

26141

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES



"METODOLOGIA PARA CARACTERIZAR AL SISTEMA HIDROLOGICO
SUBTERRANEO CON FINES DE DRENAJE. PROYECTO DE RECUPERACION DE TIERRAS ANEGADIZAS EN EL DELTA ENTRERRIANO"

POR MIGUEL P. AUGE

CATALOGO

*** BUENOS AIRES ***

1981

X.12

H.1112

Entre Rios

Delta

0
X.12
A 32

INDICE TEMATICO

	<u>Página</u>
I.- <u>INTRODUCCION</u>	4
II.- <u>TAREAS DE GABINETE INICIALES</u>	5
II. 1. Recopilación de antecedentes.....	5
II. 2. Confección de pliegos técnicos.....	7
III.- <u>TAREAS DE GABINETE PERMANENTES</u>	7
III. 1. Interpretación de ensayos hidráulicos.....	8
III. 1.1. Ensayos en pozos.....	9
III. 1.2. Ensayos en zanjas.....	12
III. 1.3. Ensayos de infiltración.....	12
III. 2. Descripción litológica macroscópica y correlación estratigráfica...	13
III. 3. Química del agua subterránea.....	14
IV.- <u>TAREAS DE CAMPAÑA</u>	15
IV. 1. Ejecución de perforaciones.....	15
IV. 2. Ensayos de bombeo.....	17
IV. 3. Excavación de zanjas.....	18
IV. 4. Ensayos de infiltración.....	18
IV. 5. Nivelación y acotamiento.....	18

	<u>Página</u>
V.- <u>TAREAS DE LABORATORIO</u>	20
VI.- <u>TAREAS DE GABINETE FINALES</u>	21
VII.- <u>CRONOGRAMA</u>	26
VIII.- <u>PRESUPUESTO</u>	26
VIII. 1. Elementos a proveer por la Ins- titución Oficial.....	28
IX.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	30

I.- INTRODUCCION.

La metodología que se describe en este trabajo tiene por objeto programar las tareas necesarias para acceder al conocimiento hidrológico subterráneo de la región del Delta del Paraná que se elija para su aprovechamiento, a través del "Proyecto de recuperación de tierras -- del Delta Entrerriano". La finalidad específica de la -- misma es establecer la factibilidad y seleccionar él o -- los sistemas más apropiados para drenar la zona que se -- pretende beneficiar mediante una obra del tipo "polder".

En virtud de que la información de base disponible en relación a la hidrología de subsuelo del Delta Entrerriano es notoriamente escasa y su generación resulta -- considerablemente onerosa; en una "primera etapa", estará a cargo de los expertos en geomorfología, hidrología de superficie y meteórica, edafología y ecología, el macroanálisis para seleccionar y limitar, dentro de una -- más amplia comarca, aquella región que aparezca como más apropiada a los fines del "Proyecto".

Las tareas aquí propuestas, por lo tanto, se ejecutarán en una "segunda etapa" pero es importante señalar, a fin de aclarar la filosofía que regirá la realización de los estudios, que los mismos se integrarán en un desarrollo metodológico interdisciplinario en el que participarán en forma conjunta y mancomunada los expertos citados. De esta forma, se podrá operar al "Proyecto" tratan

do de cumplimentar los requerimientos emergentes de las diferentes especialidades y se mantendrá un ágil y efectivo intercambio de información entre ellas.

Por otra parte, resulta interesante destacar que si bien, como ya mencionó, se desconoce la ubicación y extensión definitivas de la zona a estudiar, a los fines de la formulación del Cronograma y del Presupuesto, se estimó una superficie de unas 50.000 hectáreas para la misma.

II.- TAREAS DE GABINETE INICIALES.

Con las tareas de gabinete iniciales, cuya duración se estima en 2 meses, se iniciarán en forma efectiva los trabajos del Sector Hidrología Subterránea.

Las mismas comprenden:

II. 1. Recopilación de antecedentes.

Se procederá a identificar, ubicar, revisar, analizar y seleccionar la información disponible, especialmente la referida al agua subterránea y al drenaje de la zona objeto, pero dado que, como se explicó previamente, los antecedentes disponibles resultan escasos y dispersos, se complementará a la señalada con aquella información que pudiera obtenerse de regiones morfológica, geológica e hidrológicamente similares.

En la recopilación se tendrán en cuenta publicaciones e informes inéditos de entes oficiales -provinciales y nacionales- y privados, como asimismo de autores independientes que traten sobre los temas específicos y so -

bre otros afines tales como:

Geología de superficie y de subsuelo, Geomorfología, Hidrología superficial e Hidrometeorología, Edafología, etc. Los trabajos serán ordenados por tema y por autor, confeccionándose fichas bibliográficas que contendrán un resumen sobre las características, alcance y resultados de cada trabajo.

Dado que como ya se señaló, en el "Proyecto" se prevé una activa participación interdisciplinaria, se prestará especial atención a los antecedentes recopilados y producidos en el transcurso de la "primera etapa".

Los perfiles geológicos de perforaciones existentes, serán analizados tratando de uniformar las descripciones litológicas a fin de facilitar la labor de correlación estratigráfica. También se identificará y diferenciará en los mismos a las distintas acuíferas detectadas, agrupándolas en función de su posición espacial - profundidad, espesor-, de sus propiedades hidráulicas - caudal, rendimiento, nivel piezométrico- y de sus características químicas, para intentar una correlación hidrogeológica.

La cartografía disponible tanto planimétrica como altimétrica será clasificada en base a su escala y conjuntamente con los fotogramas y con los mosaicos aerofotográficos de la zona, servirán a los fines de la ubicación geográfica de los pozos y zanjas para ensayo que se ejecuten durante los trabajos de campaña, como asimismo constituirán la base sobre la que se elaborarán los mapas de subsuelo tanto geológicos como hidrogeológicos.

II. 2. Confección de pliegos técnicos.

Esta tarea consistirá en la confección detallada de los pliegos con las especificaciones técnicas a las que deberá ajustarse la o las empresas que se seleccionen para ejecutar las perforaciones y excavaciones destinadas a establecer, mediante ensayos hidráulicos, las características hidrológicas del subsuelo. En ellos se indicará:

- La cantidad y profundidad prevista para los diferentes tipos de perforaciones y excavaciones que se detallan en IV. 1. y IV. 3.
- El sistema de perforación a emplear.
- Los registros que tendrá que realizar el contratista durante las labores de perforación.
- La forma y la frecuencia en que deberá efectuar el muestreo de los terrenos atravesados.
- El tipo, características y duración de los diferentes ensayos hidráulicos.
- La técnica y los materiales que tendrán que emplearse para entubar y terminar los pozos.
- La forma y denominación que deberán utilizarse para señalar en el terreno las perforaciones que se empleen en el futuro para efectuar mediciones periódicas de los niveles de agua.
- Los precios unitarios y globales contemplados en el presupuesto oficial para los diferentes materiales y tareas, y los plazos requeridos para su ejecución

III.- TAREAS DE GABINETE PERMANENTES.

Las mismas involucran la coordinación, supervisión

y contralor de todos los trabajos especificados en esta metodología -gabinete, campaña y laboratorio- y estarán a cargo del Experto Responsable del Sector Hidrología -- Subterránea. Además, en el transcurso de estas tareas, se incorporarán y actualizarán aquellos datos de base -- que no hubieren sido tratados en la "Recopilación de antecedentes", dedicándosele una especial atención al análisis y evaluación de toda la información que vaya generando el "Proyecto".

Con el objeto de difundir la evolución de los trabajos, se producirán informes técnicos bimestrales a fin de comunicar sobre el cumplimiento o desviaciones que observe el Cronograma de trabajos y para dar a conocer los resultados preliminares que se vayan obteniendo a partir de los datos derivados de perforaciones y excavaciones - y de aquellos provenientes del laboratorio -análisis granulométricos y químicos-.

III. 1. Interpretación de ensayos hidráulicos.

Los ensayos hidráulicos pueden agruparse en dos -- grandes tipos: aquellos en los que para su ejecución se requiere una obra especial y un equipo de extracción adicional -perforación y/o excavación provistas de equipo - de bombeo- a los que se denominará "ensayos de bombeo" y los que pueden realizarse directamente sobre la superficie del suelo y que no requieren equipamiento auxiliar - para la extracción -"ensayos de infiltración"-.

Tanto unos como otros, se efectuarán durante el desarrollo de las "Tareas de Campaña", correspondiéndole a

las aquí tratadas el análisis, el cálculo y la interpretación de los mismos.

III. 1.1. Ensayos en pozos.

Tendrán por finalidad establecer los caracteres hidráulicos de los horizontes acuíferos y eventualmente de aquellos de menor permeabilidad -acuitardos- que actúan como separadores entre acuíferas más profundas o como hidroapoyo de la capa freática. Los parámetros a determinar son: permeabilidad lateral, porosidad efectiva, permeabilidad vertical, radio de drenaje y evolución del mismo con el caudal y el tiempo de bombeo.

El conocimiento de los valores medios de permeabilidad lateral, resulta de liminar importancia para todo proyecto de drenaje, a tal punto que no puede concebirse la realización de una obra exitosa sin dicho conocimiento.

La permeabilidad, juntamente con el gradiente hidráulico controla la velocidad del flujo subterráneo y por ende el volumen de agua que puede drenarse natural o artificialmente. También depende de la permeabilidad, la distancia dentro de la formación que puede alcanzar la influencia del dren.

La porosidad efectiva es el volumen de agua que almacena el sedimento portador, en relación a su propio volumen, que puede drenarse por acción de la gravedad. Su cuantificación es de suma importancia pues es indicativo de la cantidad de agua que debería drenarse para modificar la profundidad del nivel freático en una magnitud prefijada.

La permeabilidad vertical adquiere importancia -- cuando existen acuitardos intercalados entre acuíferos. En aquellos casos en que los niveles piezométricos de las capas más profundas posean mayor carga hidráulica -- que el correspondiente al horizonte drenado, podría generarse un perjudicial aporte hídrico ascendente hacia el mismo, a través del acuitardo.

El radio de drenaje, como ya se explicó, es fun -- ción de la permeabilidad y también de la porosidad efectiva de la formación. La distancia de influencia del -- dren a su vez, aumenta con el caudal y el tiempo de dre -- naje.

Con el objeto de cuantificar los parámetros hi -- dráulicos -permeabilidad, porosidad efectiva y almacena -- miento- se emplearán los métodos de variación de Jacob (4) y de Theis (6) y en los casos en que el comporta -- miento del acuífero se adecúe a los postulados teóri -- cos, el de Boulton (2,3).

Para poder calcular el almacenamiento del acuífero freático y apreciar la extensión del cono de depre -- sión producido por el bombeo, se utilizarán freatíme -- tros como sondeos de observación.

Si existieran acuíferas semiconfinadas, se tratará de establecer el valor de la permeabilidad vertical del acuitardo suprayacente, empleando el método desarro -- llado por Auge (1).

El conocimiento de los órdenes de magnitud que po

sean los parámetros hidráulicos citados y la apreciación de sus variaciones, tanto laterales como verticales, ser virán de base para seleccionar a prima facie, el o los sistemas de drenaje que mejor se adecúen a ellos. Sin em bargo, debe tenerse presente que las obras de drenaje de definitivas también dependerán de las características morfológicas, edafológicas, hidrológicas superficiales y pluviométricas de la zona y del tipo de cultivo que se pretenda implantar en ella por lo que, para su diseño constructivo y su distribución areal, tendrá que prestar se especial atención al resultado de los estudios vinculados con esas características.

Otro análisis que no puede descuidarse es el referido a la influencia que producirán las aguas de los ríos y arroyos exteriores, fundamentalmente en épocas de alto nivel, sobre los terrenos interiores del polder. Da do que bajo esas condiciones las aguas fluviales, controladas por la altura del río Paraná, se emplazarán bastante por encima de las subterráneas y debido a que entre ambas existirá una barrera artificial que será el terraplén de cerramiento, existirá flujo por debajo del mismo desde el río hacia el polder. En períodos de agotamiento, sin embargo, puede llegar a invertirse esa dirección de circulación.

Para estimar la magnitud de dicho flujo hay que co nocer la permeabilidad del subsuelo en las márgenes de los ríos y en aquellos sectores colindantes con el posible emplazamiento del terraplén y también contar con las

alturas máxima, mínima y media que puedan alcanzar dichos cursos.

III. 1.2. Ensayos en zanjas.

Con estos ensayos se persiguen los mismos objetivos señalados en el punto anterior.

Si bien la construcción de las zanjas es más difícil que la de los pozos, el resultado de los ensayos hidráulicos efectuados en ellas puede, en ciertos casos, ser más representativo. Esta situación, sin embargo, no podrá dilucidarse hasta no contar con un panorama del comportamiento hidrogeológico del subsuelo en lo referente a las características, posición, continuidad y espesor de las acuíferas y acuitardas.

Para realizar los ensayos en zanjas se empleará el método de variación con el apoyo de pozos someros de observación.

III. 1.3. Ensayos de infiltración.

Tendrán por finalidad estimar el coeficiente de infiltración que deberá asignarse al suelo, con el objeto de cuantificar el porcentaje de las precipitaciones pluviales que efectivamente puedan ingresar al subsuelo. Esta lámina de agua, también deberá computarse como parte integrante del volumen total a drenar.

Es importante señalar que los ensayos de infiltración, para los cuales se empleará un infiltrómetro de doble anillo (5), brindan datos solamente indicativos y que el ajuste del coeficiente de infiltración sólo podrá realizarse cuando se cuente con registros de varia-

ción del nivel freático en función de la precipitación. Precisamente para efectuar mediciones periódicas de esta variación, se prevé instalar una red de freáticos - -
tros.

Todos los datos derivados de los diferentes ensayos señalados -en pozos, en zanjas y de infiltración-, se irán volcando en la cartografía de base a medida que se los vaya obteniendo. De esta manera podrá programarse la ubicación de los ensayos faltantes con mayor seguridad, debido a que se intentará una correlación entre los parámetros hidráulicos y los distintos ambientes -- geomorfológicos reconocidos.

III. 2. Descripción litológica macroscópica y correlación - estratigráfica.

Con las muestras de las perforaciones y zanjas de ensayo, se efectuará una descripción litológica macroscópica en gabinete, mediante el empleo de una lupa de mano o binocular. En ella se distinguirá el tamaño de grano - arcilla, limo, arena, grava y se intentará una clasificación cualitativa en relación a su permeabilidad -muy baja, baja, media, alta, muy alta--.

También se seleccionarán aquellas muestras representativas para remitirlas al laboratorio sedimentológico a fin de que se les hagan los análisis granométricos por pipeteo y por tamizado.

La presencia de niveles litológicamente similares, servirá de base a la correlación estratigráfica la que tendrá por finalidad establecer la relación lateral

y la continuidad o discontinuidad areal de las entidades diferenciadas.

Si el techo del hidroapoyo -base de la capa freática- fuera alcanzado por la mayoría de las perforaciones practicadas, se confeccionará un plano con curvas isobáticas que indicarán la variación en la profundidad del mismo.

III. 3. Química del agua subterránea.

Las muestras de agua obtenidas en las perforaciones y en las zanjas, serán analizadas en campaña y en gabinete para determinar su conductividad eléctrica y en función de este valor, se elegirán aquellas que se remitirán al laboratorio químico para efectuarles el análisis correspondiente. Con el resultado de dichos análisis se procederá a clasificar las aguas en relación a los porcentuales de sus contenidos en los diferentes iones.

La finalidad de estas caracterizaciones químicas es establecer la posible incidencia que pudieran tener las aguas, fundamentalmente si poseyeran elevados tenores salinos, sobre los cultivos, principalmente en los de raíces profundas. Por otra parte, se cree conveniente conocer su grado de potabilidad con el objeto de determinar si será factible su uso para el consumo de la población que se instale en el polder y determinar su aptitud para el riego, en caso de que éste fuera necesario.

IV.- TAREAS DE CAMPAÑA.

IV. 1. Ejecución de perforaciones.

Las perforaciones tienen por objeto conocer la -- constitución y el comportamiento hidrogeológico del sub suelo a fin de establecer la factibilidad de drenarlo y elegir el diseño individual y la distribución areal de la obra que mejor se adecúe a ello.

Debido a que en este momento no se conoce la ubicación precisa de la zona a beneficiar y a que aún dentro del ámbito regional en que se realizarán los estudios de la "primera etapa", prácticamente se desconoce la conformación del subsuelo por falta de información básica, no se puede determinar con exactitud las profundidades más convenientes que deberían alcanzar los sondeos. De cualquier manera, tentativamente, se prevé realizar "pozos someros" entre 5 y 15 m. de profundidad y "pozos profundos" entre 15 y 50 m.

Los pozos someros tienen por objeto liminar determinar los caracteres de la capa freática, su nivel, su composición litológica, su espesor y sus propiedades hidráulicas -permeabilidad, porosidad efectiva- y químicas -contenido salino-.

Durante su ejecución se realizará un muestreo litológico sistemático por cada 1 m. perforado, o donde pueda apreciarse un cambio significativo. Las muestras, luego de secarse, serán envasadas en bolsas de polietileno indicando la denominación del pozo y la profundi-

dad de proveniencia, remitiéndose una a gabinete para describirla macroscópicamente y la otra, si se selecciona, a laboratorio para analizarla mecánicamente.

Los pozos someros serán de dos tipos: perforaciones de ensayo y freatímetros.

Las perforaciones de ensayo, se entubarán con cañería de hierro junta enchufada, de 4 pulgadas de diámetro para alojar el equipo de bombeo y estarán provistas de un filtro en su parte inferior. Una vez finalizado el ensayo hidráulico, se procederá a retirar la cañería lisa y el filtro para emplearlos en otros ensayos. Se prevé realizar unos 20 pozos de ensayo.

Los freatímetros se entubarán con caños de P.V.C. de 1 1/2 pulgadas de diámetro, con su porción inferior ranurada o agujereada a fin de permitir el ingreso de agua. Los freatímetros se emplearán como puntos de registros periódicos del nivel freático por lo que quedarán como instalación definitiva.

Con el objeto de reducir el empleo de materiales y de abaratar los costos, también se utilizarán a los freatímetros como pozos de observación para la realización de los ensayos de bombeo. Se prevé instalar unos 50 freatímetros en el área objeto.

Los pozos profundos tendrán por finalidad completar la información de la capa freática pero fundamentalmente, acceder al conocimiento de las secciones infraya

centes a la misma, como: ubicación y caracterización de acuíferas confinadas o semiconfinadas, niveles piezométricos de ellas y su relación de altura con el freático, presencia de acuitardos o capas filtrantes y determinación de su espesor y su permeabilidad vertical, a fin de establecer la factibilidad de que se produzcan flujos verticales ascendentes.

Durante las tareas de perforación de estos pozos, se realizarán los mismos registros que los señalados para los someros -muestreo y cronometraje-, siendo su entubamiento del mismo tipo y características que el utilizado para los de menor profundidad (4").

Se estima ejecutar 5 pozos profundos los que serán ensayados en su totalidad, previéndose dejar algunos de ellos armados a fin de emplearlos como puntos de medición de niveles piezométricos.

IV. 2. Ensayos de bombeo.

Todos los pozos someros y profundos serán ensayados hidráulicamente mediante el empleo de una bomba centrífuga vertical, estimándose en unas 8 horas la duración continuada del bombeo.

Durante el descenso, como así también durante la recuperación, se procederá a registrar periódicamente la posición del nivel de agua, tanto en el pozo de ensayo como en el de observación -freatímetro-.

Los datos así obtenidos, serán evaluados en gabinete donde se efectuará el cálculo y la interpretación del ensayo, tal como se mencionó en III. 1.1.

IV. 3. Excavación de zanjas.

Esta labor tiene por finalidad determinar el comportamiento del agua subterránea somera, en una obra si milar a la que se emplearía para un drenaje del tipo ca nal.

Se estima construir 10 zanjas para ensayo de unos 15 m. de longitud, 1 m. de ancho y 1,5 m. de profundi - dad.

Para realizar el ensayo hidráulico de las zanjas se utilizará una bomba centrífuga horizontal de unos -- 30 m³/h de capacidad, empleándose freatímetros como pozos de observación, a fin de determinar la distancia de influencia del dren.

IV. 4. Ensayos de infiltración.

Para su realización se empleará un permeámetro de doble anillo con el que se obtendrá una aproximación -- del coeficiente de infiltración e indirectamente de la permeabilidad vertical del suelo.

Para la ubicación en el terreno de estos ensayos se tendrá en cuenta el resultado de las interpretacio - nes geomorfológica y edafológica realizadas en la "pri - mera etapa".

IV. 5. Nivelación y acotamiento.

Todos los puntos de medición periódica del nivel freático -freatímetros- y la boca de los pozos profun -

dos permanentes -piezómetros- y temporarios, serán vinculados por una nivelación geométrica mediante el empleo de un nivel óptico.

Si existiera algún punto fijo acotado dentro de zona, se lo enlazará en la nivelación con el objeto de contar con cotas absolutas; de lo contrario se dispondrá de un relevamiento con alturas relativas.

La finalidad de esta tarea será contar con una base topográfica preliminar que permita:

- Relacionar altitudinalmente los diferentes horizontes identificados en el subsuelo a los fines de realizar correlaciones geológicas.
- Referir el nivel freático en los distintos puntos de medición a un mismo plano de comparación, con el objeto de elaborar la red del flujo subterráneo.
- Establecer a grandes rasgos la conformación topográfica del área -zonas altas, zonas bajas, desniveles y -gradientes topográficos- para prever en forma preliminar el diseño generalizado de la red de drenaje.

Aquellos pozos, freatímetros, o zanjas que resulten de difícil ubicación cartográfica por falta de referencias naturales adecuadas, serán ubicados mediante poligonación o cálculo de sus coordenadas geográficas.

Todos los trabajos realizados en campaña -perforaciones, zanjas, ensayos hidráulicos y nivelación- serán controlados y dirigidos en el lugar por un geólogo.

V.- TAREAS DE LABORATORIO.

Las mismas comprenderán la realización de los análisis químicos de las muestras de agua y de las determinaciones granométricas de las muestras de perforación.

Los análisis químicos serán de dos tipos -comunes y especiales-.

En los comunes se determinará pH, residuo seco, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, Calcio, Magnesio y Sodio, a fin de calificar el agua y determinar su utilidad para diferentes usos; especialmente para riego.

En los especiales, además de las mencionadas, se harán determinaciones sobre la concentración de Flúor, Arsénico y Nitrógeno total -nitritos + nitratos-, a fin de establecer la aptitud del agua para consumo humano.

Se prevé realizar unos 70 análisis químicos.

Las muestras de perforación seleccionadas serán estudiadas en laboratorio para caracterizarlas granométricamente, utilizando el tamizado mecánico para las fracciones medianas y gruesas -arena, grava- y la separación por decantación o pipeteo para las finas -limo, arcilla-.

El objetivo de este trabajo será comparar los resultados de los ensayos hidráulicos con la constitución granométrica del sedimento ensayado.

Se tiene previsto realizar alrededor de 200 análisis granométricos.

VI.- TAREAS DE GABINETE FINALES.

Durante la ejecución de estos trabajos se procederá a analizar, depurar e interpretar en forma definitiva toda la información incorporada y producida en el -- transcurso de las tareas anteriores.

La escala básica para la representación de los diferentes mapas temáticos que acompañarán al Informe Final, dependerá de la densidad de la información a reproducir en función de la extensión del área y de la base cartográfica y fotográfica disponibles.

La programación de las tareas de campaña sin em-bargo, se realizó estimando una escala principal - - - - 1: 50.000, con variantes en 1: 25.000, para un análisis de mayor detalle y 1: 100.000 para el tratamiento de aspectos regionales.

Los productos finales que se prevé incorporar al Informe Final son los siguientes:

- Mapa de ubicación de perforaciones, zanjas y ensayos.

En el mismo se indicará mediante una simbología adecuada a las perforaciones someras de ensayo, a las -- perforaciones profundas de exploración, a los freatímetros, a las zanjas y a los puntos donde se realicen ensayos de infiltración.

- Mapa freatimétrico y de red de flujo.

Con los valores de alturas del nivel freático refe-

ridos a un plano horizontal de comparación, se construirán las curvas isofreáticas y la red de flujo, a fin de determinar la o las direcciones dominantes del escurrimiento subterráneo lo que, junto con el bosquejo topográfico de la zona, permitirá visualizar rápidamente -- aunque en forma generalizada, la orientación más conveniente que deberá poseer el sistema de drenaje.

En el mismo mapa, se podrá calcular el gradiente hidráulico de la superficie freática para diferentes -- trazas y con los valores medios de permeabilidad y porosidad efectiva estimar las velocidades aparente y efectiva del flujo subterráneo.

- Mapa de profundidad del nivel freático.

Con las profundidades del nivel freático, respecto del suelo, obtenidas en los freatómetros, pozos someros y zanjas, se elaborará un mapa que también representará el espesor de la zona de aireación. Por lo tanto, su interpretación será de doble utilidad pues por un lado, indicará la profundidad del agua subterránea y por ende las zonas con mayores problemas potenciales de drenaje -aguas poco profundas- y por el otro, tomando en consideración su porosidad, permitirá estimar la altura máxima de la lámina de agua que podrá admitir el subsuelo sin que se originen efectos perjudiciales sobre los cultivos.

- Bosquejo de profundidad del hidroapoyo.

Dado que no se conoce la posición de la base impermeable de la capa freática, es posible que la misma sólo sea alcanzada por algunos de los sondeos previs --

tos. Es por ello que aquí se prefiere denominar "bosquejo" a las cartas que puedan derivar de una menor cantidad de información, en relación al mapa cuya confección estará respaldada por mayor cantidad de datos.

Las curvas isobáticas del hidroapoyo resultarán de gran utilidad para planificar la profundidad a que deberán construirse los drenes.

- Bosquejo de espesor de la capa freática.

Para la confección del mismo se emplearán los datos obtenidos de las perforaciones y para su ajuste, la comparación entre los mapas de profundidades del nivel freático y del hidroapoyo.

El conocimiento del espesor del acuífero freático resulta imprescindible para estimar, en función de la porosidad efectiva, el volumen de agua almacenada. Por otra parte, utilizando el espesor, la porosidad efectiva, la permeabilidad y el gradiente hidráulico, se podrán aproximar los caudales de flujo para diferentes secciones, cálculo de suma importancia para cuantificar los volúmenes a drenar.

- Bosquejo de permeabilidad.

A partir de los resultados de los ensayos hidráulicos, se bosquejará la variación areal que observe la permeabilidad del acuífero freático, con el objeto de vincular este parámetro con la cantidad de drenes que serían necesarios para operar cada zona, en función de su permeabilidad.

- Bosquejo de porosidad efectiva.

Como en el caso anterior, a partir de los ensayos de bombeo en pozos someros y utilizando a los freáticos como pozos de observación, se obtendrán las magnitudes correspondientes a la porosidad efectiva, cuya utilidad ya fue reseñada, los que serán representados en la carta correspondiente.

- Bosquejo de capacidad de infiltración.

Los datos resultantes de los ensayos de infiltración, que se realizarán con un infiltrómetro de doble anillo, serán volcados en un plano con el objeto de compararlos con los rasgos geomórficos y edáficos reconocidos en la primera etapa. De esta forma se intentará una correlación entre la forma y la constitución física del suelo, y sus propiedades hidráulicas. Ello servirá a los fines de cualificar en que ambientes puede predominar el escurrimiento superficial y en que otros la infiltración.

- Mapa de conductividad eléctrica.

Con los datos de conductividad eléctrica del agua freática, se elaborará un mapa que brindará un panorama areal de las variaciones en su contenido salino, el que permitirá identificar aquellos sectores que por su elevada concentración, pudieran resultar perjudiciales para los cultivos.

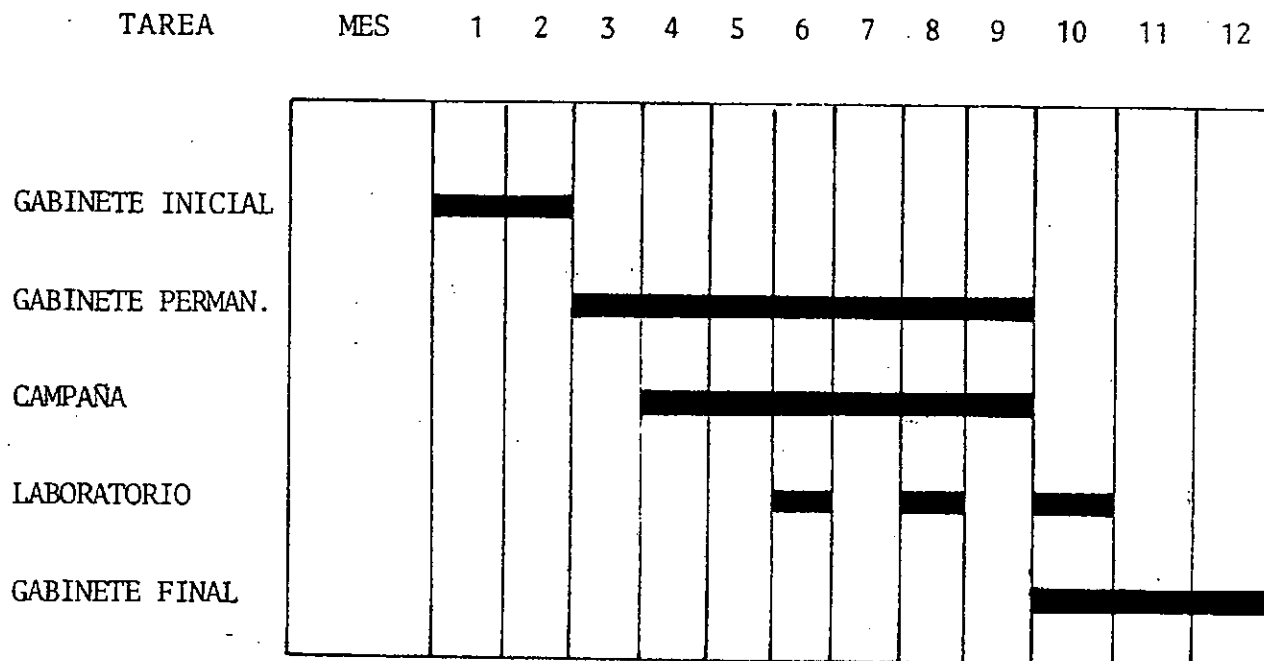
También será de utilidad esta carta para reconocer las zonas más propicias para el aprovechamiento del agua subterránea, tanto para abastecimiento humano como

para riego.

Las cartas señaladas precedentemente serán com -
plementadas con:

- Perfiles geológicos individuales de cada pozo y co -
rrelaciones estratigráficas de subsuelo.
- Clasificaciones granométricas de los sedimentos.
- Clasificación química de las aguas en relación al --
riego.
- Resultados de ensayos en acuíferas semiconfinadas y -
en acuitardas.

Por último, en el Informe Final, que contendrá -
el resultado de los trabajos, análisis e interpretacio
nes realizados durante la ejecución de todas las ta --
reas anteriores, se caracterizará el diseño individual
y la distribución conjunta de la red para drenaje, pre
viéndose arribar a una definición a nivel de antepro -
yecto ejecutivo fundamentalmente por la falta de una -
topografía de detalle que resultará imprescindible pa -
ra la formulación del proyecto ejecutivo.

VII.- CRONOGRAMA.VIII.- PRESUPUESTO.

El presupuesto que se detalla seguidamente fue estimado al mes de marzo de 1981.

1, Experto x 12 meses.	
\$ 12 x 10 ⁶ mens.....	\$ 144.000.000
1 Hidrogeólogo junior x 12 meses	
\$ 6,5 x 10 ⁶ mens.....	\$ 78.000.000

1 Topógrafo x 4 meses \$ 5,5 x 10 ⁶ mens.....	\$	22.000.000
1 Ingeniero Hidráulico Senior x 2 meses. \$ 9 x 10 ⁶ mens.....	\$	18.000.000
2 Ayudantes de topografía x 3,5 - meses c/u. \$ 1,8 x 10 ⁶ mens.c/u	\$	12.600.000
- Viáticos en zona para el perso- nal profesional x 300 días - -- \$ 190.000 x día.....	\$	57.000.000
1 Dibujante x 4 meses \$ 2 x 10 ⁶ mens.....	\$	8.000.000
1 Dactilógrafo x 3 meses \$ 1,5 x 10 ⁶ mens.....	\$	4.500.000
- Movilidad-viajes- x 15 \$ 70.000 c/u.....	\$	1.050.000
- Pasajes aéreos x 15 \$ 350.000 c/u.....	\$	5.250.000
- Perforación mano de obra x 850m \$ 145.000 x m.....	\$	123.250.000
- Cañería perforación PVC Ø 1 1/2", hierro Ø 4" x 625 m.....	\$	14.375.000
- Ensayos de bombeo x 25 \$ 1.050.000 c/u.....	\$	26.250.000
- Zanjas mano de obra x 10 \$ 850.000 c/u.....	\$	8.500.000

- Ensayos en zanjas x 10 \$ 500.000 c/u.....	\$	5.000.000
- Análisis químicos muestras a gua x 70 \$ 125.000 c/u.....	\$	8.750.000
- Análisis granométricos x 200 \$ 46.000 c/u.....	\$	9.200.000
- Elementos de campaña menores bolsas de dormir, botas, ma- chetes, sol de noche, palas, picos, etc.....	\$	5.000.000
- Elementos de dibujo y repro- ducciones.....	\$	4.000.000
		<hr/>
SUBTOTAL	\$	554.725.000
IMPREVISTOS 5 %	\$	27.736.250
COSTO TOTAL	\$	582.461.250
		<hr/>

El costo global aplicado a la superficie estimada pa-
ra el Proyecto -50.000 has.-, deriva en un monto de - - -
\$ 11.649.225 por cada 1.000 hectáreas estudiadas.

VIII. 1. Elementos a proveer por la Institución Oficial.

Un (1) lanchón para transportar a la isla un equipo de per-
forar pequeño, cañería de 6,50 m. de longitud, bom-
bas, trailer, vehículos, etc.

Una (1) lancha pequeña o bote a motor para traslado y movimiento interno del personal.

Un (1) vehículo doble tracción tipo camioneta o jeepón.

Un (1) Nivel óptico con círculo acimutal, 2 miras taquimétricas, 6 jalones, 100 estacas, 1 cinta para mensuras de 50 m.

Un (1) Teodolito.

Una (1) carpa de campaña para 4 personas.

Un (1) conductivímetro a pilas.

Una (1) brújula geológica con trípode.

Una (1) sonda eléctrica.

Un (1) infiltrómetro de doble anillo.

IX.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- AUGE M. P. 1977.

"Un método sencillo para determinar el coeficiente de filtración vertical de capas filtrantes". Bol. CFI. - May-Jun. 1977, pp. 10-17.

- 2.- BOULTON N. S. 1954.

"The drawdown of water table under non steady conditions near a pumped well in an unconfined formation". Proc. Inst. Civil Engin. Vol. 3, part. III, pp. 564-579.

- 3.- BOULTON N. S. 1963.

"Analysis of data from non - equilibrium pumping test allowing for delayed yield from storage". Proc. Inst. Civil Engin. Vol. 26, pp. 469-482.

- 4.- JACOB C. E. 1940.

"On the flow of water in an elastic aquifer". Trans. Amer. Geophys. Union. Vol. 72, part. II, pp. 574-586.

- 5.- MUSGRAVE G. W. y HOLTAN H. N. 1964.

"Infiltration. Handbook of applied hydrology". McGraw Hill Inc.

6.- THEIS CH. V. 1935.

"The relation between the lowering of piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well u - using ground water storage". Trans. Amer. Geophys. Union. Vol. 16, pp. 519-524.