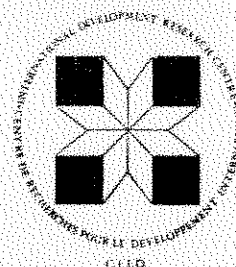


CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION
PARA EL DESARROLLO (CIID - CANADA)



PROYECTO CAMANCHACAS - CHILE

ACTIVIDAD : CONSTRUCCION DE CAPTADORES EN EL SECTOR EL TOFO

INFORME FINAL I FASE

AUTOR : WALDO CANTO VERA
INGENIERO FORESTAL

--- JUNIO - 1989 ---

DEPARTAMENTO TECNICO
CORPORACION NACIONAL FORESTAL
IV REGION CHILE

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos a las siguientes personas por su contribución al buen desarrollo de las actividades presentadas en este informe final:

- Sr. Guido Soto A., Director de CONAF IV Región.
- Sr. Juan Cerda O., Jefe del Depto. Técnico CONAF IV Región.
- Sr. Luis Elicer C., Ingeniero Asesor de CONAF.
- Sr. Humberto Fuenzalida, Depto. de Geología y Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.
- Sr. Robert S. Schemenauer, Científico de la División de Investigación de Física de Nubes. Atmospheric Environment Service. Canadá.
- Sr. Juan Blanco A., Encargado Administrativo del Proyecto.
- Sr. Juan Osandón A., Capatáz de terreno en El Tofo, y por su intermedio a todos los trabajadores participantes en la ejecución de los trabajos.
- Srta. Marcia Cortés A., Secretaria encargada del trabajo mecanográfico de este informe.

I N D I C E

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
INDICE	ii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. ANTECEDENTES GENERALES DEL AREA DE TRABAJO.....	3
3.1. Descripción del lugar	3
3.2. Clima	3
3.3. Hidrografía	4
3.4. Vegetación	5
4. PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LA CALETA CHUNGUNGO.....	6
5. EXPERIENCIA PREVIA DE CONAF EN LA CONSTRUCCION DE CAPTADO- RES DE NEBLINA	8
6. MATERIAL Y METODO	12
6.1. Materiales	14
6.1.1. Elementos componentes de un captador de 48 m2.....	14
6.1.2. Elementos componentes del estanque tipo Australiano de 24 m3.....	15
6.1.3. Red de tuberías para la interconexión de los captadores....	16

	Pág.
6.2. Metodología de Trabajo	17
6.2.1. Planificación de la obra	17
6.2.2. Trazado en terreno	18
6.2.3. Instalación de la obra	18
6.2.4. Excavaciones	19
6.2.5. Construcción de prefabricados	19
6.2.6. Hormigonado de machones	20
6.2.7. Montaje de los captadores e instalación de la red de tuberías	20
6.2.8. Construcción del estanque Australiano	21
6.2.9. Construcción de cerco	22
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
8. REFERENCIAS	27
9. SET FOTOGRAFICO	29
10. ANEXO-PLANOS	33

RESUMEN

El presente informe corresponde a una reseña de los trabajos realizados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) IV Región, en la construcción de captadores (Atrapanieblas), para la producción de agua proveniente de la camanchaca en el sector El Tofo.

Con fondos provenientes del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID), CONAF inició en 1987 su participación en el proyecto "Camanchacas-Chile" en conjunto con el Atmospheric Environment Service de Canadá (A.E.S.), la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En este proyecto a CONAF le correspondió concretar los objetivos de carácter aplicado a la investigación llevada por los otros organismos. La actividad principal llevada a cabo correspondió a la construcción de 2400 m². de superficie de captación, en unidades de 48 y 96 m². del tipo "cortina", consistentes en barreras de malla plástica dispuesta entre dos postes de madera, sostenida por cables galvanizados.

Los Atrapanieblas fueron interconectados mediante un sistema de tuberías que actualmente conduce el agua producida a un estanque de 24 m³.

Los trabajos se realizaron en el cordón montañoso de El Tofo, distante 63 km. al Norte de La Serena en la IV Región, Chile.

1.- INTRODUCCION

La principal limitante para el desarrollo de las zonas áridas de Chile es la falta del recurso agua, lo cual impide el crecimiento de actividades tales como la agricultura, la minería, la ganadería, la pesca, el turismo y otras.

Esta situación ha impulsado el estudio y búsqueda de fuentes de obtención de agua, ya sea a través de pozos profundos, acumulación de agua de escorrentía, y ahora, en este último tiempo, a captar el agua contenida en las nubes.

Esta última alternativa se presenta como una posibilidad real, si se considera los resultados de los trabajos experimentales realizados por CONAF, la Universidad del Norte, la Pontificia Universidad Católica, y otros organismos.

En el caso específico de El Tofo, CONAF viene trabajando en este lugar desde principios de la década del ochenta, en proyectos cuyas actividades principales estuvieron orientadas a definir diseños eficientes en la captación y los usos posibles del agua.

Las condiciones presentes en El Tofo colaboraron positivamente para la realización de estos proyectos, ya que el sector presentaba múltiples ventajas, entre las cuales se puede mencionar las siguientes: Fácil acceso a la cumbre, una formación montañosa cercana al litoral (6800 metros), altitud favorable (600-800 m.s.n.m.) y una condición social extrema del poblado de Chungungo, ubicado a los pies del cerro El Tofo, cuyos 460 habitantes carecen de agua para sus necesidades básicas.

2.- OBJETIVO

El objetivo central de la actividad desarrollada por CONAF en el marco del Proyecto "Camanchacas-Chile", es suministrar agua potable proveniente de las neblinas costeras a los pobladores de la caleta Chungungo.

Este objetivo se logrará mediante 2 fases, en una primera etapa con la producción de agua a través de la construcción de captadores de neblina, que constituye la finalidad de este informe, y en una segunda fase, la conducción y distribución del agua al poblado.

3.- ANTECEDENTES GENERALES DEL AREA DE TRABAJO

3.1. Descripción del lugar:

El antiguo mineral de hierro de El Tofo donde se realizó el proyecto, está ubicado 63 km. al Norte de la ciudad de La Serena ($29^{\circ}26' S$, $71^{\circ}15' W$), se accede a él por la carretera panamericana norte hasta el Km. 57 y por un camino rípiado a 6 km. al poniente de ésta.

El cerro El Tofo a 800 m.s.n.m. se encuentra entre 2 cordones montañosos, el Carmelitas por el Norte con 998 m.s.n.m. y el cordón Sarcos de 1056 m.s.n.m. en su extremo Sur, formando una media luna expuesta al océano y los vientos del Oeste.

3.2. Clima:

El sector de El Tofo se encuentra en la zona de influencia del anticiclón del Pacífico o zona de Altas Presiones, ejerciendo un papel moderador de las precipitaciones que alcanzan a los 70 mm. anuales - como promedio.

El clima es de Desierto Costero con nubosidad abundante (BWh según - clasificación Köeppenn) caracterizado por el desarrollo de frecuentes nubosidades y neblinas matinales por influencia del océano.

La temperatura media anual alcanza a los 15°C con oscilaciones térmicas mínimas, que van de 18°C de temperatura media mensual en los meses más cálidos a 12°C en los meses de invierno.

La humedad relativa promedio anual alcanza al 83% presentando sus valores más bajos en los meses de otoño y más altos en verano.

La velocidad del viento presenta un ciclo anual bien definido con un mínimo en los meses de otoño e invierno, para luego aumentar en primavera y hasta un máximo en los meses de verano. La media anual para 3 horas definidas (09 hrs, 14 hrs, 19 hrs.) es de 4,5 km/hora, 17,5 km/hora y 10,6 km/hora.

La dirección del viento observada en El Tofo muestra una marcada persistencia de la dirección Oeste.

3.3. Hidrografía:

El sector de la cuenca de Cruz Grande que nace en El Tofo a los 800 m.s.n.m. y culmina en la desembocadura al lado del pueblo de Chungungo, corresponde a una quebrada principal que corre por un terreno muy abrupto y con una fuerte pendiente.

Es una quebrada seca con corrientes de agua sólo en épocas muy lluviosas, tiene una extensión de aproximadamente 7 km. Por espacio de 3 km. hasta su curso medio, presenta una orientación S.E.-N.W., y desde este punto, por otros 4 km., lleva una orientación E.W. hasta llegar al litoral.

3.4. Vegetación:

La formación vegetal del ecosistema El Tofo-Chungungo, está ubicado dentro de la zona xeromórfica con especies propias de estas zonas, - formando un matorral bajo y jaral costero de lento desarrollo e irregular. En las quebradas donde existe mayor disponibilidad de agua y un suelo más permeable es posible encontrar mayor abundancia de vegetación, caracterizada por especies espinosas y plantas perennes.

Entre las especies arbustivas más características se pueden mencionar:

- Oxalis gigantea (churqui)
- Heliotropum stenophyllum (palo negro)
- Ephedra andina (pingo-pingo)
- Reichea coquimbensis (lucumillo)
- Euphorbia lactiflua (lechero)

Dentro del grupo de las cactaceas es posible encontrar:

- Echinocactus ocultar (cactus chico)
- Trichocereus coquimbensis (quisco)
- Trichocereus candilaris (quisco candelabro)
- Eulychnia ácida (copao)
- Echinocactus spp. (sandillón)

En relación a la formación herbácea esta se encuentra representada por los géneros:

- Calandrina
- Nolana
- Atriplex
- Silvaca

4.- PROBLEMATICA DEL AGUA EN LA CALETA CHUNGUNGO

Actualmente viven en Chungungo alrededor de 70 familias que sufren constantemente el problema de la escasez de agua. Este recurso es llevado a la localidad en camiones algibe cada 10 días, con un costo de \$1 el litro (US\$4 el m3.) el cual es subsidiado en un 50% por el municipio de La Higuera.

Este abastecimiento es totalmente inseguro, ya que el desperfecto del vehículo cisterna o el corte del camino en ocasiones de lluvia torrrencial prolonga aún más la espera. De esta forma, los pobladores deben enfrentar algunas situaciones dramáticas que ayudan a condicionar determinadas formas de vida que no contribuyen en nada a su bienestar.

El sistema utilizado por los residentes para acumular el agua distribuida por el camión, es a base de contenedores de metal de 200 li-tros de capacidad. Con el uso estos tambores se oxidan rápidamente agregando una nueva componente negativa a la calidad del agua. Por otro lado, algunas personas no disponen de contenedores de 200 li-tros, otros tienen más de dos y otros no disponen del dinero para -comprarlos, convirtiéndose este sistema de abastecimiento en una entrega discriminatoria e insuficiente (3 litros/persona/día).

Como consecuencia de esta situación se presenta en la población un gravísimo problema de higiene, que deriva en enfermedades tales como sarna y pediculosis. Si bien estas enfermedades se controlan a nivel escolar, no ocurre lo mismo a nivel familiar en donde existe una alta probabilidad de adquirirlas.

5.- EXPERIENCIA PREVIA DE CONAF EN LA CONSTRUCCION DE CAPTADORES DE NEBLINA:

Los trabajos de CONAF se iniciaron en el año 1980 probando pequeños captadores de malla mosquetera y otros con filamento de nylon; estos ensayos se realizaron en el Parque Nacional Fray Jorge, lugar donde se produce el fenómeno de la camanchaca, el cual logra mantener una formación boscosa de especies hidrófilas propias de la zona sur de Chile.

Los atrapanieblas de malla mosquetera podían captar las gotas de las nubes, pero no las dejaba escurrir quedando atrapadas en los cuadros que forma el tejido. Esta situación hacía que el viento no pasara a través de la malla dificultando enormemente la captación.

El otro captador confeccionado con filamento de nylon tenía buen rendimiento de captación, sin embargo era de muy poca durabilidad, que sumado a lo laborioso de su construcción, fue dejado de lado una vez que se probó la malla plástica tipo Raschel. Esta última tuvo un 11% más de eficiencia en la producción de agua, además de tener buena resistencia, fácil montaje, bajo costo y durabilidad (6 años).

La malla Raschel es un tejido de fibras planas que se confecciona en telares para punto calado, usando como materia prima Polietileno de Alta densidad. Esta malla se caracteriza por su pigmentación negra que le proporciona gran estabilidad contra la acción de los rayos ultravioletas.

En 1982, en un proyecto ejecutado por el Instituto de Estudios Juan Ignacio Molina, y cuyo patrocinio estuvo a cargo de la Secretaria Regional de Planificación y Coordinación (SERPLAC) y CONAF, se construyó en el sector del mineral El Tofo un captador tipo cortina de 90 m². Era una estructura de fierro compuesta por 80 paneles de 1,125 m². cada uno y cuyo elemento captador fue el sistema de cuerdas de nylon, posteriormente éste fue reemplazado por la malla Raschel y el promedio de captación fue de 2,6 l/m²/día.

Esta estructura presentaba una serie de inconvenientes principalmente por estar contituido en base a fierro, que en esas condiciones climáticas sufrió un proceso rápido y severo de oxidación, además presentaba una serie de filtraciones producto de cuatro canaletas receptoras que desaguaban por una canaleta independiente, si a esto le sumamos el alto costo, lo convertía en un atrapanieblas de eficiencia cuestionable.

A principios de 1984 se instaló inmediatamente al lado del captador de 90 m². una estructura donada por UNESCO/ROSTLAC del tipo "macro-diamante" diseñado por el profesor Carlos Espinoza de la Universidad del Norte. Este atrapanieblas estaba formado por octaedros forrados con malla Raschel, abarcando una superficie de 45 m². en cuyos puntos de apoyo fueron ubicados unos recipientes de fibra de vidrio y un radier que recogía el agua empujada por el viento, algunas de las características de este atrapanieblas se resumen en los siguientes aspectos 1.- Optima rigidez, 2.- Estructura portatil y desmontable, 3.- Liviana, 4.- Modificable en cuanto a forma y tamaño.

En base al comportamiento del captador macrodiamante en las condiciones particulares de el sector El Tofo, se concluyó que es un diseño geométrico menos productivo en comparación a los atrapanieblas tipo cortina.

Algunos alcances sobre el comportamiento del captador macrodiamante en el Tofo indican lo siguiente:

- La superficie de captación no es perpendicular al viento, por lo tanto la porosidad de la malla disminuye produciendo una mayor disipación de la energía del viento.
- Pérdida de la superficie útil ya que sólo una fracción de su superficie está perpendicular a la incidencia del viento.
- Escasa factibilidad de ser construido para un proyecto de gran escala como el de El Tofo.
- Los montos de captación no superaron un tercio de lo producido por el captador de 90 m².
- El agua que se acumulaba sobre el radier era fácilmente contaminada por las aves y polvo en suspensión.

En 1984 ante la necesidad de contar con un estudio sistemático mediante la utilización de una metodología científica, SERPLAC IV Región encargó un estudio a CONAF que entre sus objetivos pretendía determinar el sistema o diseño de captación más eficiente. El proyecto consideró una batería de captadores prototipo, una estación meteorológica, un captador de 90 m², un captador tipo macrodiamante y una parcela de introducción de especies forestales.

En relación a la geometría de los captadores se probaron captadores prototipos de formas planas, cilíndricas, y otros diseños, con el propósito de maximizar el volumen de aire que atraviesa la malla de captación. La conclusión final de estas comparaciones fue que la máxima eficiencia se consigue con captadores planos que oponen su superficie de captación al viento en un ángulo de 90°. Menor eficiencia mostraron los captadores cuya superficie de captación no esta perpendicular a la incidencia del viento (cilíndricos, en V, o en U).

En el caso de los captadores con cortinas múltiples (de 1 a 4), se vió un aumento en la captación, pero éste no fue significativo, lo grándose un incremento discreto que no guarda relación con el costo de construir paneles adicionales. Este efecto se ve más acentado en los atrapanieblas cilíndricos múltiples.

En relación al efecto dimensional de los captadores, se vió que se logra mayor rendimiento en formas cuadradas, sin embargo por efecto de costo se ve más conveniente construirlos de forma rectangular. Con respecto a la malla Raschel se vió que la mayor eficiencia se obtiene con una malla de 35% de sombra puesta en doble paño.

6.- MATERIAL Y METODO:

CONAF inició su participación ejecutora en el proyecto el 20 de Oc tubre de 1987, en donde le correspondió concretar los objetivos - aplicados de esta investigación y que corresponde a la acción de suministrar agua potable a los pobladores de Chungungo.

Para tal efecto se construyeron 2.400 m². de superficie de captación conformando un total de 12 captadores simples de 48 m². cada uno, 19 captadores dobles de 96 m². cada uno y un estanque acumulador de 24.000 litros. En base a la experiencia adquirida y al diseño de un captador de 40 m². construido con financiamiento de UNESCO, se efectuó el diseño definitivo de los dos tipos de atrapanieblas men cionados anteriormente. El trabajo en terreno se realizó en un - tiempo de 4 meses con una dotación de 8 personas con un costo total de 7 millones de pesos (US\$ 28.000.-)

Los captadores fueron ubicados en la cima del cordón montañoso de El Tofo a 780 metros sobre el nivel del mar y sólo una parte de ellos (5 unidades) se ubicó en una meseta a 600 metros sobre el nivel del mar, esto último con el propósito de comparar la producción de esos dos niveles. El criterio usado para la orientación de las estructuras fue el que estuvieran perpendicular a la dirección del viento predominante (oeste). Otro factor considerado fue el relieve del sector ya que la neblina toma rumbos distintos cuando el perfil hace que el flujo se desvíe por los sectores con depresión - (efecto portezuelo).

6.1. Materiales:

6.1.1. Elementos componentes de un captador de 48m2.:

El captador construido está compuesto por los siguientes materiales:

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
1	Poste cilíndrico de madera de <u>Eucalyptus globulus</u> de 8" de diámetro y 7m. de alto con proceso de impregnación de sulfato de cobre.	U	2
2	Malla plástica de color negro tipo Raschel de 35% de sombra - instalada en doble paño, con tejido triangular compuesto por fibras de polietileno de 1mm. de ancho y 0.1 de espesor.	m2	96
3	Tubo de Polivinil Carbonato (P.V.C.) clase 6, 110mm. de diámetro y 6m. de largo, con un corte al 25% del perímetro.	U	2
4	Listón de pino cepillado 3"x1,5"x4,12m. impregnado en creosota.	U	2
5	Reducción en PVC 110x25mm.	U	1
6	Tapa ciega PVC 110mm.	U	1
7	Fierro de construcción para estacas 3/4" x 0,8m.	U	8
8	Perno hexanogal 5/8" con tuerca hexanogal y golilla.	U	2
9	Perno hexanogal 3/8" con tuerca y golilla.	U	4
10	Alambrón galvanizado con cubierta plástica para soporte de la malla 5.16mm.	Kg	30
11	Alambre galvanizado con cubierta de plástico para amarra de la canaleta 2,11mm.	Kg	10
12	Tensores 1/2".	U	8
13	Roldana de fierro 5/8", ubicados en los vértices superiores del captador.	U	2
14	Hormigón para machón de postes (180kg/cm2) 1/4 m3.	U	2
15	Hormigón para machón de estacas (180kg/cm2) 1/8 m3.	U	8
16	Platinas de fierro galvanizado para soporte de los extremos de la canaleta al poste.	U	2

Mayores detalles con respecto a la disposición de los materiales en el captador, se pueden apreciar en el Anexo: Planos.

6.1.2. Elementos componentes del estanque tipo Australiano de 24m³..

El estanque Australiano está formado por planchas lisas de fibro-cemento con un radio de curvatura, unidas entre si mediante pernos galvanizados.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD.
1	Placas curvas de fibro-cemento.	U	8
2	Pernos galvanizados.	U	264
3	Golillas.	U	528
4	Sellos compriband para impermeabilizar las uniones entre placas.	U	16
5	Radier de cemento(180 kg/cm ²) con red de fierro de 1/4".	m ³	3
6	Válvulas o llaves de paso de bronce 1 1/4" H.I.	U	3

6.1.3. Red de tuberías para la interconexión de los captadores:

Una vez instalado el conjunto de captadores, se procedió a conectarlos entre ellos, para posteriormente dirigir el agua producida a una matriz central que carga al estanque Australiano ubicado en una cota más baja.

Los materiales utilizados corresponden a tuberías y fittings de PVC. en las dimensiones que se señalan a continuación:

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD.
1	Tiras P.V.C. sanitario de 6m x 40mm.	tiras	9
2	Tiras P.V.C. hidráulico 25mm.	tiras	85
3	Tiras P.V.C. hidráulico 32mm.	tiras	74
4	Curva P.V.C. hidráulico 32mm. 90º cem.	U	4
5	Curva P.V.C. hidráulico 25mm. 90º cem.	U	60
6	Curva P.V.C. hidráulico 40mm. 90º cem.	U	60
7	Curva P.V.C. hidráulico 32mm. 135º.	U	15
8	Tee P.V.C. hidráulico 40x25 cem.	U	12
9	Tee P.V.C. hidráulico 32x25 cem.	U	30
10	Tee P.V.C. hidráulico 25mm.	U	30
11	Reducciones P.V.C. hidráulico 40x25mm.	U	55
12	Reducciones P.V.C. hidráulico 32x25mm.	U	8
13	Reducciones P.V.C. hidráulico 40 a 32mm.	U	4

6.2. Metodología de Trabajo:

Como todo proyecto que contemple la ejecución de una obra de construcción, esta debe seguir una secuencia lógica que permita ir cumpliendo etapas, de tal manera que se realicen con un mínimo de esfuerzo y costo.

Sin embargo la puesta en marcha del proyecto tuvo algunas dificultades inherentes a condiciones del lugar, ya que es un sector totalmente aislado de los centros urbanos, carente de energía eléctrica, desprovisto de sistemas de comunicación, falta de mano de obra especializada y con condiciones climáticas adversas.

El trabajo en terreno se realizó en un tiempo de 4 meses, con una dotación de 8 obreros, 1 capataz, 1 constructor civil y un jefe de proyecto.

De acuerdo a lo programado las actividades se realizaron en función de las siguientes etapas:

6.2.1. Planificación de la Obra:

Este punto se refiere a la ordenación cronológica de las actividades en base a una carta Gantt, y a la materialización de algunas gestio-
nes previas al inicio del trabajo, tales como: la realización de un

levantamiento topográfico del cordón montañoso de El Tofo, la confección de los planos de las estructuras de captación y estanque con sus correspondientes planos de ingeniería de detalle.

6.2.2. Trazado en Terreno:

En base al plano topográfico del sector se ubicaron los captadores y el estanque acumulador de agua. Posteriormente se realizó el trazado en terreno el cual abarcó el sector comprendido entre la cota 770 m.s.n.m. y 795 m.s.n.m.

6.2.3. Instalación de Obra:

Esta acción se refiere principalmente a la instalación y habilitación de un pequeño campamento, que incluyó las dependencias para el alojamiento del personal y una bodega para guardar los equipos y materiales. Así también se implementó una casa de material sólido a cargo de CONAF, con elementos de cocina, muebles de oficina, camarotes, etc. para el uso de los profesionales e investigadores del proyecto.

Para facilitar la comunicación entre las personas encargadas del proyecto y los operarios, como así también con la oficina de CONAF en La Serena, se estableció un completo equipo de Radiocomunicación compuesto por 1 aparato HF y 5 equipos VHF.

6.2.4. Excavaciones:

En base al trazado de terreno se comenzó primeramente con las excavaciones para la colocación de los postes de los captadores, las estacas de sujeción de cables, las zanjas para la ubicación de las tuberías y el movimiento de tierra necesario para la construcción del estanque.

NOTA: Ver Anexo Planos.

6.2.5. Construcción de prefabricados:

Las condiciones adversas del lugar (clima y energía eléctrica) obligó a construir, previamente en la ciudad de La Serena, una serie de piezas necesarias para el montaje de los captadores, entre ellas las más importantes son:

- Platinas de sujeción de las canaletas receptoras de agua, ubicadas en los extremos de cada captador.
- Roldanas de fierro ubicadas en el vértice superior de cada captador cuya función es evitar el corte del cable que sostiene la malla.
- Canaletas receptoras de agua ubicadas en la parte más baja de la estructura, cuyo corte se tuvo que realizar en La Serena.

- Dimensionado de las tablillas de madera que aprisionan la malla al poste.

NOTA: Ver Anexo Planos.

6.2.6. Hormigonado de Machones:

En la instalación de los postes y de las estacas de fierro para el amarre de los cables, se usó concreto cuya resistencia fué de 180 kg/cm², con un volúmen de 1/4 de m³. para los postes y 1/8 de m³. para las estacas.

NOTA: Ver Anexo Planos.

6.2.7. Montaje de los captadores e instalación de la red de tuberías:

Una vez instalados los postes y los anclajes de fierro, se procedió al montaje del resto de los elementos del captador, siguiendo la siguiente secuencia: Armado del sistema de malla y cables, fijación de la malla a los postes, tensado de los 3 cables que afirman la malla, colocación y tensado de 2 cables adicionales que pasan por detrás de la malla y ubicación de la canaleta receptora del agua.

En relación a la red de tuberías que recoge el agua de los captadores, ésta se instaló de acuerdo al trazado realizado previamente. Está compuesta por cañerías de PVC de 25mm. en su inicio, para posteriormente incrementar su diámetro a 32mm. y terminar vaciando en el interior del estanque con un diámetro de 40mm.

Cabe hacer notar que no todos los atrapanieblas desaguan en el estanque, ya que 5 captadores (2 simples y 3 dobles) ubicados en una meseta a 600 m.s.n.m., no alcanzan la cota del estanque. En la próxima fase se tiene contemplado conectar estos captadores a la matriz que bajará con el agua hasta Chungungo.

6.2.8. Construcción del Estanque Australiano:

Esta actividad se inició con la limpieza y nivelado del terreno, posteriormente se abrió una zanja circular cuyo radio medio correspondió al radio del estanque. Esta zanja (30cm. de ancho por 10 cm. de profundidad) se llenó con hormigón hasta 3cm. del nivel de tierra formando un emplantillado. Sobre este se ubicaron las planchas de fibro-cemento; las cuales fueron unidas mediante pernos, interponiendo entre ellas dos fajas de compriband.

Una vez armado el estanque se hizo por fuera un terraplén o talúd de tierra, conformado por capas sucesivas apisonadas cuidadosamente.

Para permitir el desagüe del estanque, se instalaron 3 salidas, una para servicio (entrega de agua), otra para proceder a la limpieza del estanque y otra para el rebalse del agua. Estas tuberías se instalaron por debajo del piso hasta llegar a una pequeña cámara con sus respectivas válvulas.

El estanque fué cubierto posteriormente con una cubierta de plástico grueso del tipo "Covernil Q-700".

NOTA: Ver Anexo Planos.

6.2.9. Construcción de Cerco:

Con el propósito de proteger las instalaciones construidas del paso de animales (caballares, caprinos) se procedió a cerrar el sector del proyecto. En total se construyeron 1600m. de cerco, en base a postes de Eucalyptus, malla a cuadros del tipo "Ursus" y alambre de púa.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los trabajos de este proyecto se realizaron en la mayor parte del tiempo con presencia de neblina, lo cual fué positivo en el sentido que se pudo evaluar rápidamente la eficiencia de los captadores, la resistencia de los materiales empleados, el funcionamiento del es tanque, etc.

Al finalizar el proyecto se detectaron varios problemas cuya solu ción no requería de mucho tiempo y dinero. Ante esta situación CO NAF solicitó al CIID un suplemento financiero el cual fué aprobado oportunamente.

Por el hecho de ser pioneros en la construcción masiva de captadores no se tenía experiencia en el trabajo de terreno por lo que era fac tible esperar estos problemas, los cuales fueron analizados por el Departamento Técnico de CONAF y superados con el apoyo del CIID.

En relación a lo anterior se puede mencionar el deterioro producido por la presencia de animales que dañan los equipos e instrumentos - de medición, así como a las estructuras instaladas. Es por tanto ne cesario contar con un cerco que cubra toda el área del sector de los captadores y estanque.

El fuerte viento que acompaña a la camanchaca provocó algunos cortes en el alambre superior que afirma la malla, esto ocurrió en los sectores con efecto portezuelo, en donde el viento es más fuerte.

El daño se produce en los vértices superiores de los captadores en los momentos en que el cable se fricciona con el perno que afirma la tablilla de sujeción de la malla al poste, provocando el corte del cable.

La solución empleada consistió en agregar una roldana que permitió al cable deslizarse sobre un diámetro mayor y no raspar sobre el perno como ocurrió inicialmente. Otra solución complementaria fue la disminución del ángulo de flexión del cable desde el vértice al suelo.

El hecho de tener un solo alambre al medio de cada captador hace que el viento produzca dos combas o curvaturas hacia atrás de la malla. Al haber captación se produce una pérdida de agua (15% aprox.) al caer algunas gotas directamente al suelo y no en la canaleta colectora. Este problema se solucionó ubicando dos alambres adicionales detrás de la malla evitando tener que construir una canaleta tipo "Cola de pato" de difícil instalación y alto costo.

Otro problema detectado tuvo relación con la canaleta de PVC de 110mm que recoge el agua captada. Esta canaleta al estar suspendida del tensor inferior de la malla es inclinada por el viento provocando algunas pérdidas de agua. Esta situación se solucionó al instalar la cañería con un corte al 25% del perímetro y no al 50% como se encontraba inicialmente.

Existe otro inconveniente que es ocasionado por las hojas de los árboles que caen dentro de la canaleta colectora, ésto se solucionó con un sistema de filtro hecho con la misma malla del captador que impide la intromisión de las hojas, las cuales pueden ser fácilmente extraídas con la mano. Una solución ideal sería la de contar con un sistema de sifón que acumule basura y sedimento, aunque estos últimos decantan en el estanque acumulador.

Para afirmar el colector al último cable del captador se usó alambre galvanizado el cual sufrió un acelerado proceso de oxidación reduciendo con esto la calidad del agua obtenida. Por tanto fué necesario reemplazar dichos alambre por cables revestidos con PVC.

En relación al fierro usado para el anclaje de los cables que afirman la malla, éstos deben tener por lo menos una dimensión de 3/4" para evitar que se corten, distribuyendo las fuerzas en un máximo de dos cables por estaca de fierro.

El estanque acumulador de agua construido en la parte baja del área de los captadores debe llevar una cubierta, de tal modo que se evite la caída de elementos contaminantes al interior de éste.

Por último es necesario destacar que no se conoce el comportamiento y la vida útil de los materiales usados. Considerando que estos están expuestos a una humedad constante, se estima una duración de 6 años para la malla Raschel, 8 años para los cables y 30 años para los postes.

A partir de la experiencia acumulada se puede concluir lo siguiente:

- Que es altamente factible poder aplicar esta tecnología en las zonas costeras del norte de Chile, y en otros países con condiciones biogeofísicas similares, ante problemas de suministros de agua en asentamientos humanos.
- Que el diseño del captador en términos de su forma geométrica, es altamente eficiente en la captación de agua.
- Que el sistema de sujeción de los captadores funciona con un alto grado de seguridad ante las condiciones de viento fuerte.
- Que el conjunto de captadores produce agua libre de contaminación con características potables tolerables.

REFERENCIAS

- 1.- CANTO, W. 1983. Evaluación y Factibilidad de Aprovechamiento de la Camanchaca en la IV Región. CONAF IV Región. Documento Interno. 25p.
- 2.- CANTO, W. 1989. Alcances y Recomendaciones en la Construcción de Captadores para la Producción de Agua Proveniente de las Neblinas Costeras (Camanchaca) en el sector El Tofo. Taller Internacional de la Camanchaca. La Serena, Abril 1989. 6p.
- 3.- CANTO, W. 1988. Proyecto Camanchacas-Chile. CONAF IV Región. Informe de Avance I Fase. 11p.
- 4.- CONAF 1985. Evaluación de las Neblinas Costeras (Camanchaca) en el sector El Tofo IV Región-Coquimbo. Informe Final. 128p.
- 5.- SCHEMENAUER, R. 1988. Agua de la Niebla para Humedecer un Desierto Sediento. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial, Vol 37. Nº4. 7p.

- 6.- SCHEMENAUER, R. and JOE, P. 1989. The Collection Efficiency of a Massive Fog Collector. Atmospheric Environment Service. 21p.
- 7.- SOTO, G. Y ELICER, L. 1984. Conducción del Agua de Camanchaca hacia la Caleta Chungungo. Estudio de Prefactibilidad Técnico-Económico. CONAF IV Región. 31p.

SET FOTOGRAFICO



FOTO Nº1 : Etapa inicial de las obras en el Cerro El Tofo. Preparación del hormigón para la instalación de postes y anclajes.



FOTO Nº2 : Montaje de la malla Raschel y tensado de los cables - que soportan la estructura.



FOTO N°3 : Detalle de la canaleta receptora y su conexión a la tubería conductora.



FOTO N°4 : Visión general del conjunto de captadores instalados en el Cerro El Tofo. Constituido por 12 captadores simples de 42 m². cada uno y 19 captadores de 96 m². cada uno, con una su perficie total de 2400 m². Producción diaria promedio: 12000 litros.

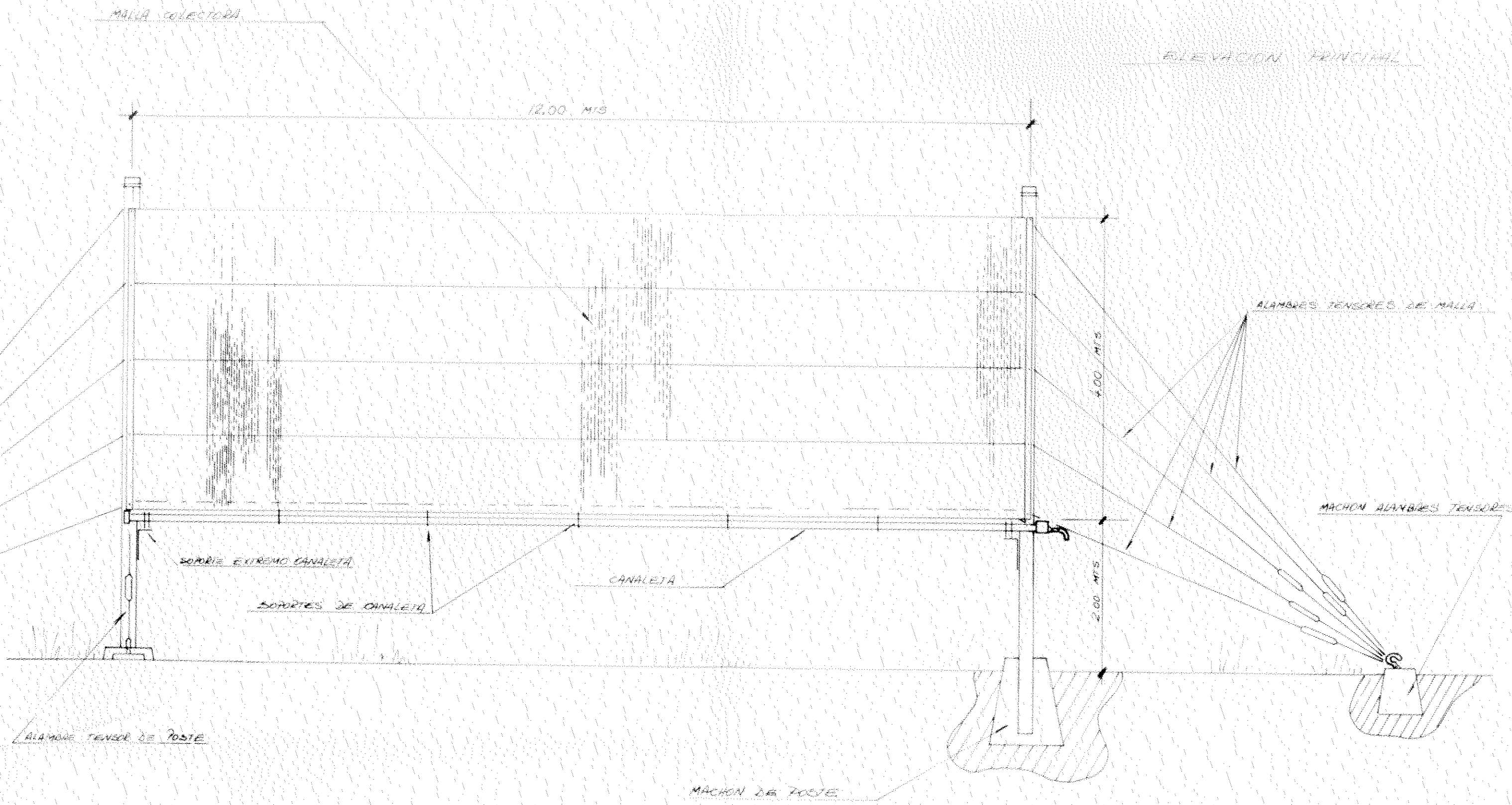


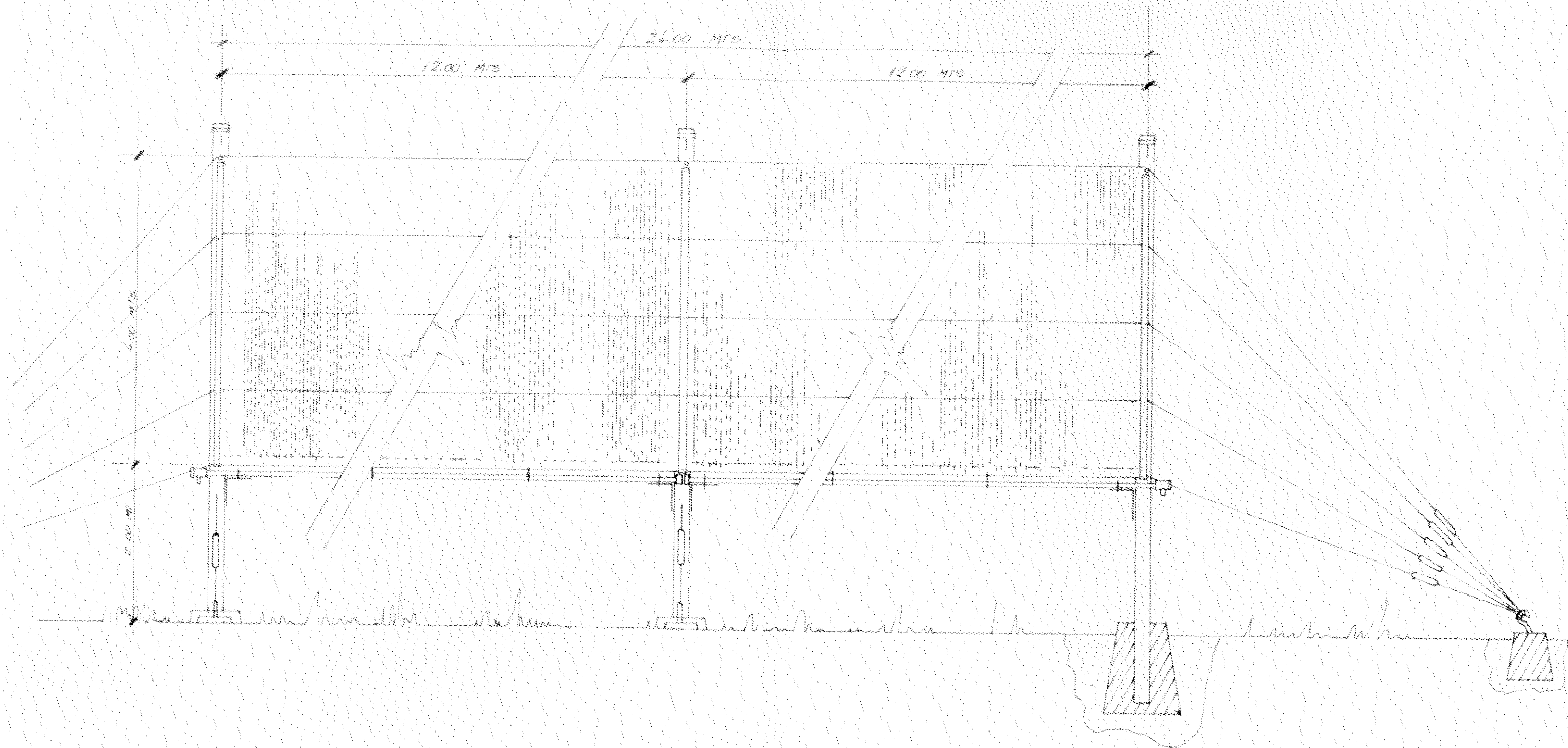
FOTO Nº5 : Vista general del poblado de Chungungo. El proyecto Camanchacas-Chile permitirá aumentar la disponibilidad de agua, de 3 litros/persona/día a 27 litros/persona/día.



FOTO Nº6 : Encuentro con los pobladores de Chungungo en el área del proyecto, con el propósito de dar a conocer la obra realizada y compartir experiencias.

ANEXO PLANOS

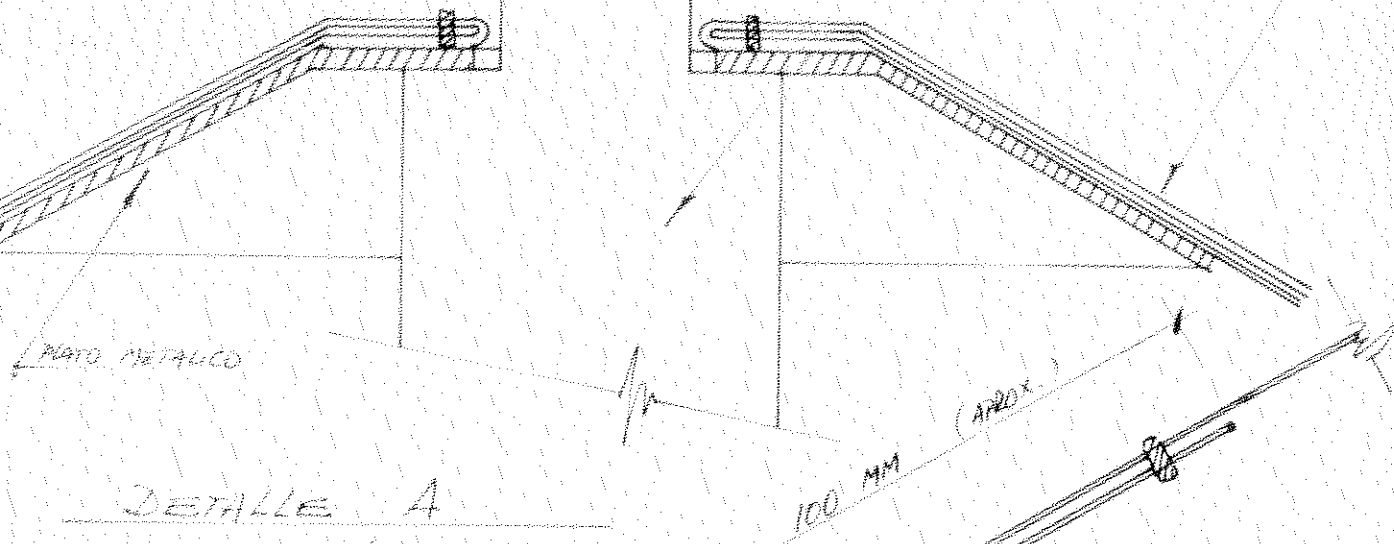




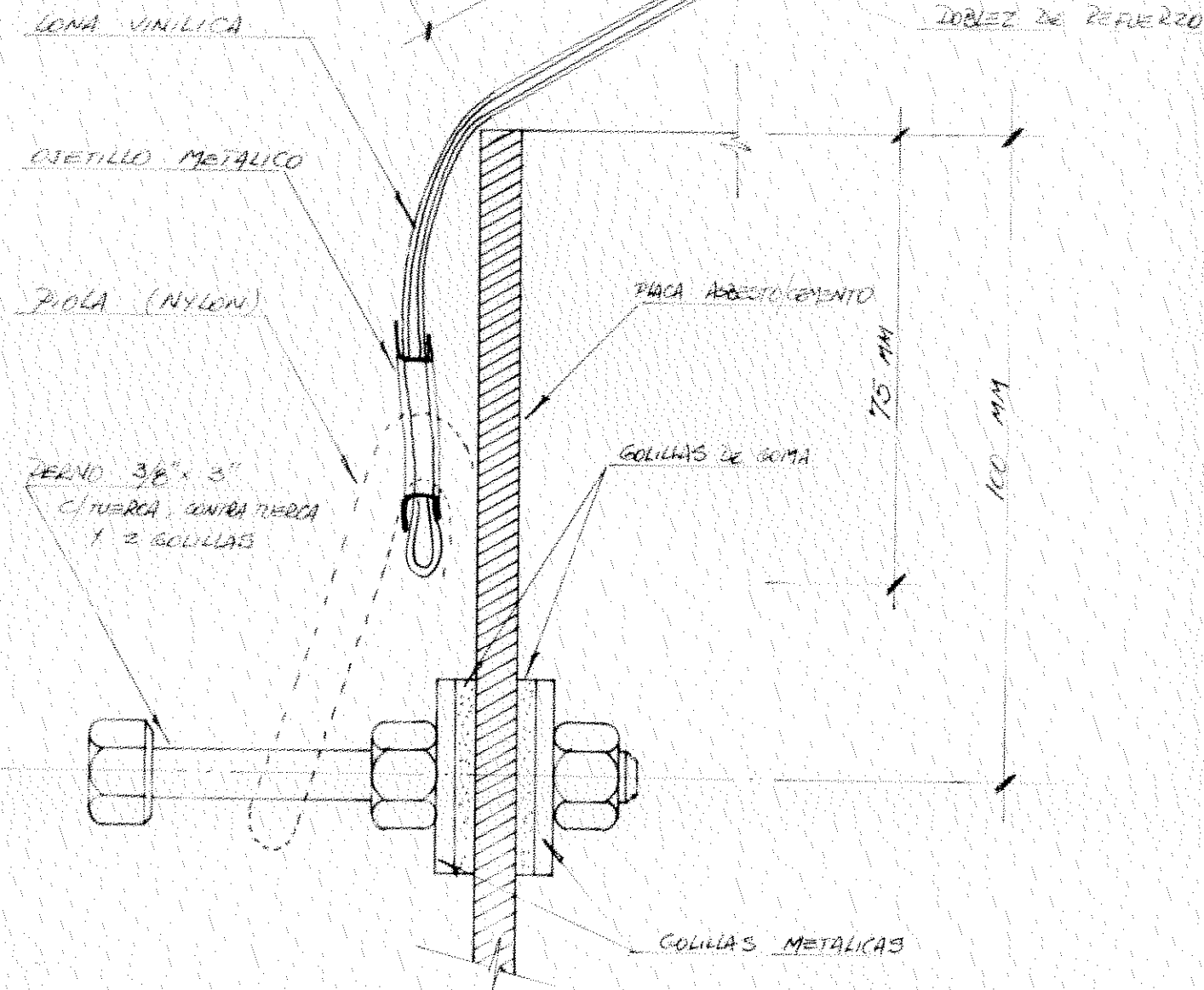
ESC 1:2

PIEDIL
EUCALIPTUS $\phi 4"$
CON REDUCCION A $\phi 2"$

CUMBRE REFORZADA

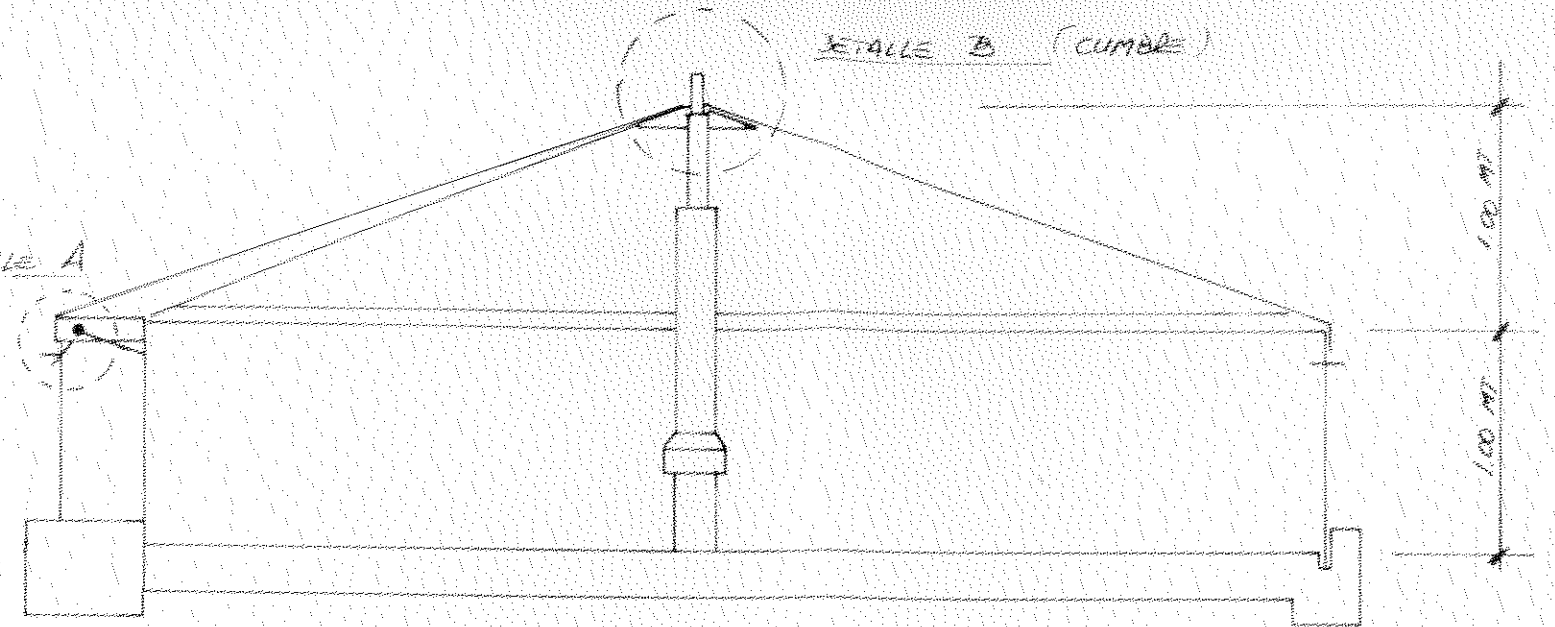


DETALLE A
ESC. 1:1



DETALLE B (CUMBRE)

DETALLE A

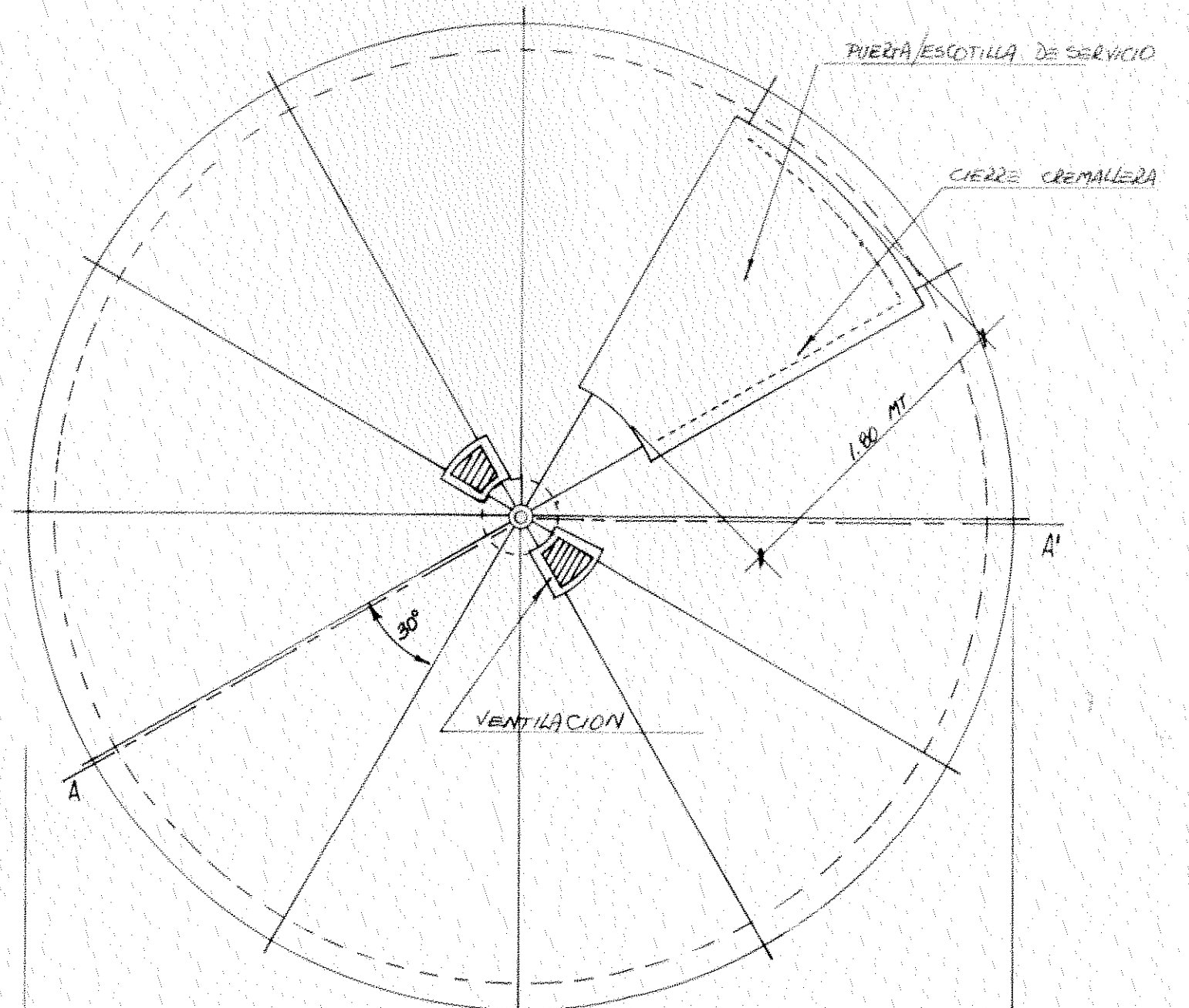


PUERTA/ESCOTILLA DE SERVICIO

CIERRE CREMALLERA

1.80 MT

VENTILACION



REDUCCION 110x75 P.V.C. CEM.

REDUCCION/BUTE 75x50 P.V.C.

REDUCCION/BUTE 50x40

2 P.V.C. 40 MM.

CODO P.V.C. 90° 40 MM. CEM.

REDUCCION/BUTE P.V.C. 40 MM x 25 MM. CEM.

TUBO P.V.C. 25 MM.

POSTE EUCALIPTUS

PENDIENTE.

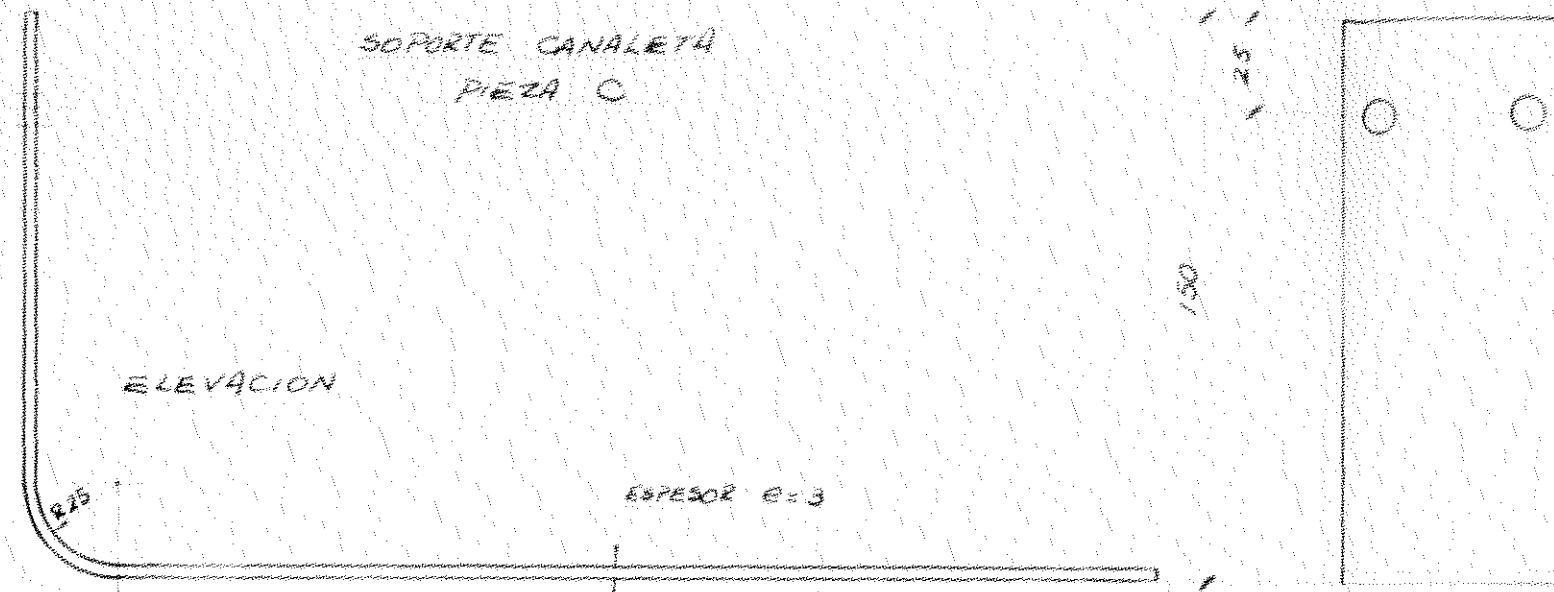
P.V.C. 110 MM 3/4 SECCION

P.V.C. 110 MM 1/2 SECCION

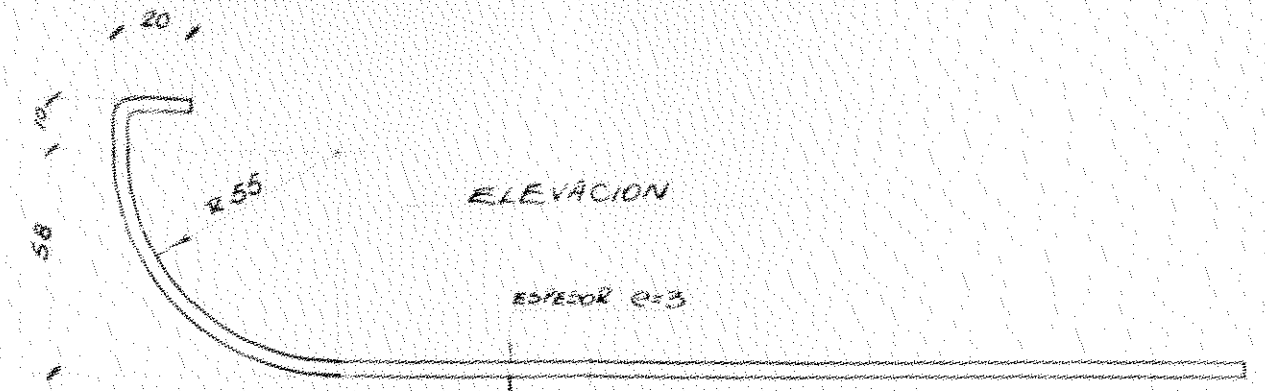
SOPORTE EXTREMO DE CANALETA

VISTA LATERAL

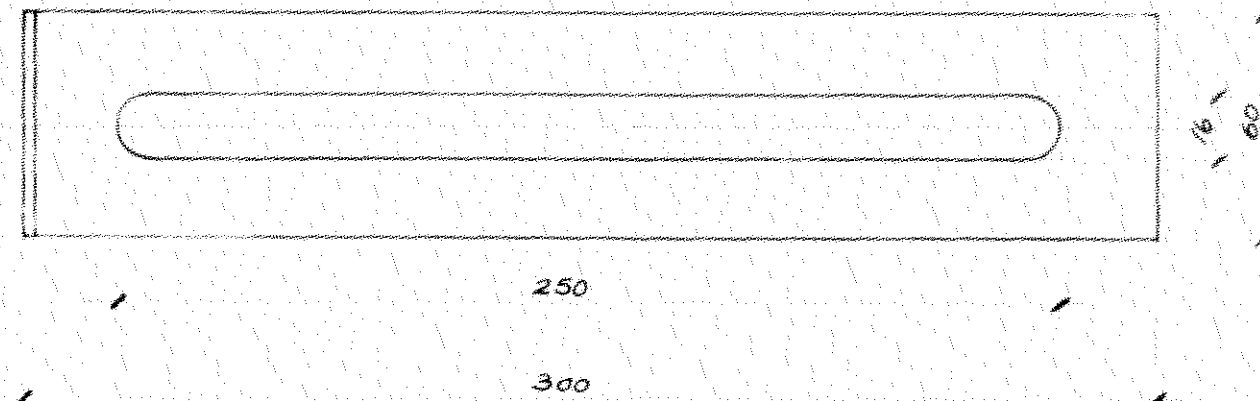
DEF. $\phi = 10 \text{ mm}$



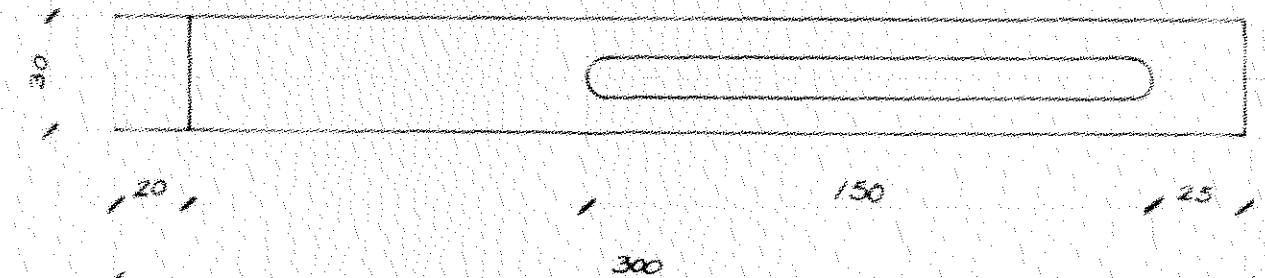
SOPORTE CANALETA
PIEZA D



VISTA SUPERIOR



VISTA SUPERIOR



NOTA:

1. EL MATERIAL EMPLEADO ES PLATINA DE FIERRO DE 60x3 y 30x3
2. UNA VEZ CONSTRUIDAS LAS PIEZAS, ESTAS DEBERAN GALVANIZARSE
3. LAS DIMENSIONES INDICADAS ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS.

PIEZA D

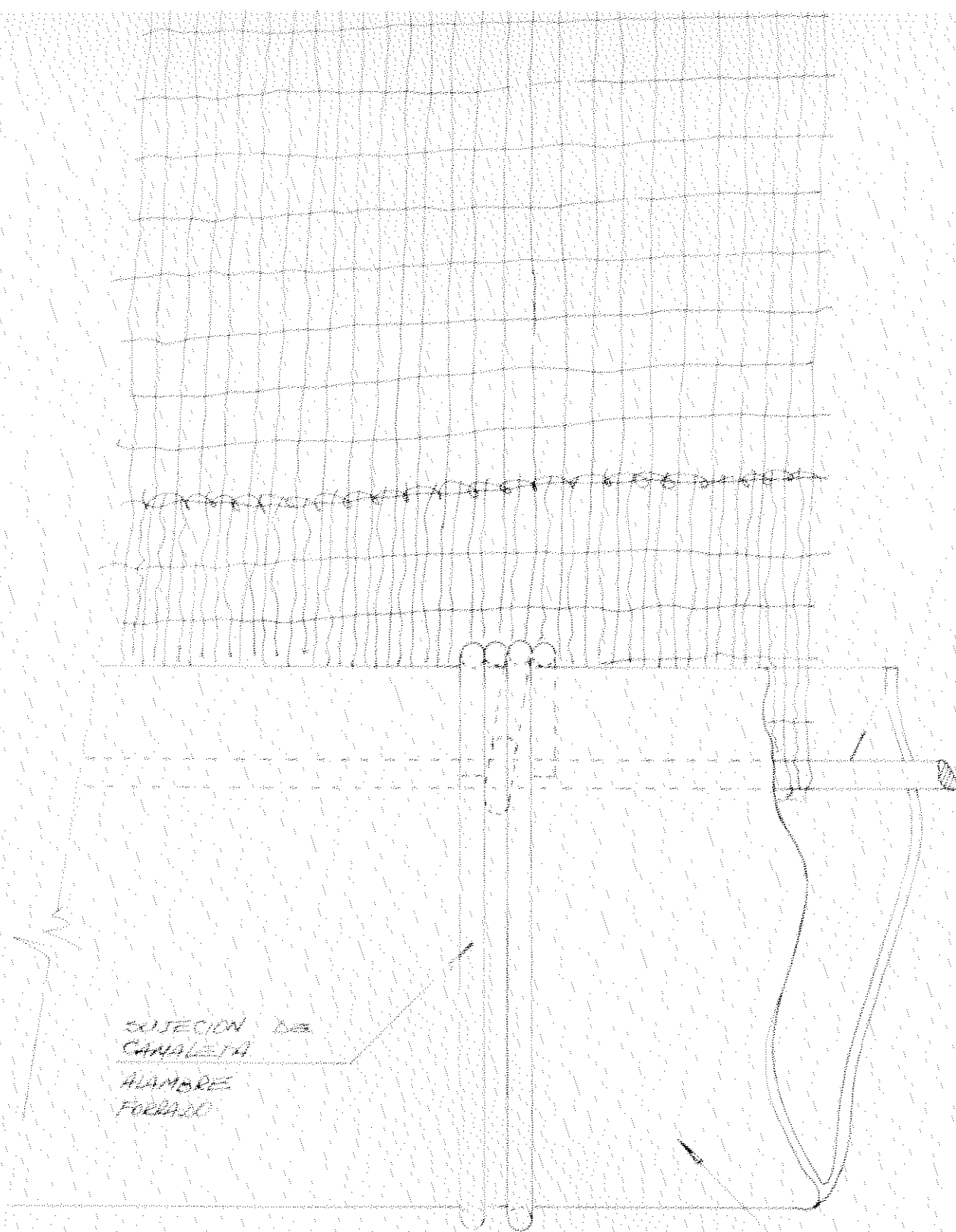
VISTA AUXILIAR
DEL CONJUNTO

PIEZA C

EL CONJUNTO SE FIJA CON 2 PERNOS DE $5/16" \times 1"$ CON RESPECTIVOS TUERCAS, BOLILLAS PLANAS Y BOLILLAS DE PRESION.

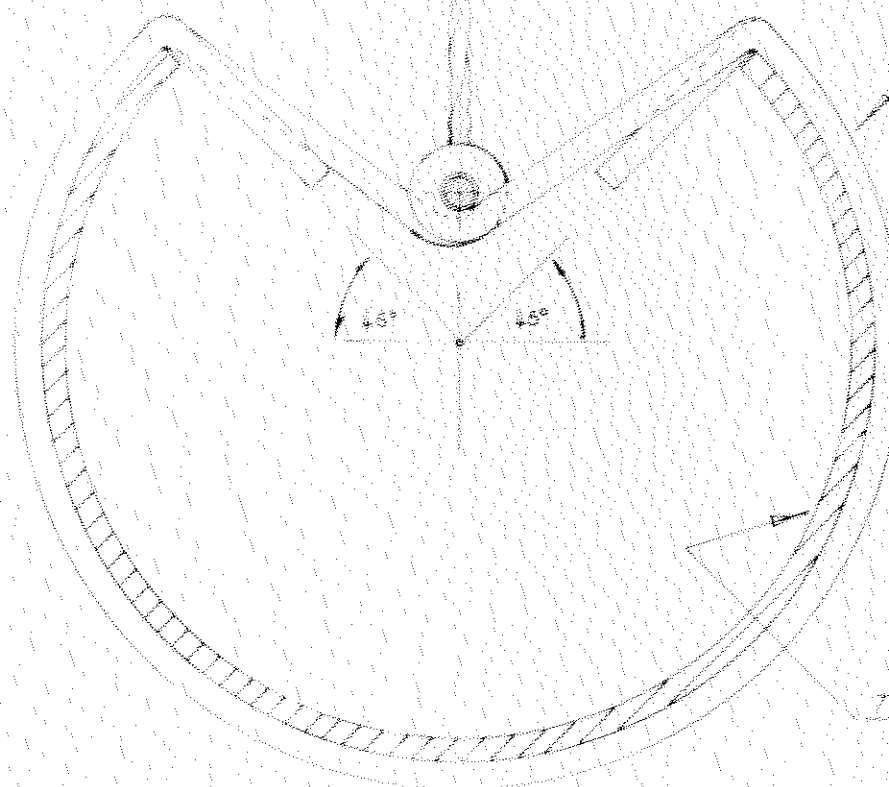
SOPORTES DE CANALETAS PIEZAS C Y D

PROYECTO	REVISOR	AUTORIZADO	DIBUJANTE	FECHA	ESCALA
ING. FOR. W. CANT.	ING. FOR. C. SOTO	L. W. ELICER	SEPT. 84		



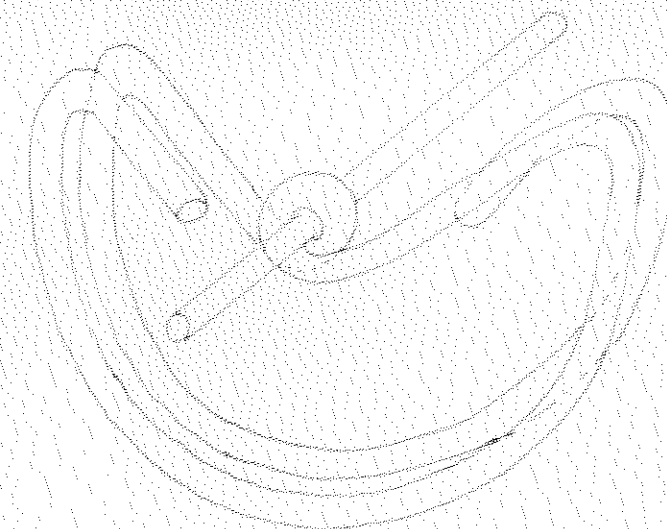
VISTA FRONTAL

ALAMBRE TENSOR INTERIOR



TUBO PVC SAN 110 CORTE 3/4

DETALLE VISTA ALAMBRE

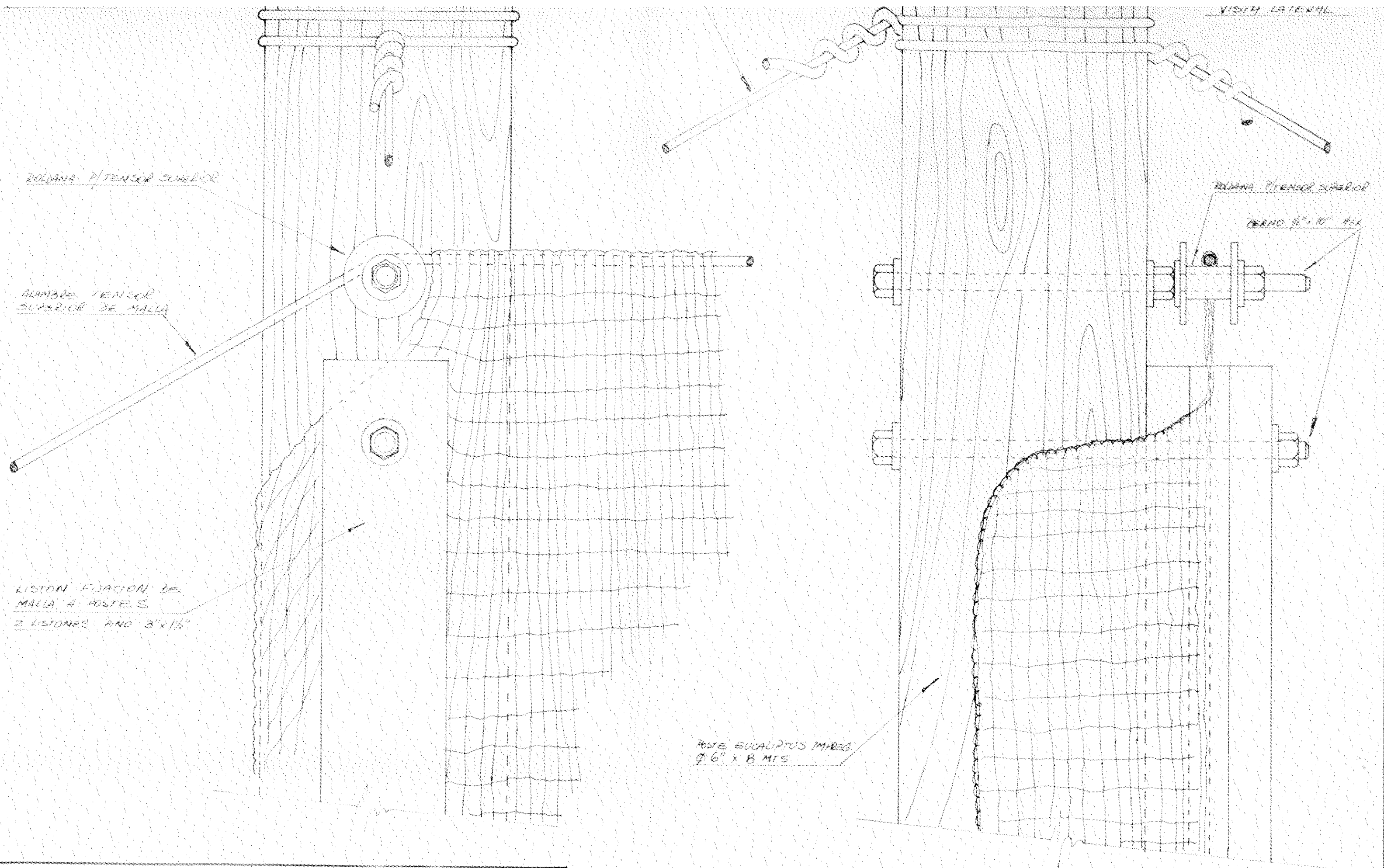


ALAMBRE SUJECION DE CANALETA (2 VUELTAS)

VISTA LATERAL

TUBO PVC SAN 110 CORTE 3/4

NOTA EL SISTEMA DE SUJECION DE LAS CANALETAS TIENE UN ESPACIAMIENTO DE 2 METROS.

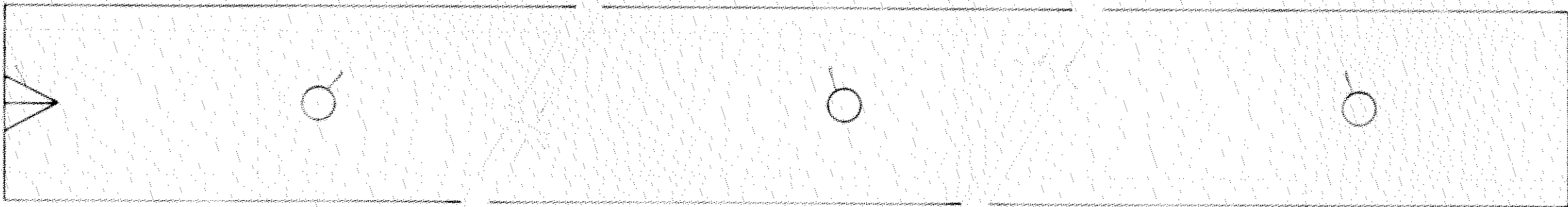


DETALLE FIJACION SUPERIOR DE MALLAS

PLANO N°

DISEÑO	REVISÓ	AUTORIZO	FECHA	ESCALA	Q
--------	--------	----------	-------	--------	---

MUESCA GUIA
ALAMBRE VIENTO DE POSTE



VISTA FRONTAL
ESC. 1:2

PERFORACION
PASADA $\phi 1.6$ MM

PERFORACION
PASADA $\phi 1.6$ MM

PERFORACION
PASADA $\phi 1.6$ MM

VISTA LATERAL
ESC. 1:2

PERFORACION PASADA
1 ALAMBRE TENSOR 3.5 MALLAS
PERF. $\phi 10$ MM

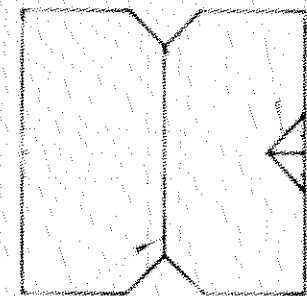
PERFORACION PASADA
2 ALAMBRES TENSORES
DE MALLAS
PERF. $\phi 1.6$ MM

PERFORACION PASADA
1 ALAMBRE TENSOR 3.5 MALLAS
PERF. 10 MM

CORTE LONGITUDINAL
A 2 MITADES

LISTON PINO CER
3" x 3" x 4.20 MT

MUESCA GUIA
ALAMBRE VIENTO DE POSTE



VISTA SUPERIOR
ESC. 1:2

CORTE LONGITUDINAL
A 2 MITADES

LISTON DE FIJACION DE LA MALLA AL POSTE

PLANO NO

INDICACIONES:

1. LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS
2. PARA LA CONSTRUCCION DE LA PIEZA INDICADA, HACER LAS PERFORACIONES EN PRIMER LUGAR
3. DESPUES DE LAS PERFORACIONES CORTAR CON SIERRA DE HINCHA LONGITUDINALMENTE SEGUN SE INDICA.

MALLA COLECTORA
LISTON FIJACION DE MALLA

PERNO 4x 1/2" x 12"

TAPA CIEGA PVC SANIT 110 MM

REDUCC HORIZONTAL 110x60

ALAMBRE TENSOR DE MALLA

SOPORTE CANALETA PIERA D

CANALETA PVC SANIT 110 MM
A MEDIA SECCION

CURVA PVC 60 MM

TUBO PVC 60 MM

SOPORTE CANALETA PIERA C

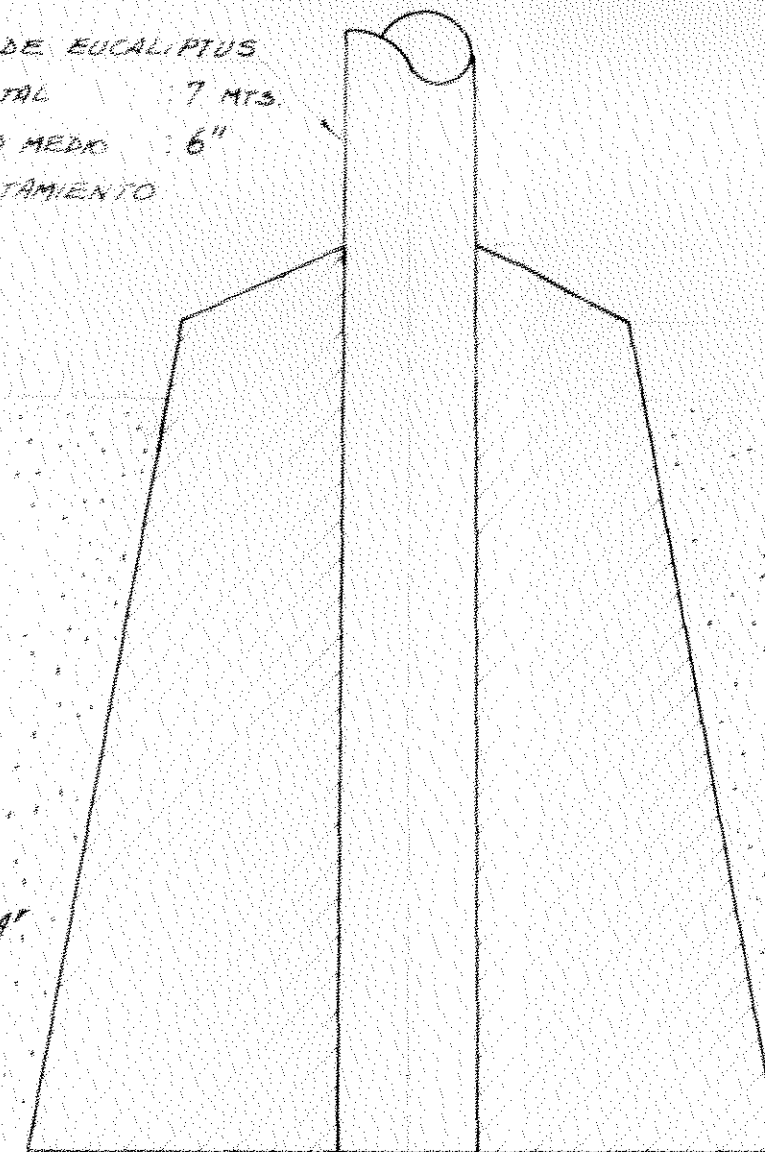
ELEVACION

POSE EUCALYPTUS

VISTA SUPERIOR

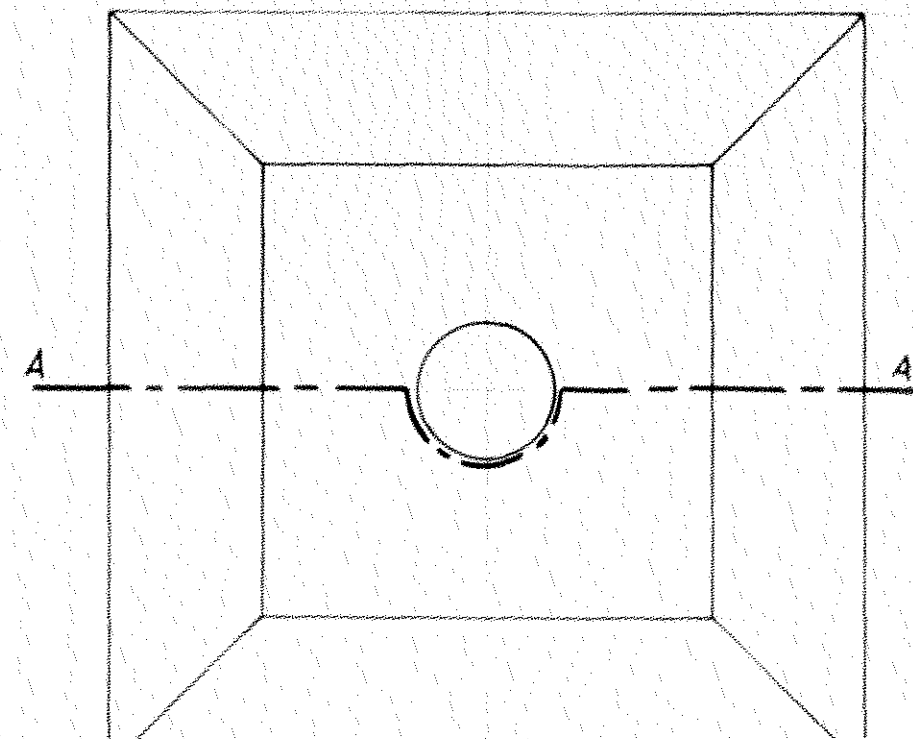
MONTAJE DE MALLA DETALLE EXTREMO INFERIOR

POSTE DE EUCALIPTUS
LARGO TOTAL 7 MTS
DIAMETRO MEDIO 6"
CON TRATAMIENTO



ELEVACION CORTE AA'

PLANNA



DETALLE MACHON DE POSTES

1997