



Introducción a la Planificación de un Sistema de Riego para Viveros Forestales

Por: Rainer STOLZ

Misión Forestal Alemana

Documento de Trabajo No. 6

San Ramón. Enero de 1981.

C O N T E N I D O

1.	INTRODUCCION	Pág.	1
2.	PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERARSE	"	2
2.1.	Obtención del Agua	"	2
2.2.	Calidad del Agua	"	3
2.3.	Cantidad de Agua Requerida	"	4
2.4.	Conducción del Agua	"	5
2.4.1.	Conducción del Agua por Gravedad	"	6
2.4.2.	Conducción del Agua por Bombeo	"	6
2.5.	Sistema de Aspersión y la Presión Requerida	"	7
3.	PLANIFICACION PRACTICA DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL VIVERO DE SAN RAMON	"	9
3.1.	Requerimiento de Agua	"	9
	Datos Climatológicos de San Ramón	"	10
3.2.	Capacidad del Reservoirio de Distribución	"	11
3.3.	Sistema de Aspersión		11
3.4.	Conducción del Agua al Reservoirio de Distribución.	"	15
Anexo 1.	Determinación de la Pérdida de Presión por Fricción en Tubos Metálicos de Agua		
Anexo 2.	Croquis del Sistema de Riego		

1. INTRODUCCION

En la selección de la ubicación de un vivero forestal, aparte de la accesibilidad, el tamaño, la topografía, el drenaje y el riesgo de inundación, un factor de suma importancia que tiene que ser tomado en cuenta, es el agua para riego. Para la planificación del sistema, es absolutamente necesario conocer los principios hidráulicos, así que, en la mayoría de los casos, los profesionales forestales, requieren con urgencia, el asesoramiento de hidráulicos.

Este informe no puede sustituir este asesoramiento profesional, sino que trata de dar una primera introducción a la problemática.

Después de explicar en forma teórica, los principales factores a considerarse en la planificación, se demuestra en el Capítulo 3, un ejemplo práctico de los cálculos a realizarse.

- Fuentes de agua,
- Lagunas,
- Reservorios artificiales.

Siendo la fuente de agua, en los 4 sitios escogidos para los viveros forestales de las Sub-Sedes del Proyecto Reforestación en Selva Central, corrientes de agua, de aquí en adelante se excluyen las otras posibilidades.

Antes de comenzar con la instalación del sistema, es de suma importancia chequear el flujo continuo en las corrientes de agua escogidas, especialmente en los meses más secos del año, los que a la vez son los meses de mayor consumo, para evitar cualquier deficiencia y consecuentemente perjuicios. Una posibilidad son encuestas a varios vecinos antiguos, pero mucho mejor sería la obtención de datos fidedignos de la Autoridad de Aguas, o llevar adelante mediciones propias durante la estación seca. El flujo de agua que se mide en Lts./seg., en todo caso debe exceder las necesidades.

Otro requisito indispensable, es la observación de antiguos derechos sobre el uso del agua de la corriente, y la obtención de la autorización oficial de la Dirección de Aguas.

La captación del agua se hará de un pozo natural o artificial, excavado y reforzado dentro del lecho del riachuelo, o en la orilla del mismo. Otra posibilidad, es la construcción de un tipo de dique, atravesando el lecho en forma levemente diagonal, en una parte poco inclinada de la corriente de agua.

2.2. Calidad del Agua

Es esencial que el agua tenga un pH menor de 7, es decir de usar agua de reacción ácida, con baja concentración de carbonatos de calcio, magnesio y potasio, de cloruro de sodio y potasio y de sulfatos y fosfatos de calcio, para evitar una intoxicación de las plantas o una salinización del sustrato. Se aconseja un análisis químico de muestras recolectadas en la estación seca y húmeda, en caso que

exista la menor duda sobre la calidad del agua.

Valores óptimos de análisis del agua :

p H		5 - 7
Dureza (carbonatos)		8 - 12 ^o d
Conductibilidad (contenido de sales, cloro, sodio)	hasta	500 u s
Cloro	"	50 mg/l
Sulfatos	"	200 mg/l
Nitrato - Nitrógeno	"	5 mg/l
Amoníaco - Nitrógeno	"	2 mg/l
Hierro	"	5 mg/l
Sodio	"	5 mg/l
Potasio	"	10 mg/l
Calcio	"	50 mg/l
Magnesio	"	25 mg/l

Agua potable para el hombre, salvo en caso de clorificación, presumiblemente debe ser apta para fines forestales.

2.3 Cantidad de Agua Requerida

El requerimiento de agua depende de los siguientes factores:

- El estado de la vegetación,
- El contenido de humedad del aire,
- El sustrato,
- La superficie de la planta expuesta a la evapotranspiración,
- La irradiación (nubosidad) y el viento y su velocidad,
- Influencias artificiales, como sombra, etc.

Siendo la determinación y medición de estos factores bastante dificultosa, se utiliza como sustituto la evapotranspiración potencial, restando la precipitación y el efecto de la sombra artificial. El problema reside en las variaciones del clima alrededor del promedio, así que es aconsejable determinar los requerimientos de agua, con un cierto margen de seguridad.

Estos requerimientos, por unidad de superficie, se multiplica por el área neta a regarse, es decir, descontando los caminos principales, las edificaciones y el área central de trabajo con su galpón, y aumentando la cantidad del agua para otros usos como p.ej. doméstico etc.

2.4 Conducción del Agua

De ninguna manera se debería canalizar el agua directamente al sistema de riego, sino a uno o dos reservorios situados a un nivel elevado, para que de esta manera, se consiga la limpieza del agua de impurezas y sedimentos, y se asegure un aprovisionamiento continuo, inclusive durante trabajos de mantenimiento.

Se distingue dos tipos de reservorios, ambos contruidos de concreto reforzado, de forma rectangular o circular:

- + De captación y sedimentación,
- + De distribución.

El primero consiste de dos compartimientos, unidos por un tubo en su parte superior. Cada una de las cámaras debe tener un volúmen interior de por lo menos 5 m^3 , previéndose un escape de $20 \times 20 \text{ cm}$, con tapa en las partes inferiores, para las limpiezas necesarias. La conducción del agua desde el pozo o dique de embalse, se hará mediante un canal de concreto, con un corte transversal de 30 cm de ancho y 30 cm de alto, con un declive de $0.2 - 0.3\%$, el cual entra a la parte superior de la primera cámara del reservorio de captación.

El reservorio de distribución, debería tener una capacidad interior de 2 a 3 consumos diarios, por razones de seguridad.

Para la conducción del agua, se distingue los siguientes Tipos de tubos:

- + Tubos plásticos de desagüe, para partes del sistema con presión baja, es decir, para la canalización del agua entre los reservorios.
- + Tubos plásticos de agua, para partes del sistema con presión alta, es decir, para la distribución del agua.
- + Tubos galvanizados para cualquier parte del sistema.
- + Mangueras, solamente para el sistema mismo de aspersión.

Todos los tubos deben ser instalados bajo suelo, a una

profundidad de por lo menos 50 cm.

En el sistema de distribución, se distingue el tubo principal entre el reservorio y la parte alta del vivero, y los tubos laterales, preferiblemente a lo largo de los caminos. Los últimos, llevarán válvulas a las distancias establecidas, según las especificaciones del equipo de aspersión.

Cuando el agua recorre un tubo, se produce una fricción o resistencia, la cual resulta en una pérdida de presión. La fricción está influenciada por tres factores:

- + El material del tubo,
- + El diámetro del tubo,
- + La velocidad del agua.

La pérdida disminuye en tubos plásticos, con mayores diámetros y menor velocidad del agua. En el Anexo 1 se adjunta la tabla "Determinación de la Pérdida de Presión por Fricción en Tubos Metálicos de Agua", la cual igualmente puede ser utilizada en el caso de tubos plásticos.

2.4.1 Conducción del Agua por Gravedad:

Este sistema no necesita ninguna aplicación de una fuerza o energía ajena al sistema. Como ya se ha dicho anteriormente, normalmente es más económico en instalación y manejo, y menos afectado por fallas técnicas.

2.4.2 Conducción del Agua por Bombeo:

Las bombas comunmente ofrecidas en el mercado, se pueden clasificar por su funcionamiento en:

- + Bombas hidráulicas,
- + Bombas recíprocas,
- + Bombas centrifugales,

Y por el agente energético usado en:

- + Bombas eléctricas,
- + Bombas petroleras,
- + Bombas gasolineras,
- + Bombas hidráulicas.

El rendimiento de una bomba se calcula, como producto del peso del agua por la elevación en metros. El desnivel de aspiración, es decir, entre el nivel más bajo de captación del agua y la bomba, varía entre 5 y 8.5 m. según tipo de la bomba. El desnivel entre la bomba y el tanque de distribución, varía según la fuerza de la bomba, tomando en cuenta la fricción o resistencia. Además se debe observar, que máquinas de fuerza reducida, trabajan solamente al 60% de su capacidad teórica. Cualquier vendedor especializado, informa sobre la capacidad requerida, en base a la cantidad de agua a bombearse y el desnivel. Para prevenir fallas técnicas, de consecuencias desastrosas para el riego, debería estar a disposición, una bomba de reserva.

2.5 Sistema de Aspersión y la Presión Requerida

Básicamente existen 4 distintos sistemas de aspersión:

- + Aspersores de jardín,
- + Aspersores hidráulicos en forma de fusil,
- + Líneas instaladas en forma fija con varias filas de boquillas,
- + Líneas instaladas en forma fija con una fila de boquillas en rotación.

Las primeras dos formas se adecúan mejor a las necesidades en un vivero forestal.

Además se distingue entre aspersores que cubren áreas rectangulares y circulares. Con el primero, se evita cruzamientos en el riego y el correspondiente problema de asfixia de las plantas. Pero, la distribución pareja del agua puede ser influenciada fuertemente por el viento. La inversión normalmente es superior, pero el sistema ofrece alta seguridad técnica, y mínima necesidad de mantenimiento. El grado de aprovechamiento del agua, se estima entre 25 y 35%.

El sistema circular o giratorio, riega una superficie circular. Para disminuir el efecto de cruzamientos, se utiliza un riego por recorte, lo que reduce el porcentaje de superposición del 35% al 10%. Es el sistema de riego más eco-

nómico, pero el grado de aprovechamiento del agua, llega solamente del 20 al 30%.

Como se nota, cada sistema tiene sus ventajas y desventajas, lo que demuestra que es una necesidad absoluta, el asesoramiento de una firma especializada en la selección del sistema más adecuado, para una situación específica. En el cap. 3, se dará a conocer los detalles técnicos de dos modelos de aspersores. Cada sistema tiene otras especificaciones, referente a forma de área regada (circular o rectangular), presión requerida, caudal en m^3 /hora, diámetro del área cubierta, precipitación en mm/hora, etc.

La presión de agua al punto de distribución, se mide en atmósferas o bar, equivaliendo:

$$1 \text{ bar} = 10.19716 \text{ m de columna de agua} = 1.019716 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} = 980.7 \text{ mbar} = 0.9807 \text{ bar} = 10 \text{ m de columna de agua.}$$

3. PLANIFICACION PRACTICA DEL SISTEMA DE RIEGO PARA
EL VIVERO DE SAN RAMON

(Véase Anexo 2)

NOTA: Los cálculos se harán para el vivero, trabajando a plena capacidad, para evitar futuros reajustes o alteraciones costosas.

3.1 Requerimiento de Agua

+ Area total del vivero: 1.8 ha =	18.000 m ²
- caminos (largo total: 560 m ancho: 5 m) Área 5 x 560 m =	- 2.800 m ²
- Área central de trabajo (largo: 40 m ancho: 20 m) Área 40 x 20 m =	- 800 m ²
- Área de casas: oficina, bodega, guardianía (largo: 20 m ancho: 20 m) Área 20 x 20 m =	- 400 m ²
	<hr/>
+ Area útil del vivero =	14.000 m ²

+ Evapotranspiración potencial (Etp) es la cantidad de agua que sería evaporada directamente del suelo y otras superficies, y la transpirada por la vegetación natural madura en un estado estable o clímax, que se encuentra sobre un suelo zonal de buenas características y con un contenido óptimo de humedad.

Método de cálculo:

Bio-temperatura media mensual x 5.00, 4.84 ó 4.56 según tenga el mes 31, 30 ó 28 días (véase Cuadro No. 1).

Datos climatológicos de San Ramón

(Cuadro No. 1)

M E S E S :	E	F	M	A	M	J	J	Á	S	O	N	D	Prom.
Temp. °C.	:22.9	22.6	22.4	22.4	21.9	21.2	21.1	22.1	22.8	23.2	23.3	23.1	22.4
Etp (mm)	:115	103	112	108	110	103	106	111	110	116	113	116	1323
Precipitación (mm)	:266	244	252	198	121	63	77	66	144	183	129	225	1968
Saldo (mm)	:151+	141+	140+	90+	11+	40-	29-	45-	34+	67+	16+	109+	645+
Saldo negativo diario (mm)								1.3-	0.9-	1.5-			

Fuente : ONERN, Mapa Ecológico del Perú - Guía Explicativa, Lima, 1976.-

+ Interpretación : la máxima deficiencia alcanzada es en el mes de Agosto, con 1.5 mm por día. El problema reside en las variaciones del clima, así que, para mayor seguridad y para prevenir el efecto de períodos muy secos (había meses con una precipitación de menos de 10 mm.), se salió de la evapotranspiración máxima diaria.

Etp diaria máx. = Etp Oct. : Días calendarios

4 mm. ó 3,74 mm = 116 mm : 31

+ Desconociendo la influencia de la sombra artificial sobre la evapotranspiración (el efecto es negativo) y el futuro consumo para otros fines (agua para casas, etc.) se presumió un equilibrio entre estos dos factores.

+ Requerimiento de agua por día para regar el área útil del vivero (R) :

$$\begin{aligned} R &= \text{área útil} && \times && \text{Etp diaria máx.} \\ &= 14.000 \text{ m}^2 && \times && 4 \text{ mm} \\ &= 1.400.000 \text{ dm}^2 && \times && 0.04 \text{ dm} \\ &= 56.000 \text{ dm}^3 && = && 56.000 \text{ lts.} = 56 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

3.2 Capacidad del Reservorio de Distribución

+ La capacidad mínima debe ser de dos consumos diarios. Por las implicaciones económicas, se disminuyó la misma con las siguientes medidas transitorias :

- En una primera fase se utilizará solamente la mitad del terreno total.

- Se prevé dos períodos de riego por día :
de 8.00 a 10.00 horas A.M.
de 3.00 a 5.00 horas P.M.

+ Capacidad (C) :

$$\begin{aligned} C &= \text{consumo diario} \times 2 \text{ (seguridad!)} : 2 \text{ (mitad del terreno!)} : 2 \text{ (dos períodos diarios)} \\ &= 56 \text{ m}^2 \times 2 : 2 : 2 = 28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

+ Posibles medidas interiores del reservorio :

alto : 2 m., largo : 4 m., ancho : 3.5 m. (rectangular)
alto : 2 m., radio : 2.11 m. (circular)

3.3 Sistema de Aspersión

Nota : El sistema de aspersión no ha sido determinado todavía en forma definitiva. Se tendrá que hacer uso del asesoramiento de una firma especializada. Pero, en un primer contacto, se aconsejó instalar el sistema, previendo una presión del agua de 2.5 atm en la entrada a los aspersores.

+ Distribución del agua en el vivero : Del tanque de distribución, por un tubo de agua principal, hasta la parte alta del vivero. Del tubo de agua principal, tubos de agua laterales de menor diámetro, a lo largo de los dos caminos laterales del vivero. Todos los tubos tienen que ser enterrados a 50 cms. de profundidad. Cada 17 mts. se instalarán llaves de agua.

+ Equipo necesario entre tubería principal y válvulas de distribución :

- Tubos PVC de 5 m. x 2", clase 7.5,
- Piezas "Tee" de fierro galvanizado de 2",
- Codos de fierro galvanizado de 2" x 90',
- Uniones-presión con rosca de 2",
- Niples galvanizados de 2" x 40 cms.,
- Válvulas tipo compuerta de bronce de 2",
- Niples galvanizados de 2" x 2",
- Acoples de bronce de 2",
- Abrazaderas galvanizadas de 2".

+ Posibles aspersores a utilizarse (Datos técnicos)

- Modelo "Swingfan" TV 2000

<u>Boquilla Posición A</u>			<u>Boquilla Posición B</u>		
<u>atm</u>	<u>m³/hora</u>	<u>área(m) y m²</u>	<u>m³/hora</u>	<u>área(m) y m²</u>	
0.5	0.5	6 x 5 = 30	0.35	8 x 5 = 40	
1.0	0.68	10 x 8 = 80	0.5	13 x 6 = 78	
1.5	0.83	13 x 10 = 130	0.6	16 x 8 = 128	
2.0	0.94	15 x 12 = 180	0.69	18 x 9 = 162	
2.5	1.05	17 x 13 = 221	0.78	20 x 9 = 180	
3.0	1.14	19 x 13 = 247	0.86	21 x 10 = 210	

Ventajas : + riega un área rectangular, lo que evita doble riego !

+ requiere menos presión de agua.

- Modelo 233/91 "SAROL" (de dos boquillas, área circular)

atm	m ³ /hora	∅ mts.	<u>Precipitación en mm/h</u>			
			<u>Distancia en mts.</u>			
			6 x 12	12 x 12	12 x 15	12 x 18
2.5	1.31	28	18.3	9.0	7.3	-
3.0	1.42	29	19.9	9.8	7.9	6.5
3.5	1.53	30	21.4	10.6	8.6	7.0
4.0	1.63	31	22.8	11.2	9.1	7.5
4.5	1.72	31	24.1	11.9	9.6	7.9
5.0	1.80	31	25.2	12.4	10.1	8.3

+ Equipo necesario previsto, entre válvulas y aspersores (a determinarse todavía).

Nota : se prevé 3 aspersores en línea, unidos con manguera.

- Piezas "Tee" de PVC de 1" (25 mm) con rosca interna,
- Codos de PVC de 1" x 90' con rosca interna,
- Acoples de bronce de 1",
- Abrazaderas galvanizadas de 1",
- Reductores galvanizados "Bushing" de 1" x 3/4",
- Elevadores de aluminio de 3/4" x 0.40 m.,
- Manguera de 1".

+ Cálculos de distribución de agua :

- La capacidad total del reservorio de distribución, tiene que ser regada en 2 horas (t').

$$\begin{aligned} \text{Caudal a distribuir} &= \frac{C}{t' \times \text{seg/hora}} \\ &= \frac{28.000 \text{ lts.}}{2 \times 3.600 \text{ seg.}} = 3,9 \text{ lts./seg.} \end{aligned}$$

- Presión seleccionada del agua : 2.5 atm.

- Rendimiento del aspersor "Swingfan" (con Boquilla posición A): caudal: 1.05 m³/hora
 distancia: 13 x 17 mts.
 área: 221 m²

$$\begin{aligned} \text{No. de aspersores requeridos} &= \frac{C}{\text{caudal} \times t'} \\ &= \frac{28 \text{ m}^3}{1.05 \times 2 \text{ Hrs.}} \\ &= 13.33 \text{ ó } 14 \end{aligned}$$

Tiempo necesario (t") para regar la cantidad R:

$$t'' = \frac{R \times \text{área}}{\text{caudal}}$$
$$= \frac{0.04 \text{ dm} \times 22.100 \text{ dm}^2 \times \text{hora}}{1.050 \text{ dm}^3} = 0.84$$

= 50 min.

Es decir, cada 50 minutos tiene que ser cambiada la posición de cada aspersor.

Area irrigable en 2 períodos de 2 horas (A) :

$$A = \text{No. de aspersores} \times \text{área} \times \frac{4 \text{ horas}}{\text{tiempo en cada posición}}$$

$$= 14 \times 221 \text{ m}^2 \times \frac{240 \text{ min}}{50 \text{ min}} = 14.850 \text{ m}^2.$$

= área útil del vivero.

+ Pérdidas de presión / diámetros de tubos seleccionados

Anexo 1

- Reservoirio - final del tubo principal

distancia : 180 mts.

caudal : 3.9 lts./seg.

diámetro del tubo seleccionado : 80 mm.

fricción : 0.9 mbar/m.

fricción total : 0.9 mbar/m. x 180 mts. = 162 mbar

fricción total en atm $= \frac{162 \text{ mbar} \times 10.19716 \text{ m}}{1000 \text{ mbar}} = 1.65 \text{ m}.$

Es decir, que el desnivel entre el piso del reservoirio de distribución y el final del tubo principal, tiene que ser :

2.5 atm = 25.00 m.

fricción = + 1.65

26.65 m. total desnivel.

Tubo principal - tubo lateral

distancia: 110 mts.

caudal: 1.95 lts./seg.

diámetro del tubo seleccionado: 50 mm. (2")

fricción: 2.1 mbar/m.

fricción total en mbar: 2.1 mbar/m x 111,5 m = 234 mbar

fricción total en atm: $\frac{234 \text{ mbar} \times 10.19716 \text{ m}}{1000 \text{ mbar}} = 2.39 \text{ m}.$
(= pérdida l)

- Tubo lateral (válvula) - final manguera (tercer aspersor en línea)

distancia media : 19,5 mts.

caudal = caudal total : No. de aspersores por tubo lateral = 1.95 lts./seg. : 7 = 0.28 lts./seg.

caudal medio en una línea de tres aspersores : 0.56 lts./seg.

diámetro de la manguera seleccionada : 25 mm. (1")

fricción : 6 mbar/m.

fricción total en mbar : 6 mbar/m. x 19.5 m. = 117 mbar

fricción total en atm: $\frac{117 \text{ mbar} \times 10.19716 \text{ m}}{1000 \text{ mbar}} = 1.19 \text{ m.}$
(= pérdida 2)

- Pérdida 1 + Pérdida 2 = 2.39 m. + 1.19 m. = 3.58 m.

- Ganancia de presión :

inclinación media del terreno: 3.5 %

desnivel en un tubo lateral: 111.5 m. x 3.5% = 3.90 m.

Es decir, que la suma de pérdidas, \pm a la ganancia de presión, por el desnivel del terreno !

3.4 Conducción del Agua al Reservorio de Distribución

+ El tiempo mínimo para llenar el tanque, es entre las 8.00 horas A.M. y las 5.00 horas P.M. (El tanque está lleno a las 8.00 horas A.M.; se riega la capacidad total; entre las 3.00 y las 5.00 horas P.M. sigue llenándose !)

t''' = 9 horas

$$\begin{aligned} + \text{Caudal necesario} &= \frac{C}{t''' \times \text{seg/hora}} \\ &= \frac{28.000 \text{ lts.}}{9 \text{ hrs.} \times 3.600 \text{ seg.}} = 0.9 \text{ lts./seg.} \end{aligned}$$

+ Pérdida de presión / diámetro de tubo seleccionado
(Anexo 1)

distancia : 800 m.

caudal : 0.9 lts./seg.

diámetro del tubo seleccionado : 50 mm.

fricción : 0.5 mbar/m.

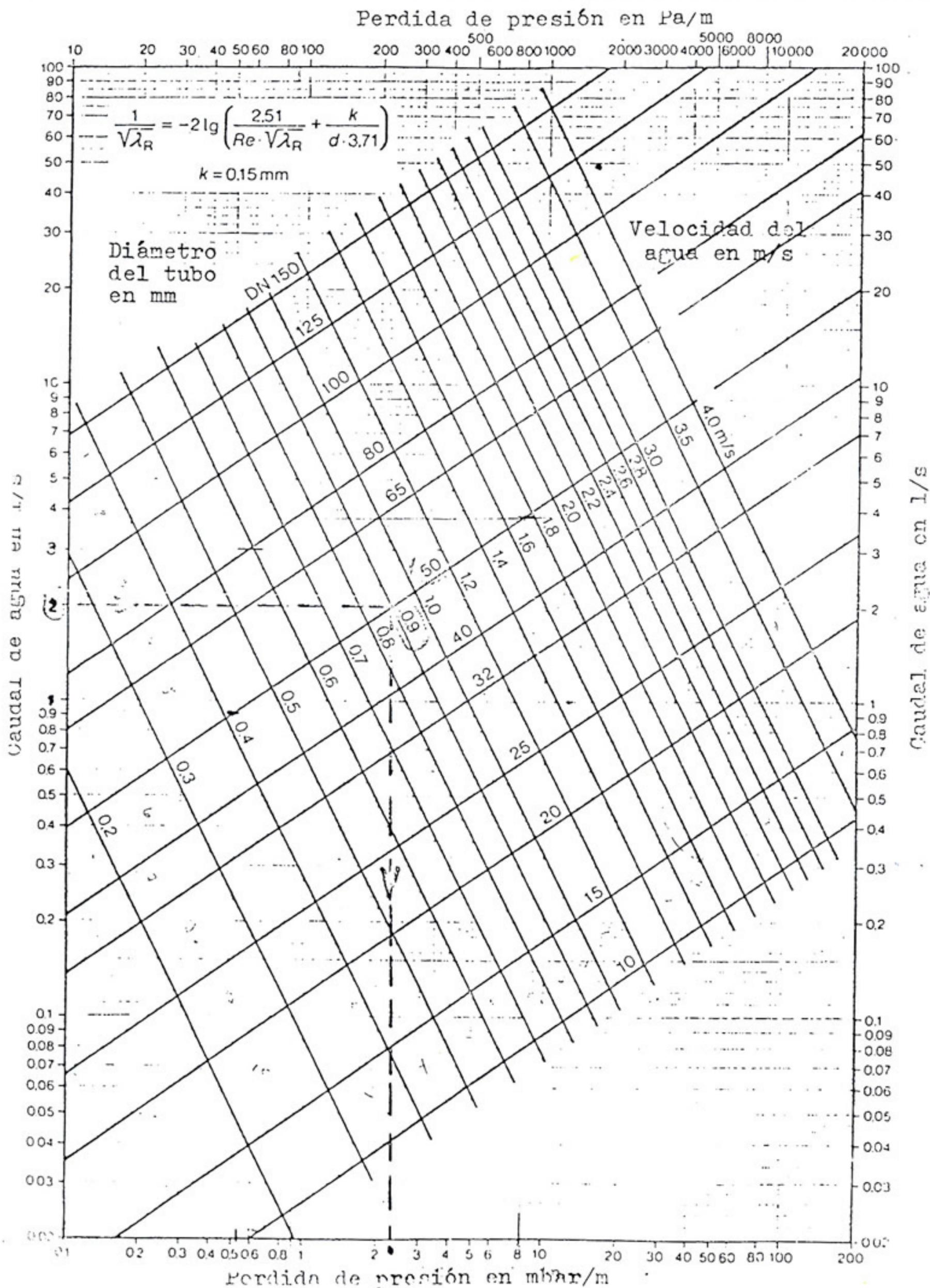
fricción total : 0.5 mbar x 800 m. = 400 mbar

fricción total en atm : $\frac{400 \text{ mbar} \times 10.19716 \text{ m.}}{1000 \text{ mbar}} = 4.08 \text{ m.}$

desnivel entre entrada (orilla superior) del reservorio de distribución y la salida (parte inferior) del reservorio de captación es de 4.08 mts.

Pendiente del tubo = $\frac{4.08 \text{ m.} \times 100}{800 \text{ m}} = 0.51 \%$

DETERMINACION DE LA PERDIDA DE PRESION POR FRICCION EN TUDOS METALICOS DE AGUA



CROQUIS DEL SISTEMA DE RIEGO

VIVERO FORESTAL DE SAN RAMON

