran ubicados en los tranques N°1, N°2 y N°3. Permiten saber el nivel de agua existente para poder poner en servicio las bombas impulsoras.



Fig 4.3 Sensores de nivel

El inconveniente de estos sensores es que debido a la forma de instalación (sin ninguna canalización), la lectura de nivel suele ser errónea, por lo que periódicamente deben ser revisados, evitando así un mal trabajo de la bomba, ya que podría estar funcionando sin agua siendo altamente perjudicial para el sello mecánico.

Sensor de pH y Humedad (Fig 4.4), El pH del suelo influye de una forma importante en el desarrollo de las plantas. Influye en cómo las plantas absorben los nutrientes del suelo y es sinónimo de eficiente absorción de nutrientes. Conocer el pH es importante para saber la condición del suelo antes de aplicar correctivos en caso de ser necesario.

Tal como el "metro" es una unidad de medida de la longitud, y un "litro" es una unidad de medida de volumen de un líquido, el pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. (Fig 4.5)

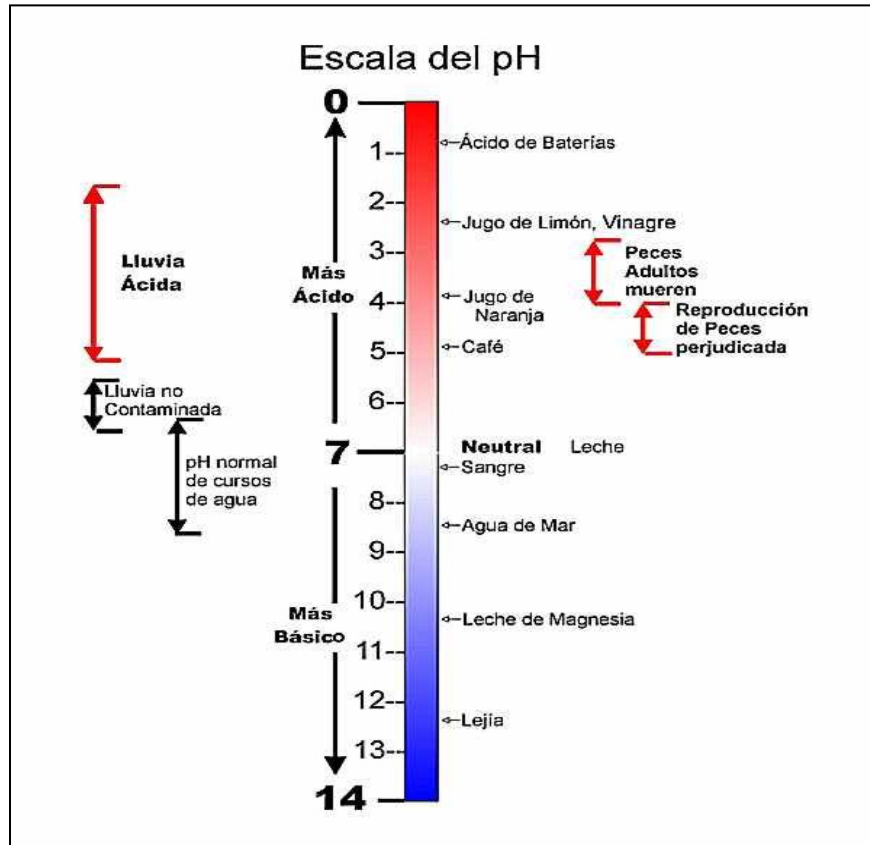


Fig 4.5 Escala del pH

La humedad, tal como pH es de suma importancia conocerlo, porque así se sabe con cuanta frecuencia debe efectuar el riego, para no efectuar un riego excesivo o un riego deficiente. Todo dependerá de las condiciones climáticas. El sensor utilizado en los Huertos Catemu mide estas dos variables, para ofrecer así a los encargados de riego una lectura de cómo se deberá efectuar el riego y de cómo se encuentra el suelo (si necesario algún tipo de fertilizante).



Fig 4.4 Sensor de portátil de pH y Humedad, marca Bestworld

4.3 Actuadores

Un **actuador** es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Existen varios tipos de actuadores : Electrónicos,Hidráulicos,Neumáticos Y Eléctricos.

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos ^[2]**mecatrónicos**. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

En el caso de los Huertos Catemu se utilizan **actuadores eléctricos** (Fig 4.6) los que sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.



Fig. 4.6 Actuador eléctrico utilizado en los Huertos Catemu

^[2]**mecatrónicos**: es la integración cinagética de la ingeniería mecánica con la electrónica y con el control de computadores inteligentes para el diseño y la manufactura de productos y procesos.



Características Técnicas de un actuador Eléctrico utilizado	
Válvula de solenoide para riego, marca BONA, modelo Zcs-06pm, de origen chino, para su uso con agua y líquidos en general.	
Diámetro de cañerías de alimentación	conexión hembra de 3/4"; 1"
Presión máxima	10 bar
Material de construcción	Plástico
Material de anillo sello	Nitrilo
Temperatura máxima de trabajo	80 °C
Voltaje de alimentación	24 Vac
Potencia	1,7 W

El gran inconveniente encontrado con este tipo de actuador, es la falta de aviso de falla, por lo que encargados de riego deben efectuar un chequeo diario a las 484 electroválvulas utilizadas para el riego, para asegurar su correcta abertura, ya que existen variados inconvenientes con el cableado de alimentación eléctrica como por ejemplo:

- Corte de cables debido a tránsito de temporeros, que están cosechando las paltas y pisan los ductos de canalización eléctrica.
- Roedores, que cortan cables.
- Solenoide cortocircuitada o con bajo aislamiento eléctrico.
- Mantenimiento, sulfatación de cables y conectores.

Todos estos inconvenientes, afectan a la producción produciendo gastos económicos, las que pueden ser mejoradas ocupando tecnologías mejoradas, como por ejemplo

- Energías renovables (Placas solares o eólicas)
- Tecnología de transmisión de datos inalámbrica.

4.4 Unidades de control

Una unidad de control es la forma de programar el riego de forma eficiente controlando los tiempos de riego y los sectores a regar. Donde se utilizan:

- PLC (controlador lógico Programable)
- Ordenadores (computadores de escritorio y notebook)
- Sistemas de cableado y monitoreo
- Equipos a controlar (Bombas, electroválvulas, sensores, etc.)

En los huertos catemu se utiliza el Programa **AGRONIC 7000** (Fig 4.7), que es un equipo para el control del riego, fertilización y por unidades de tiempo o volumen, regulación de la acidez, agitación fertilizantes, bombeo y limpieza de filtros, drenaje, etc., más detección de averías y completa visualización de datos. Realiza el control de hasta 200 sectores de riego gobernados por 24 programas y tiene capacidad para 8 fertilizantes más 2 ácidos o ácido y base. Dispone de 1 a 6 salidas generales de riego asignables a sectores, con temporizadores independientes de activación y desactivación. Cada sector de riego es asignable a uno de los 6 posibles contadores volumétricos para regar en litros o m³. En los acumulados, el volumen de riego y fertilizante se reparte proporcionalmente al caudal nominal asignado a cada sector. El **AGRONIC 7000** cuenta con un sistema para el control de la calidad de agua drenada en un máximo de 9 cultivos diferentes. Los parámetros pueden ser conductividad eléctrica, acidez, nivel en milímetros de la bandeja, cantidad de agua drenada, etc. Cada programa de riego tiene asociada una curva para poder modificar los valores de unidades de riego, frecuencia del mismo y unidades de fertilizante para 6 puntos horarios del día.



Fig 4.7 AGRONIC 7000 utilizado para controlar el riego.

El monitoreo de apertura de electroválvulas (**Fig 4.8**) se encuentra en la sala de control, por medio de luces se identifica la apertura de válvulas.

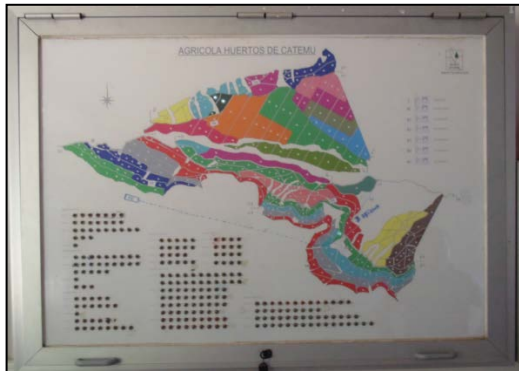


Fig. 4.8 Monitoreo de electroválvulas



Fig.4.9 circuitos eléctrico de alimentación

Como se puede observar la **unidad de control** es el corazón del sistema de riego y de la automatización del Huerto. Si bien es cierto las mejoras podrían ser muchas, pero se cumple con el objetivo principal de efectuar un riego óptimo a las 126 hectáreas, ya que al no existir un sistema de automatización se volvería bastante complejo el control y monitoreo.

Como objetivo primario se debería tratar los problemas que afectan al sistema de riego, como los son la pérdida de señal por corte de cables y la mantención periódica (**Fig 4.9 y 4.10**).



Fig. 4.10 Parte de las 126 hectáreas a regar y donde se deben alimentar eléctricamente las 484 electroválvulas


Capítulo V

Soluciones propuestas y estimación de costos

El estudio de posibles soluciones a problemas detectados y estimación de costos asociados es un resumen de los capítulos anteriores, se subdivide en tablas resumen:

- 5.1 Tabla resumen capítulo I.
- 5.2 Tabla resumen capítulo II.
- 5.3 Tabla resumen capítulo III.
- 5.4 Tabla resumen capítulo IV.

5.1 Tabla resumen capítulo I

Problema detectado	Solución propuesta	Costos asociados
Rotura de matrices de PVC, afectando el riego, y la pérdida de las paltas por falta de agua	<p>Cambiar 6340 m tubería de PVC a tubería de HDPE 250 mm de diámetro interior, mejor rigidez y durabilidad, mejorando con ello los problemas de riego, \$14.438 x metro valor referencial</p>  <p>www.geoplaschile.cl</p>	\$ 93.589.199
Pérdida de agua en Tranques N°1 y N°2, por filtraciones además crecen malezas produciendo gastos adicionales en mantención y limpieza, ya que tranques están enchapados con arcilla.	<p>Instalar 1.500 m² de geomembrana en los tranques N°1 y N°2, \$1.850 x 1 m², valor referencial de</p> <p>www.termosolucion.cl</p>	\$ 27.750.000



5.2 Tabla resumen capítulo II

Problema detectado	Solución propuesta	Costos asociados
Tramo de distribución estudiado no presenta inconvenientes.	N/A	N/A
Según necesidades agronómicas plantas son regadas al límite de tiempo	Diseñar nuevos tranques con mayor capacidad, para satisfacer requerimientos en menor tiempo.	Evaluar factibilidad física y económica con empresa diseñadora en rubro. Valores de construcción varían entre \$700 m ³ a \$1900 m ³ .

5.3 Tabla resumen capítulo III

Problema detectado	Solución propuesta	Costos asociados
Falta de mantención periódica y programada a bombas, motores y circuitos eléctricos	Capacitación al personal a cargo de los huertos, para que efectúen la mantención.	Contratar una empresa de capacitación.
Falta de independencia eléctrica, lo que afecta la continuidad del riego ante un repentino corte de electricidad	Invertir en generadores eléctricos, los que crean una independencia eléctrica	\$ 22.000.000 valor aproximado de generador caterpillar 1500 kW, según datos industria finning S.A. www.finning.cl

5.4 Tabla resumen capítulo IV

Problema detectado	Solución propuesta	Costos asociados
Problema con los sistemas de comunicación de los sensores utilizados en el Huertos, ya que sistema por cableado sufre continuas roturas.	Implementar sistema de apertura de válvulas solenoides vía Wi-Fi o Bluetooth.	Realizar un estudio en terreno con empresa especializada en el tema

Conclusiones

El estudio de los diferentes sistemas que conforman la producción de Palta Hass, en los Huertos Catemu, ha mostrado lo complejo que se torna el hecho del abastecimiento de agua en la zona, donde la escases de dicho recurso natural es predominante y optimizar su uso es primordial.

En el estudio realizado se pudo observar que el diseño del sistema de regadío de los Huertos Catemu, satisface en forma eficaz la necesidad de efectuar un riego continuo, pero no de forma eficiente. No obstante, se debe tomar en cuenta que se trata de una zona geográfica complicada, debido a la presencia de relieves los cuales se derrumban en invierno a consecuencia de la lluvia. Se debe recordar además que Catemu se encuentra ubicado cerca de la zona cordillerana del país, con un clima variado asociados a temperaturas entre los 4 °C en invierno y a los 35 °C en verano. La magnitud de estos huertos obliga a tener personal especializado en las diferentes áreas, tanto como en la producción, mantención y gestión, siendo la capacitación el punto primordial.

Con relación al objetivo de estudiar el sistema de captación y transporte de agua, el estudio abordó desde la captación de agua, su transporte y su posterior distribución y se subdividió por tramos, concluyendo que las bombas satisfacen la altura requerida. En terreno se observó que el material de los ductos (PVC), es demasiado frágil para las características del suelo ya que, continuamente se producen roturas de matrices y se recomienda cambiar el PVC por HDPE, con un costo inicial de \$ 93.589.199 + IVA, para cubrir la totalidad de las líneas de impulsión. El costo es elevado, pero aumentaría la captación de agua hacia los tranques optimizando el riego continuo, que está siendo afectado por dicha situación. Se necesita llegar rápidamente con agua hacia el tranque N°3 de 7000 m³, el que con las condiciones actuales tarda 8 horas en llenarse con solo una línea de impulsión, siendo esto demasiado tiempo de espera, puesto que con ambas líneas de impulsión el tiempo de llenado baja en un 50%.

Con relación al objetivo de **estudiar el sistema de distribución de agua hacia las plantas**: se realizó un estudio a una parte del sistema, donde es necesario utilizar una bomba de impulsión para alimentar con agua a 896 plantas. Se logró verificar que la bomba VOGT N629 satisface los requerimientos de consumo entregando **41,23 m³/h (0,0115 m³/s)**.

Se recopiló datos para conocer el requerimiento total del sistema hidráulico de riego del campo, el cual para su funcionamiento necesita un volumen de **21.354 m³** de agua, pero la capacidad de captar agua y transportarla a los tranques es de **399,6 m³/h** lo que el riego tarda alrededor de **54 h** en realizarse.

Para mejorar el tiempo de regadío es necesario construir mas tranques y nuevas líneas de captación. El costo de construcción de tranques puede oscilar entre \$700 a \$1.900 por m³ (dependiendo del número de muros).

Con relación al objetivo de **estudiar el sistema de alimentación eléctrica**, se conoció sus características, la cantidad de transformadores distribuidos en el sector y se pudo conocer la cantidad de energía eléctrica consumida diariamente, Se puede concluir que el costo diario de energía eléctrica de la empresa es de **\$831.006**, valor que multiplicado por 30 días (un mes), asciende a **\$24.931.980** cancelados a la Compañía General de Electricidad. Este valor mensual puede verse aumentado o disminuido de acuerdo a las necesidades de regadío y la variable del valor del **kWh** cobrado por **Chilquinta**, aunque el rango de dicho valor se maneja entre los \$ 20.000.000+/-, según información recabada en entrevista con administrador de la empresa. Una de las soluciones propuestas es implementar un generador marca Caterpillar de 1500 kW , 380 V. Esta inversión tendría un costo inicial de \$ 22.000.000, para cubrir situaciones esporádicas o emergencias. Al comparar el sistema de alimentación eléctrica actual vs generador CAT se obtiene el siguiente cuadro.



Forma de abastecer eléctricamente los Huertos Catemu.	Potencia necesaria para abastecer eléctricamente a los Huertos Catemu.	kWh (10 horas diarias, como promedio suponiendo una jornada de trabajo normal)	Costo \$ diario	Costo \$ mensual (30 días)
CONSUMO ELÉCTRICO CHILQUINTA (\$ 95 kWh)	889,42 kW	8789,7 kWh/diarios	\$831.066	\$24.931.980
GENERADOR CATERPILLAR, RENDIMIENTO 335 lt/h. (DIESEL \$500 LITRO)	889,42 kW	8789,7 kWh/diarios	\$1.675.000	\$50.250.000

Se puede apreciar que el costo mensual sufre un gran incremento, pero no se debe olvidar que con la implementación de un generador eléctrico se obtiene independencia energética, la que puede ser de gran utilidad en casos de interrupciones abruptas de energía eléctrica, como por ejemplo:

- Catástrofes naturales
- Problemas con el tendido eléctrico o corte de cables.
- Blackout en centrales eléctricas.

La inversión sugerida permite alimentar una línea de impulsión que implica:

- 01 bomba de pozo profundo KSB de 75 kW
- 04 bombas que impulsen el fluido desde el tranque N°1 hasta el tranque N°3, 75 kW cada bomba, en total 300 kW.
- Sistemas de control 1,2 kW.
- En total la potencia requerida para alimentar **solo una línea de impulsión** es de **376,2 kW**.



- El costo de generación eléctrica sería de **\$500.000** diarios, tomado en cuenta que el generador consumiría 100 lt/h y a un precio de \$500 el litro de diesel.

El valor es fácilmente abordable tomando en cuenta la utilidad que prestaría, el de mantener con agua los tranques, para así asegurar el riego y evitar con esto pérdidas de producción, lo que implica pérdida de utilidades.

Con relación al objetivo de **estudiar el sistema de control automático**, se concluye que dicho sistema es el cerebro del regadío de los Huertos Catemu, ya que se controla el ¿cómo? y ¿cuándo? efectuar el riego.

Los problemas críticos que afectan al sistema de control son:

- Corte de cables debido a tránsito de temporeros.
- Roedores, que cortan cables.
- Solenoide cortocircuitada o con bajo aislamiento eléctrico.
- Mantenimiento, sulfatación de cables y conectores.

Estos problemas aquejan la producción normal, los que a simple vista se ven sencillos pero que causan pérdidas económicas e incomodidad en los frentes de trabajo. Entre las posibles soluciones a los problemas planteados, se sugiere:

- Efectuar una mantención periódica de circuitos e instalaciones, dicha mantención tiene que estar ligada con una capacitación al personal que efectúa la mantención y a los usuarios del servicio. Dicha capacitación debe ser realizada por entidades externas competentes o mediante capacitación interna, realizada por personal con mayor experiencia en el tema que puede orientar y retransmitir sus conocimientos.
- Realizar una mejora en la transmisión de datos y alimentación eléctrica hacia las electroválvulas que se ven afectadas, por los cortes de cables y la falla de solenoide, donde no existe forma de saber si están funcionando de



forma correcta, dicho chequeo se debe hacer de forma manual recordando que en total son 486 electroválvulas distribuidas en 126 hectáreas. Por lo mismo, se propone efectuar una inversión y cambiado la transmisión de cableada por una inalámbrica (WIFI). El costo por válvula con WI-FI es de \$70.000 y los paneles solares con un costo de \$23.000 por panel (empresa Power Energy). La suma total de la inversión para las 486 válvulas es de \$45.200.000, que se puede abordar en etapas.

Toda inversión inicial tiene un costo, el que debe ser asumido como un desafío y una proyección futura, con posibilidades de aumentar la producción y expandirse en el mercado nacional e internacional.

En resumen, se ha realizado un estudio y se han planteado algunas soluciones para un problema real, lo que ha permitido a los autores informarse e interiorizarse de un tema que conjuga aspectos de mecánica, agronomía y tecnología, aplicando conocimientos adquiridos en el programa de ingeniería de ejecución en mecánica.

“El científico no tiene por objeto un resultado inmediato. Él no espera que sus ideas avanzadas sean fácilmente aceptadas. Su deber es sentar las bases para aquellos que están por venir, y señalar el camino”.

Nikola Tesla






Bibliografía

- Hebei Tongchan [en línea] china, principales fabricantes de válvula de hierro fundido, <http://www.valve-seller.es/3-1-api-gate-valve.html>, [Consulta: 17 marzo 2013].
- Redagrícola [en línea] chile, <http://www.redagricola.com/reportajes/riego/construccion-de-tranques-herramienta-clave-para-asegurar-el-riego-localizado>, [consulta: 7 abril 2013].
- Richard W. Greene, Válvulas Selección, uso y mantenimiento McGRAW-HILL, 1989. 280 páginas.
- Manuel Viejo Zubicaray, Bombas: teoría, diseño y aplicaciones, Editorial Limusa, 2003. 239 páginas.
- Orson Winso Israelsen, Principios y aplicaciones del riego, editorial Reverte, 1985. 354 páginas.
- J. Tarjuelo, José María Tarjuelo Martín-Benito, El riego por aspersión y su tecnología, Ediciones Mundi-Prensa, 2005. 581 páginas.
- Gilberto Enríquez Harper, El ABC de las máquinas eléctricas, Editorial Limusa, 1988. 397 páginas.
- Gilberto Enríquez Harper, El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas, Editorial Limusa, 2003. 401 páginas.
- Pedro Avelino Pérez, Transformadores de distribución, editorial Reverte, 2001. 236 páginas.
- Salvador de las Heras Jiménez, Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas, Univ. Politèc. de Catalunya, 2011. 416 páginas.

Anexos

Anexo A

Tabla 1.1 Descripción de los diferentes componentes de los tramos

Descripción	Imagen
Ducto de ^[3] PVC, 0,250 m de diámetro coeficiente de fricción C= 150	
Válvula de compuerta, acero fundido DN 250 coeficiente empírico carga singular K= 0,2 (100% abierta)	
Válvula no-retorno, acero fundido DN 250 coeficiente empírico carga singular K= 2	
Codo de ^[3] PVC 45° coeficiente empírico carga singular K= 0,35	
Codo de ^[3] PVC 45° coeficiente empírico carga singular K = 0,6	

^[3]PVC= Policloruro de vinilo. Es un derivado del plástico mucho más versátil, pues además de ser termoplástico, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles.

<p>Ducto de Acero, 0,310 m de diámetro interior Std. ASTM A 53 Schedule 20 coeficiente de fricción C= 120</p>	
<p>Bomba marca KSB Meganorm 125-200</p>	
<p>Motor eléctrico de inducción trifásico, marca Siemens</p>	
<p>Bomba de pozo Profundo, marca KSB, BPT 466</p>	
<p>Micro-aspersor vertical de boquilla negro con gasto de 23 l/h con un diámetro de 3,2 mm Presión 1,5 bar</p>	
<p>HDPE (planzas) de diámetro 20 mm.</p>	



Anexo B

c.- Estudio hidráulico del Tramo N°2.

Velocidad						
$V = Q / [(\pi \cdot D^2) / 4] \text{ (f 1.1)}$				Datos recopilados		
V =	1,5	m/s	$\pi =$	3,142	D =	0,31 m
			Q =	0,111	m ³ /s	

Pérdidas regulares Hf (Tubería de Aspiración)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L \text{ (f 1.2)}$				Datos recopilados		
$H_{fA} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,24)^{-4,87} \cdot 20$				C =	120	D = 0,31 m
$H_{fA} = 9,11 \cdot (Q)^{1,85}$				L =	20	m

C_{ac} =120,según datos recopilados en manual de diseño de agua potable
(Catalogo técnico tuberías de pvc, industria PERFECO S.A.)

Pérdidas singulares Hs (Tubería de aspiración)						
$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)] \text{ (f 1.3)}$				Datos recopilados		
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,04	m ²
Codo 90°	2	0,6	1,2			m ³ /s
Codo 45°	1	0,35	0,35			g = 9,82 m/s ²
Reducción	1	0	0			
Válvula compuerta 100 % abierta	1	0,2	0,2			
			$\sum K$	1,75	m	

$H_s = 1,75 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$

Pérdidas regulares Hf (Tubería de impulsión)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L \text{ (f 1.2)}$				Datos recopilados		
$H_{fa} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,341)^{-4,87} \cdot 550$				C =	150	D = 0,341 m
$H_{fa} = 105,77 \cdot (Q)^{1,85}$				L =	550	m
$H_{fB} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,335)^{-4,87} \cdot 640$				C =	150	D = 0,335 m
$H_{fB} = 132,28 \cdot (Q)^{1,85}$				L =	640	m
$H_{fC} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,321)^{-4,87} \cdot 340$				C =	150	D = 0,321 m
$H_{fC} = 86,51 \cdot (Q)^{1,85}$				L =	340	m

C_{pvc} =150,según datos recopilados en manual de diseño de agua potable
(catalogo técnico tuberías de pvc,industria PERFECO S.A.)

- H_{fa}= PVC clase 10, Diámetro interior 0,341m
- H_{fB}= PVC clase 6, Diámetro interior 0,335 m
- H_{fC}= PVC clase 4, Diámetro interior 0,321m



Pérdidas singulares Hs (Tubería de impulsión)							
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] \quad (f. 1.3)$				Datos recopilados			
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,04	m ²	
Codo 90°	2	0,6	1,2		D =	0,226 m	
Codo 45°	23	0,35	8,05			g =	9,82 m/s ²
Reducción	1	0,2	0,2				
Válvula compuerta 100% abierta	1	0,2	0,2				
		∑K	9,65	m			
$H_s = 9,65 \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))]$							
Pérdidas regulares (Hf) tramo N° 2 (Aspiración + Impulsión) $H_A + H_{f_a} + H_{f_B} + H_{f_C}$				$333,67 \cdot (Q)^{1,85}$			
Pérdidas singulares (Hs) tramo N° 2 (Aspiración + Impulsión)				$363,52 \cdot (Q)^2$			

Balance de Energía				
$B1 + H_{Bomba1} + H_{Bomba1} = B2 + \text{Pérdidas}_{1-2}$				
B1, Bernoulli 1	$P_1/\rho + Z_1 + [V_1^2/(2 \cdot g)]$			
B2, Bernoulli 2	$P_2/\rho + Z_2 + V_2^2/(2 \cdot g)$			
Pérdidas₁₋₂	Hf + Hs			
Datos				
P₁ =	0	m	Nivel de referencia	
Z₁ =	0	m	Nivel de referencia	
V₁ =	0	m	Nivel de referencia	
P₂ =	0	m	Atmosfera	
Z₂ =	70	m	Altura	
V₂ =	1,2	m	Calculado (f. 1.1)	
D =	0,31	m	diámetros interior conducto	
A =	0,075	m ²	Área, con diámetro medio del conducto	
g =	9,8	m/s ²	Aceleración de gravedad	

$H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = Z_2 + V_2^2/(2 \cdot g) + \text{Pérdidas}_{1-2}$



Pérdidas₁₋₂	H_s =	$11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$	Calculado (f. 1.3)
	H_f =	$333,67 \cdot (Q)^{1,85}$	Calculado (f. 1.2)
Pérdidas₁₋₂ = $103,4 \cdot Q^2 + 333,67 \cdot Q^{1,85}$			

En función del flujo volumétrico (Q), el balance de energía del tramo, tanto como para bomba de pozo N°1 y N°2, queda expresado.

$$H_{\text{Bomba1}} + H_{\text{Bomba2}} = Z_2 + [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] + 11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)] + 333,67 \cdot (Q)^{1,85}$$

$$H_{\text{Bomba1}} + H_{\text{Bomba2}} = 70 + 11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)] + 333,67 \cdot (Q)^{1,85}$$

$$H_{\text{Bomba1}} + H_{\text{Bomba2}} = 70 + 103,40 \cdot Q^2 + 333,67 \cdot Q^{1,85} \quad \text{(f. 1.4)}$$

Donde:

H_{Bomba} = Función de curva característica del circuito

Z₂ = Altura (m)

Q = Flujo volumétrico (m³/s)

A = Área circuito (m²)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

ΣK = Sumatoria de coeficientes empíricos (adimensional)



Anexo C

c.- Estudio hidráulico del Tramo N°3.

Velocidad						
$V = Q / [(\pi \cdot D^2) / 4]$ (f. 1.1)				Datos recopilados		
V=	1,5	m/s	$\pi =$	3,142	D =	0,31 m
			Q=	0,111	m ³ /s	

Pérdidas regulares Hf (Tubería de Aspiración)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L$ (f. 1.2)				Datos recopilados		
$H_{fA} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,24)^{-4,87} \cdot 20$				C =	120	D = 0,31 m
$H_{fA} = 9,11 \cdot (Q)^{1,85}$						L = 20 m

$C_{ac} = 120$, según datos recopilados en manual de diseño de agua potable
(catálogo técnico tuberías de pvc, industria PERFECO S.A.)

Pérdidas singulares Hs (Tubería de aspiración)									
$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$ (f. 1.3)				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,04	m ²	D =	0,31	m
Codo 90°	2	0,6	1,2			m ³ /s	g =	9,82	m/s ²
Codo 45°	1	0,35	0,35						
Reducción	1	0,2	0,2						
Válvula compuerta 100 % abierta	1	0,2	0,2						
		$\sum K$	1,95	m					
$H_s = 1,95 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$									

Pérdidas regulares Hf (Tubería de impulsión)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L$ (f. 1.2)				Datos recopilados		
$H_{fa} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,341)^{-4,87} \cdot 305$				C =	150	D = 0,341 m
$H_{fa} = 58,65 \cdot (Q)^{1,85}$						L = 305 m
$H_{fb} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,335)^{-4,87} \cdot 80$				C =	150	D = 0,335 m
$H_{fb} = 17,79 \cdot (Q)^{1,85}$						L = 80 m
$H_{fc} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,321)^{-4,87} \cdot 55$				C =	150	D = 0,321 m
$H_{fc} = 14 \cdot (Q)^{1,85}$						L = 55 m



$C_{pvc} = 150$, según datos recopilados en manual de diseño de agua potable
(catálogo técnico tuberías de pvc, industria PERFECO S.A.)

$H_{fA} =$ PVC clase 10, Diámetro interior 0,341m

$H_{fB} =$ PVC clase 6, Diámetro interior 0,335 m

$H_{fC} =$ PVC clase 4, Diámetro interior 0,321m

Pérdidas singulares H_s (Tubería de impulsión)									
$H_s = \sum K \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$ (f. 1.3)				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,04	m ²	D =	0,23	m
Codo 90°	2	0,6	1,2				g =	9,82	m/s ²
Codo 45°	23	0,35	8,05						
Reducción	1	0,2	0,2						
Válvula compuerta 100% abierta	1	0,2	0,2						
		$\sum K$	9,45	m					
$H_s = 9,65 \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))]$									
Pérdidas regulares (H_f) tramo N° 2 (Aspiración + Impulsión) $H_{fA} + H_{fa} + H_{fb} + H_{fc}$							$99,55 \cdot (Q)^{1,85}$		
Pérdidas singulares (H_s) tramo N° 2 (Aspiración + Impulsión)							$363,52 \cdot (Q)^2$		
Balance de Energía									
$B1 + H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = B2 + \text{Pérdidas}_{1-2}$									
B1, Bernoulli 1			$P_1/\rho + Z_1 + [V_1^2 / (2 \cdot g)]$						
B2, Bernoulli 2			$P_2/\rho + Z_2 + V_2^2 / (2 \cdot g)$						
Perdidas ₁₋₂			$H_f + H_s$						
Datos									
$P_1 =$	0	m	Nivel de referencia						
$Z_1 =$	0	m	Nivel de referencia						
$V_1 =$	0	m	Nivel de referencia						
$P_2 =$	0	m	Atmosfera						
$D =$	0,31	m	diámetros interior conducto						
$A =$	0,075	m ²	Área, con diámetro del conducto						
$Z_2 =$	83	m	Altura						
$V_2 =$	1,5	m	Calculado (f. 1.1)						
$g =$	9,8	m/s ²	Aceleración de gravedad						

$$H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = Z_2 + V_2^2 / (2 \cdot g) + \text{Pérdidas}_{1-2}$$



Pérdidas₁₋₂	H_s =	$11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)]$	Calculado (f. 1.3)
	H_f =	$99,55 \cdot (Q)^{1,85}$	Calculado (f. 1.2)
Pérdidas₁₋₂ = $103,4 \cdot Q^2 + 99,55 \cdot Q^{1,85}$			

En función del flujo volumétrico (Q), el balance de energía del tramo, tanto como para bomba de pozo N°1 y N°2, queda expresado.

$$H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = Z_2 + [Q^2 / (A^2 \cdot 2 \cdot g)] + 11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)] + 99,55 \cdot (Q)^{1,85}$$

$$H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = 83 + 11,4 \cdot [Q^2 / (A^2 \cdot 2g)] + 99,55 \cdot (Q)^{1,85}$$

$$H_{Bomba1} + H_{Bomba2} = 83 + 103,40 \cdot Q^2 + 99,55 \cdot Q^{1,85} \text{ (f. 1.4)}$$

Donde:

- H_{Bomba}** = Función de curva característica del circuito
- Z₂** = Altura (m)
- Q** = Flujo volumétrico (m³/s)
- A** = Área circuito (m²)
- g** = Aceleración de la gravedad (m/s²)
- ΣK** = Sumatoria de coeficientes empíricos (adimensional).



Anexo D

c.- Estudio hidráulico Tramo de distribución agua hacia las plantas.

Cálculo Velocidad						
$V = Q / A \cdot N^{\circ} \text{Aspersores} \quad (f 1.1)$			Datos recopilados			
V =	0,0054	m/s	$\pi =$	3,142	A =	0,00236 m ²
			Q =	1E-05	m ³ /s	D = 0,003 m
			N° Asp	1		

Pérdidas regulares (Tubería de Succión)						
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L \quad (f 1.2)$			Datos recopilados			
$H_f = 10,668 \cdot (120)^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot (0,250)^{-4,87} \cdot 20$			C =	120	D =	0,25 m
Hf =	26,0	*Q ^{1,85}			L =	20 m

$C_{ac} = 120$, según datos recopilados en manual de diseño de agua potable (anexo 3)

Pérdidas Singulares (Tubería de Succión)						
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] \quad (f 1.3)$				Datos recopilados		
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,04 m ²	D = 0,226 m
Codo 90°	2	0,6	1,2	Q =	0,111 m ³ /s	g = 9,82 m/s ²
Válvula pie	1	0,35	0,35			
Reducción	1	0,2	0,2			
Válvula compuerta	1	0,25	0,25			
		$\sum K$	2	m		

$H_s = 2 \cdot [(Q^2 / ((0,04)^2 \cdot 2 \cdot 9,82))]$		
HS	63,35	Q ²

Perdida tubería de Succión	89,33	Q ²
----------------------------	-------	----------------



Pérdidas regulares (Tubería de impulsión)								
$H_f = (10,668 \cdot C^{-1,85} \cdot Q^{1,85} \cdot D^{-4,87}) \cdot L \quad (f 1.2)$				Datos recopilados				
$H_{fa} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot (Q)^{1,85} \cdot (0,118)^{-4,87} \cdot 84$				C=	150	D=	0,12	m
HfA=	5125,9	*Q ^{1,85}				L=	154	m
$H_{fb} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,656(Q)^{1,85} \cdot (0,12)^{-4,87} \cdot 100$				C=	150	D=	0,12	m
HB=	2011,9	*Q ^{1,85}				L=	100	m
$H_{fc1} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,344(Q)^{1,85} \cdot (0,12)^{-4,87} \cdot 100$				C=	150	D=	0,12	m
HC=	1055,0	*Q ^{1,85}				L=	100	m
$H_{fc2} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,310(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	1534,6	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{fc3} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,28(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	1386,1	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{f4} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,25(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	1237,6	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{fc5} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,22(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,04	m
Hb=	9949,5	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{fc6} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,19(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	940,5	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{fc7} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,16(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	792,0	*Q ^{1,85}				L=	7	m
$H_{fc8} = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,12(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$				C=	150	D=	0,06	m
HC=	594,0	*Q ^{1,85}				L=	7	m



$Hfc9 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,09(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$			C=	150	D=	0,06	m
HC=	445,5	$*Q^{1,85}$			L=	7	m
$Hfc10 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,05(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$			C=	150	D=	0,06	m
HC=	247,5	$*Q^{1,85}$			L=	7	m
$Hfc11 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,046(Q)^{1,85} \cdot (0,06)^{-4,87} \cdot 7$			C=	150	D=	0,06	m
HC=	227,7	$*Q^{1,85}$			L=	7	m
$Hfd1 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,016(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	10580,0	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd2 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,015(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	9918,8	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd3 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,013(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	8596,3	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd4 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,012(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	7935,0	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd5 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,011(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	7273,8	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd6 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,010(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	6612,5	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd7 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,009(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	5951,3	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd8 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,008(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	5290,0	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m
$Hfd9 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,007(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$			C=	150	D=	0,02	m
HfD=	4628,8	$*Q^{1,85}$			L=	3,5	m



$HfD10 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,006(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$				C=	150	D=	0,02	m
HfD=	3967,5	*Q ^{1,85}				L=	3,5	m
$HfD11 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,004(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$				C=	150	D=	0,02	m
HfD=	2645,0	*Q ^{1,85}				L=	3,5	m
$HfD12 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,003(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$				C=	150	D=	0,02	m
HfD=	1983,8	*Q ^{1,85}				L=	3,5	m
$HfD13 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,002(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$				C=	150	D=	0,02	m
HfD=	1322,5	*Q ^{1,85}				L=	3,5	m
$HfD14 = 10,668 \cdot (150)^{-1,85} \cdot 0,001(Q)^{1,85} \cdot (0,02)^{-4,87} \cdot 3,5$				C=	150	D=	0,02	m
HfD=	661,3	*Q ^{1,85}				L=	3,5	m

C_{pvc} =150, según datos recopilados en manual de diseño de agua potable (anexo 3)

Hf_A = PVC clase 6, Diámetro interior 0,117m

Hf_b = PVC clase 4, Diámetro interior 0,12m

Hf_c = PVC clase 3, Diámetro interior 0,063m

Hf_d = PE-40 PN-6, Diámetro interior 0,020m

TOTAL H f = Hfa+Hfb+Hfc+ Hfd	102914,2	*Q^{1,85}
-------------------------------------	-----------------	--------------------------

Pérdidas singulares (Tubería de impulsión) A									
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] (f 1.3)$				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,0107	m ²	D=	0,117	m
Codo 90°	3	0,9	2,7				g=	9,82	m/s ²
TE	1	0,9	0,9						
Válvula Compuerta	1	0,2	0,2						
Válvula Retención	1	0,25	0,25						
		∑K	4,05	m					

$$H_s = 4,05 \cdot [(Q^2 / ((0,0123)^2 \cdot 2 \cdot 9,82))]$$

$$H_s = 1785,8 Q^2$$



Pérdidas singulares (Tubería de impulsión)B									
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] (f 1.3)$				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,0123	m ²	D=	0,125	m
Codo 90°	0	0,9	0				g=	9,82	m/s ²
TE	1	0,9	0,9						
Válvula Compuerta	1	0,2	0,2						
Válvula Retención	0	0,25	0						
		$\sum K$	1,1	m					

$$H_s = 1,1 * [(0,656Q^2 / ((0,0123)^2 * 2 * 9,82))]$$

HS=	244,2	Q ²
-----	-------	----------------

Pérdidas singulares (Tubería de impulsión)B									
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] (f 1.3)$				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,0123	m ²	D=	0,125	m
Codo 90°	1	0,9	0,9	Q=	0,006	m ³ /s	g=	9,82	m/s ²
TE	0	0,9	0						
Válvula Compuerta	1	0,2	0,2						
Válvula Retención	0	0,25	0						
		$\sum K$	1,1	m					

$$H_s = 5,85 * [(0,344Q^2 / ((0,0123)^2 * 2 * 9,82))]$$

HS=	128,1	Q ²
-----	-------	----------------

Pérdidas singulares (Tubería de impulsión)									
$H_s = \sum K \cdot [(Q^2 / (A^2 \cdot 2g))] (f 1.3)$				Datos recopilados					
Descripción	Cant.	K	Total	A =	0,0123	m ²	D=	0,125	m
Codo 90°	0	0,9	0	Q=	0,006	m ³ /s	g=	9,82	m/s ²
TE	11	0,9	9,9						
Válvula Compuerta	0	0,2	0						
Válvula Retención	0	0,25	0						
		$\sum K$	9,9	m					

$$H_s = 9,9 * [(0,344Q^2 / ((0,0123)^2 * 2 * 9,82))]$$

$$HS= 1152,6 Q^2$$

$$TOTAL H = 3310,7 * Q^2$$

Pérdidas tubería de succión Hf+ Hs	26,0	Q ^{1,85} +	63,3	Q ²
Pérdidas tubería de impulsión Hf _a +Hf _b +Hf _c +Hf _d + Hs	1,03E+05	Q ^{1,85} +	3310,7	Q ²
Pérdidas en tramo (Aspiración + impulsión)	1,03E+05	Q ^{1,85} +	3374,0	Q ²



Balance de Energía			
B1, Bernoulli 1		$P_1/\rho + Z_1 + [V_1^2/(2 \cdot g)]$	
B2, Bernoulli 2		$P_2/\rho + Z_2 + V_2^2/(2 \cdot g)]$	
Pérdidas		Hf + Hs	
Datos			
P₁ =	0	m	Nivel de referencia
Z₁ =	0	m	Nivel de referencia
V₁ =	0	m	Nivel de referencia
P₂ =	0	m	Nivel de referencia
D =	0,31	m	Valor medio de diámetro del circuito
A =	0,075	m ²	Área, con diámetro medio del circuito
Z₂ =	33	m	Altura
V₂ =	0,0054	m	Calculado (f. 1.1)
g =	9,8	m/s ²	Aceleración de gravedad

$$\text{Pérdidas} = 1,0E+05 Q^{1,85} + 3374,0 Q^2$$

$$V_2^2/(2 \cdot g) = 0,00014 \text{ m}$$

$$Z_2 = 33\text{m}$$

$$H = Z_2 + V_2^2/(2 \cdot g) + \text{Pérdidas}$$

$$H = 33 + 0,00014 + 1E*10^5 * Q^{1,85} + 3374 * Q^2$$



Anexo E

3.3 Estudio sistema de alimentación eléctrica.

Transformador N° 1

Mediciones en terreno de bombas de pozo				
Equipos	Potencias (P) kW	corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Bomba de pozo N° 1	74,6	148	0.85	87,76
Bomba de pozo N° 2	72,2	123	0.85	84,94
∑ Potencias	146,8			172,7
Potencia Transformador N° 1 (S _T)		Potencia utilizada (S _U)		
250 kVA		172,7 kVA		

Transformador N° 2

Mediciones en terreno de bombas impulsoras y circuitos de Tranque N°1				
Equipos	Potencias (P) kW	corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Bomba impulsora N° 1, línea N°1	74,6	137	0,85	87,76
Bomba impulsora N° 2, línea N°1	74,5	132	0,85	87,64
*Bomba impulsora N° 1, línea N°2	75	128	0,85	88,23
*Bomba impulsora N° 1, línea N°1	74	136	0,85	87,05
Iluminación y enchufes	0.4	1.8	0,9	0,44
∑ Potencias	298,5			351,19

*Dato referencial de acuerdo a registro histórico, línea N° 2 se encuentra con rotura de matriz

Potencia Transformador N° 2 (S _T)	Potencia utilizada (S _U)
400 kVA	351,19 kVA



Transformador N° 3

Mediciones en terreno de bombas impulsoras y circuitos de Tranque N°2				
Equipos	Potencias (P) kW	corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Bomba impulsora N° 1, línea N°1	74,6	137	0,85	87,76
Bomba impulsora N° 2, línea N°1	74,5	132	0,85	87,64
*Bomba impulsora N° 1, línea N°2	75	128	0,85	88,23
*Bomba impulsora N° 1, línea N°1	74	136	0,85	87,05
Bomba de inyección de ácido sulfúrico	1,49	3	0,8	1,86
Bomba inyección de fertilizante	2,2	4,8	0,8	2,75
Iluminación y enchufes	0.4	1.8	0,9	0,44
∑ Potencias	302,19			355,76

*Dato referencial de acuerdo a registro histórico, línea N° 2 se encuentra con rotura de matriz y mantención.

Potencia Transformador N° 3 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)
400 kVA	355,75 kVA

Transformador N° 4

Mediciones en terreno de bombas impulsoras y circuitos de Tranque N°3				
Equipos	Potencia (P) kW	corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Bomba de Impulsión a sector 1	55	101	0,85	64,7
Circuito de Filtros	32	41,8	0,83	38,55
Inyección fertilizante	0,75	4,5	0,8	0,93
Bomba de inyección de ácido sulfúrico	1,49	3	0,8	1,86
Iluminación y enchufes	0.4	1.8	0,9	0,44
∑ Potencias	89,64			106,5
Potencia Transformador N° 4 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
150 kVA	106,5 kVA			



Transformador N° 5

Mediciones en terreno de circuitos de caseta principal				
Equipos	Potencia (P) kW	corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Equipo de monitoreo y control de riego	2	20	0,87	2,29
Alimentación electroválvulas de sectores A, B y C (169 Válvulas)	11,19	22,5	0,9	12,43
Bomba trasvasije fertilizantes	1,1	6,8	0,83	1,32
Iluminación y enchufes	2,2	12,6	0,9	2,44
Σ Potencias	16,49			18,5
Potencia Transformador N° 5 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
75 kVA	18,5 kVA			

Transformador N° 6

Mediciones en terreno de circuitos de Oficina Infiernillo				
Equipos	Potencia eléctrica (P) kW	consumo de corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Alimentación electroválvulas de sectores D y E (79 Válvulas)	8,2	15	0,9	9,11
Iluminación y enchufes	0,8	3,6	0,9	0,88
Σ Potencias	9			10
Potencia Transformador N° 6 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
75 kVA	10 kVA			



Transformador N° 7

Mediciones en terreno de circuitos de Oficina Águila				
Equipos	Potencia eléctrica (P) kW	consumo de corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Alimentación electroválvulas de sectores F y G (109 Válvulas)	9	18,3	0,9	10
Iluminación y enchufes	0,8	3,6	0,9	0,88
∑ Potencias	9,8			10,88
Potencia Transformador N° 7 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
45 kVA	10,88 kVA			

Transformador N° 8

Mediciones en terreno de circuitos de Oficina central				
Equipos	Potencias eléctrica (P) kW	consumo de corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Alimentación electroválvulas de sectores H e I (74 Válvulas)	7,9	14	0,9	8,77
Iluminación y enchufes	0,8	3,6	0,9	0,88
∑ Potencias	8,7			9,66
Potencia Transformador N° 8 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
45 kVA	9,66 kVA			

Transformador N° 9

Mediciones en terreno de circuitos de Oficina Cabrería				
Equipos	Potencia eléctrica (P) kW	consumo de corriente (A)	cos φ	Potencia aparente (S _U) kVA (f. 3.1)
Alimentación electroválvulas de sectores J y K (53 Válvulas)	7,5	12,8	0,9	8,33
Iluminación y enchufes	0,8	3,6	0,9	0,88
∑ Potencias	8,3			9,2
Potencia Transformador N° 9 (S_T)	Potencia utilizada (S_U)			
45 kVA	9,2 kVA			