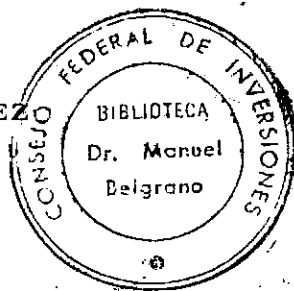


OSCAR M. RODRIGUEZ DIEZ
INGENIERO CIVIL



20482

(#45. hoja)

CATALOGADO

VIEDMA, 10 de abril de 1976.-

Al señor
Secretario General del
Consejo Federal de Inversiones
Alsina 1401
CAPITAL FEDERAL.-

EXPEDIENTE N° _____
Agregado N° _____
32786 13 ABR 1976
FUCHA

Ref.: Estudio sistema de drenaje del
Valle del Tulum, San Juan. Ex
pediente 6118. Resolución 75-
837.

Tengo el agrado de dirigirme
al señor Secretario General con el fin de someter a su consi-
deración el adjunto Informe Final que, juntamente con el ele-
vado con fecha 5.3.76, cumplimenta los objetivos que determi-
naron la formalización del contrato suscripto el 30 de diciem-
bre de 1975.

Quedo desde ya a vuestra dis-
posición para viajar a esa cuando ustedes lo dispongan, a e-
fectos de evacuar todas las aclaraciones que estimen necesaa-
rio solicitar.

Sin otro particular, salúdolo
con distinguida consideración.

Oscar M. Rodríguez Diez
Ingeniero Civil

H. 1112
R. 26

H. 1112
H. 1112: Drenaje
t;
arg CFI,
SAN JUAN

ESTUDIO SOBRE EL PROYECTO DE DRENAJE

DEL

VALLE DEL TULUM (SAN JUAN)

INFORME FINAL

1. INTRODUCCION

El presente informe está destinado a dar cumplimiento final a las tareas encomendadas por el Consejo Federal de Inversiones, mediante contrato del 30 de diciembre de 1975, que contemplaba los siguientes propósitos:

"a) Revisión y evaluación de la información básica disponible -
"para el estudio de las obras de drenaje en la zona de riego -
"del Valle del Tulum en la Provincia de San Juan; b) Propuesta
"de estudios adicionales para su complementación, con su corres-
"pondiente metodología; c) Interpretación de los resultados ob-
"tenidos dentro del plazo de este contrato; d) Determinación -
"de la orientación básica de las soluciones de ingeniería del -
"proyecto; e) Propuestas sobre organización del estudio y cro-
"nograma de trabajos."

En lo que hace al punto b) debe --
considerarse parte integrante del presente al informe presenta-
do con fecha 5 de marzo de 1976. Con respecto al punto c) no ha

sido posible realizar ninguna labor en razón de que a la fecha no se ha realizado ninguno de los ensayos de drenaje propuestos en el mencionado informe.

Para organizar la exposición, el informe ha sido subdividido en las siguientes secciones:

- Evaluación de antecedentes;
- Investigaciones adicionales;
- Caracterización sumaria de la situación;
- Alternativas de drenaje;
- Proposiciones sobre el proyecto;
- Organización del Estudio;
- Cronograma.

Debe señalarse que, siguiendo los lineamientos del Informe del INTA San Juan del 20 de noviembre de 1975, el análisis se centró en el estudio del sector margen izquierda de Valle del Tulum, que es donde se presentan los mayores problemas de drenaje y del que se dispuso de más completa información.

Cabe destacar aquí la amplitud y calidad de la información básica preparada por el INTA San Juan como parte del "Estudio de Suelos y Drenaje del Valle del Tulum", que junto con la brindada verbalmente por los técnicos responsables del mismo, resultaron de fundamental importancia para el cumplimiento de nuestro cometido.

Corresponde advertir que las eva-

luaciones de costos efectuadas, que revisten carácter estimativo, corresponden a los niveles de precios imperantes a principios de marzo de 1976 y están sujetas a un considerable margen de imprecisión, al menos en cuanto a sus valores absolutos. Ello en gran medida ha sido consecuencia de la incertidumbre que, sobre los verdaderos valores de los precios, conlleva un proceso de tan alta inflación como el que ha venido ocurriendo.

Finalmente, quiere aclararse que, si los valores de transmisibilidad resultantes de los ensayos de drenaje recomendados fueran muy diferentes a los asumidos para los análisis subsiguientes, podría ser necesario revisar en parte algunas de las conclusiones y recomendaciones contenidas en el presente informe.

2. EVALUACION DE ANTECEDENTES

En cumplimiento de las tareas contractuales fueron examinados los antecedentes existentes, de interés a los efectos del estudio de las soluciones para el saneamiento del Valle del Tulum, especialmente los correspondientes al Estudio de Suelo y Drenaje realizado por INTA San Juan.

También fue consultada informa--

ción de carácter hidrogeológico sobre el área en estudio, en el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS), con sede en la ciudad de San Juan.

De la labor cumplida en tal sentido se han extraído las siguientes conclusiones:

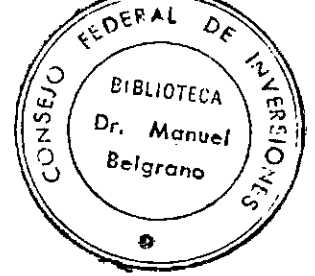
- a. Existe una amplia información edafológica, adecuada para caracterizar las condiciones de los suelos del área en estudio con vistas a establecer pautas para su recuperación y manejo, considerándose suficiente a los fines de la planificación y proyecto de las obras de drenaje.
- b. Se ha confeccionado un mapa de uso actual que es de utilidad para evaluar el coeficiente actual de utilización de la tierra y para estimar la intensidad de la recarga freática por ineficiencia de aplicación del riego. El mismo podrá servir de base para hacer una proyección de su evolución, considerando además la política a seguirse en cuanto a futura ampliación de las áreas bajo riego.
- c. Se ha instalado en todo el Valle una vasta batería de pozos de observación freaticométrica, de los que se ha relevado las características textuales del perfil hasta profundidades del orden de 4-6 m.- Esta información más la del estudio de suelo, suministra elementos de juicio de utilidad para apreciar la estabilidad de los taludes de las zanjas de drenaje a construir, aunque parece que será insuficien-

te para poder fijar los valores definitivos de la pendiente de los mismos.

- d. Se dispone de una amplia información freaticométrica, con registros de niveles mensuales desde enero de 1973 hasta diciembre de 1974 (más un registro reciente), en función de los cuales se han trazado mapas de isobatas e isohipsas - que posibilitan el estudio del flujo freático y la detección de las áreas críticas en las que se requeriría mejorar las condiciones de drenaje.
- e. En base a las mayores velocidades de descenso freático observadas en cada pozo, aplicando el método propugnado por el Ing. O.Castilla Pérez, se han estimado valores relativos de capacidad de drenaje natural que podrían ser de utilidad para caracterizar áreas según la diferente densidad de drenaje artificial necesario.
- f. Si bien se cuenta con numerosos datos de conductividad hidráulica, determinados por el método del pozo barrenado, - por reflejar condiciones puntuales de las capas superiores del acuífero freático tienen sólo una utilidad muy limitada para la planificación del sistema público de drenaje.
- g. Tal como fue anticipado en el informe del 5.3.76, lamentablemente no se cuenta con ningún dato referente a transmisibilidad del acuífero freático, parámetro que resulta imprescindible conocer para poder realizar una racional pla-

nificación del sistema de drenaje. Tampoco se cuenta con datos experimentales de porosidad drenable, aunque esta carencia es de menor relevancia.

- h. Se han llevado a cabo, por sectores, cálculos de los valores del coeficiente de drenaje que en principio se considera necesario revisar y ajustar en razón de la importancia que tiene en el dimensionamiento del sistema de drenaje, - especialmente en caso de emplear drenes entubados, que carecen de flexibilidad para absorber aumentos significativos de caudal.
- i. Se han hecho determinaciones experimentales de pérdidas en canales que parecen ser poco confiables en razón de la imprecisión que, para las condiciones de medición, supone el método utilizado (por diferencia de caudales aforados). Tampoco han podido obtenerse datos fehacientes de carácter experimental de la eficiencia media actual de aplicación del agua de riego en la zona.
- j. En el CRAS fue consultada información hidrogeológica según la cual los niveles de los acuíferos profundos estarían - por debajo del nivel freático, con lo que quedaría descartada la posibilidad de que problemas de artesianismo fueran causa, al menos parcial, de los problemas de drenaje.- Una excepción es la zona de Médano de Oro, donde muy acertadamente se está aplicando el drenaje vertical, con el - propósito adicional de obtener agua para riego.



- k. En la Dirección de Hidráulica de la Provincia de San Juan se obtuvo información sobre los caudales con que fue alimentada la red de riego durante los años 1971/1975, de interés para tratar de correlacionar el abastecimiento de agua con la tendencia de los niveles freáticos. No se ha podido obtener, en cambio, datos sobre la proporción del excedente superficial de agua de riego descargada a los desagües.
- l. Se han obtenido de diversas fuentes (Edison-Harza, CRAS e INTA) datos sobre uso consuntivo y requerimientos de riego, los que aparentemente debieran ser revisados y ajustados - para considerar adecuadamente la eficiencia de aplicación y las necesidades normales de lixiviación. Es de hacer notar que éstas resultan muy significativas si se tiene en cuenta el aporte salino del agua subterránea utilizada para riego.
- ll. Como parte de la investigación freaticométrica, el INTA San Juan realizó importantes trabajos de nivelación topográfica en base a los cuales confeccionó planialtimetrías por Departamentos a escala 1: 30.000. Si bien resultarán insuficientes para la elaboración de los proyectos ejecutivos, en cambio serán de gran utilidad para el estudio preliminar de los trazados (anteproyecto).

Además de los antecedentes mencionados fueron consultados otros que por no ser de tanta im-

portancia no se han enumerado. Para reunir todo el caudal de datos requerido por el equipo proyectista será sin duda necesario realizar consultas y recopilación adicional de información, especialmente de aquella necesaria para acotar el balance hídrico de las áreas a sanear.

Cabe agregar que a los elementos de juicio obtenidos de la recopilación y examen de antecedentes se sumaron los obtenidos de amplias conversaciones mantenidas con el Ing. Agr. T.S. Castro Bazán, responsable del Estudio de Drenaje del INTA San Juan, y los recogidos en el curso de varias recorridas a la zona de estudio.

Resta finalmente advertir que la información freaticométrica disponible corresponde a un período en el que el balance hídrico ha sido diferente al que imperará en el futuro, razón por la cual será menester hacer una - evaluación cuantitativa de los cambios previsibles en las condiciones de recarga freática, para poder así definir adecuadamente los parámetros de diseño. Para ello se requerirá:

- Evaluar la probable reducción de las pérdidas por infiltración en canales, resultante de la impermeabilización de la red de riego.
- Estimar la eficiencia en el uso actual del agua de riego en chacra y su probable aumento por mejora en el manejo y por cambio en las modalidades del suministro (entrega de agua -

según requerimientos de evapotranspiración).

- Aumento de recarga por ampliación de la superficie regada - en función de la mayor disponibilidad hídrica que originara el embalse y regulación de los derrames del río.
- Aumento de recarga por prácticas normales de lixiviación - destinadas a mantener un favorable balance salino en el suelo.

3. INVESTIGACIONES ADICIONALES

Según fue puntualizado en el informe del 5.3.76 se carece de información respecto a la transmisibilidad, espesores y características de la formación que contiene el acuífero freático. Se reitera que el conocimiento de un mínimo de datos sobre el orden de magnitud de la transmisibilidad es de primordial importancia para planificar sobre bases racionales las obras de drenaje en estudio.

En razón de ello se propuso en dicho informe la realización de un mínimo de ensayos en lugares característicos, seleccionados de común acuerdo con el - Ing.Agr. T.S. Castro Bazán quien, según lo acordado con el Secretario de Recursos Hídricos, sería responsable de su ejecución. En tal sentido sólo cabe enfatizar la necesidad de su pronta concreción.

A efectos de poder contar con un mínimo de datos concretos y confiables para evaluar las condiciones actuales de la recarga por percolación profunda del riego y pérdidas por infiltración en la red de riego, y también estimar sus posibles cambios futuros, sería aconsejable realizar además:

- Un limitado número de ensayos de embalse en tramos de canal convenientemente elegidos para contar con datos confiables sobre valores unitarios de pérdidas por infiltración en la red de riego, de los que se carecería al presente, y que se rían menester conocer para evaluar racionalmente su contribución actual a la recarga freática, y su probable reducción como consecuencia del programa de impermeabilización de canales.
- Algunos ensayos de riego en parcelas representativas en cuanto a tipo de suelo, forma de sistematización y métodos de riego, los que consistirían básicamente en medir la eficiencia de aplicación del agua de riego según las prácticas utilizadas actualmente por los propios regantes.

Con respecto a este último tipo de ensayo cabe señalar que, además de suministrar datos básicos para cuantificar la principal fuente de recarga freática, servirían para fijar valores ciertos de la demanda de riego y poder así planificar racionalmente la futura distribución del agua.

4. CARACTERIZACION SUMARIA DE LA SITUACION

En la zona de la margen izquierda del Valle del Tulum -que es el sector en cuyo estudio se ha centrado la labor- además del acuífero freático, se presentan acuíferos profundos de gran potencia, cuyos niveles piezométricos, bajo la actual condición de explotación, se encuentran ubicados algunos metros por debajo del nivel freático.

Puede concluirse entonces que - los acuíferos inferiores confinados no son causa determinante de la alta posición de la capa freática que se observa en amplios sectores. Por el contrario, es de suponer que cierta - parte de la percolación proveniente de pérdidas en la red de canales y sobreriego contribuyen a la recarga de dichos acuíferos profundos.

A pesar de la aparentemente limitada transmisibilidad de la formación portadora del acuífero-freático (*) en amplios sectores se constata la existencia de una importante componente de drenaje natural, que en buena medida sería responsable de la evacuación de esa recarga hacia el perímetro de las zonas irrigadas.

(*) La apreciación de la baja transmisibilidad del acuífero - freático se basa en datos no confiables respecto a las características textuales del mismo. Se hace menester corroborar lo en base a los ensayos de drenaje recomendados.

Un tercer factor de evacuación del agua freática estaría dado por el proceso de subirrigación que debe presentarse en las áreas bajo riego durante los períodos de insuficiente abastecimiento hídrico, y también por el proceso de evapotranspiración que se opera desde plantaciones forestales y áreas incultas. Aunque no existen elementos para cuantificar adecuadamente esta fuente de egresos se estima que su contribución al drenaje debe ser significativo; quizá del orden de la cuarta parte de la recarga.-

Según datos suministrados por la Dirección de Hidráulica de San Juan, el sector regado sobre margen izquierda cuenta con una red de desagües de unos 350 Kms. de longitud. A pesar de que ello implica una red bastante densa -tal vez del orden del 40-50% del desarrollo de una red normal- su contribución al drenaje natural parece ser muy escasa, principalmente por la insuficiente profundidad de las zanjias que la componen y, en ciertos casos, por su deficiente estado de conservación.

Desde enero de 1973, en que se inician los registros freatimétricos, hasta diciembre de 1974 se observa una progresiva elevación general de los niveles freáticos; en forma pronunciada al comienzo y luego más lentamente, con tendencia a estabilizarse. Ello parece ser resultado de un prolongado período, anterior a 1973, caracterizado por un acentuado déficit en el suministro de agua, se

guido de un período de relativa abundancia, según se desprende de lo siguiente:

- a. En los años 1971-1972 solamente en los meses de abril a julio, inclusive, el suministro por el sistema público de riego superó la demanda, en tanto que en los 16 meses restantes se plantearon déficit que en promedio habrán sido del 45%.
- b. En los años 1973-1974, durante 16 meses el suministro público de agua excedió la demanda, mientras que en los 8 meses restantes el déficit de abastecimiento habría sido sólo del orden del 30%.

De la comparación entre los valores estimados de la demanda (*) y los caudales entregados a la red pública de riego en el período 1973-1975 surge que durante 22 meses (61% del tiempo) se realizó un suministro que excedió en gran medida las necesidades, lo que sin duda ha estimulado el sobreriego, con la consiguiente sobre elevación freática.

Al respecto corresponde señalar que, al margen de la ejecución de un eficiente sistema de drenaje, será indispensable modificar el actual sistema irracio-

(*) Para ello se han utilizado las superficies cultivadas según INTA San Juan y las demandas mensuales unitarias calculadas en el estudio de Edison.- Harza.

nal de suministro de agua, que se realiza distribuyendo el -
caudal derivado proporcionalmente a las áreas empadronadas, y
reemplazarlo por otro que se base en las necesidades de evapo-
transpiración de las superficies realmente cultivadas.

Para poner en práctica tales cam
bios parece ser que no sólo será necesario introducir modifi-
caciones de índole legal y organizativo, sino también remode-
lar la red de riego equipándola con un sistema de compuertas-
que permita el aforo y control automático de los caudales dis-
tribuidos (tipo Neyrpic). En caso contrario será muy dificultoso
modificarlos frecuentemente, según las necesidades, garan-
tizando el valor del volumen entregado.

5. ALTERNATIVAS DE DRENAJE

Ante la carencia de datos concre
tos en cuanto a transmisibilidad y porosidad drenable se hizo
menester asumir valores tentativos de dichos parámetros a fin
de poder examinar, con carácter preliminar, los posibles es-
quemas aplicables a la solución del problema de drenaje, tan-
to desde el punto de vista técnico, como desde el económico.-
Las conclusiones y resultados obtenidos se resumen en el pre-
sente apartado.

Asumiendo tentativamente una -

transmisibilidad del acuífero freático de 100-150 m²/día y espesores de 30-40 m., se examinaron sumariamente las posibilidades de empleo de los siguientes tres métodos de drenaje:

- . zanjias de drenaje profundas (\approx 3,00 m.)
- . drenes entubados profundos (\approx 3,00 m.)
- . bombeo desde pozos perforados en el acuífero freático.

Las alternativas fueron planteadas de manera tal que el sistema público de drenaje sirviera para resolver la mayor parte de los casos sin necesidad de aplicar drenaje de carácter parcelario, en su acepción convencional. Según dicha concepción el empleo de este último quedaría circunscripto a aquellos casos donde no fuera posible otro tipo de solución.

Para estimar las condiciones de operación de un sistema de drenaje por bombeo desde pozos perforados, se supuso la extracción de la recarga anual en forma de caudal constante durante el 90% del tiempo, teniendo en cuenta que durante los meses de menor recarga podría hacerse espacio para absorber la de las épocas de pico. Se asumió, además, que toda la recarga sería evacuada por bombeo.(*).

(*) Considerando los valores de uso consuntivo dados por Edison-Harza, una eficiencia de aplicación del 70%, un requerimiento medio de lixiviación del 20% y 10% de pérdidas por infiltración en la red de distribución, resultó una recarga media anual del orden de 6.900 m³/año por Ha. neta regada.

Para los otros dos métodos de drenaje, cuya forma de funcionamiento es esencialmente análogo, se realizó su dimensionamiento tentativo tomando en este caso como caudal de diseño el total de la recarga correspondiente al mes de pico. Asumiendo que los riegos de lixiviación fueron hechos en invierno y que la superficie efectivamente regada fuera del 80% resultó un coeficiente de drenaje de $2\frac{1}{2}$ mm/día, referido al área total.

Para el caso de drenes entubados y teniendo en cuenta su inelasticidad frente a aumentos de caudal, se supuso un coeficiente de drenaje algo mayor que el resultante del cálculo, tomando un margen de seguridad más grande para los tramos superiores, en los que, al ser el área servida más pequeña, mayor resultaría el riesgo de sobrecargas.

Cabe puntualizar que tales valores tienen sólo carácter tentativo y que deberán ser cuidadosamente evaluados en la etapa de proyecto. Los valores definitivos que se adopten deberán cumplir la doble condición de asegurar capacidad suficiente en el sistema, sin caer en un antieconómico sobredimensionamiento del mismo.

De contarse con una transmisibilidad del orden de los 120 m²/día -que en principio parecería ser una hipótesis optimista según los elementos de juicio

recogidos- y con acuífero freático de unos 30 m. de espesor , se requeriría alrededor de un pozo de bombeo para aproximadamente 100 Has. bajo riego; por seguridad, para el análisis económico se supuso un pozo cada 80 Has. regadas.

Según una evaluación preliminar de costos (a precios de marzo 1976), el valor de la inversión por pozo completo, incluida la bomba instalada, elementos de automatización, transformación, línea de conexión a la red eléctrica, etc., ascendería a unos 2,0-2,5 millones de pesos.- Para los cálculos se adoptó un valor de \$ 2.200.000 por pozo, que representaría una inversión unitaria de \$ 27.500 por Ha.- neta.

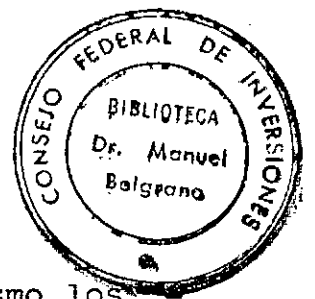
Fue realizada además una estimación de costos anuales que arrojó un valor de 211.000 \$/pozo-año para la parte de capital (*) y 289.000 \$/pozo-año para los gastos operativos, haciendo un total de 500.000 \$/pozo - año, que implicaría una incidencia por hectárea de 5.000 \$/Ha año, referida a superficie total. Aún sin considerar intereses y depreciando las inversiones en 15 años se tendría un costo anual total por hectárea neta regada de unos 4.360 \$/Ha año.

(*) Se calculó tomando un interés del 50% sobre la inversión- y suponiendo para el conjunto una vida útil del orden de los 15 años.

Para una transmisibilidad similar a la asumida en la evaluación del drenaje por pozos, y adoptando un coeficiente de drenaje del orden de 3 mm/día, con drenes con profundidad efectiva del orden de los 3,00 m., se requeriría un espaciamiento de alrededor de 600 m. para controlar el nivel freático a una profundidad normal de 1,50 m. sin necesidad de drenaje parcelario. Ello implica que en esos casos, además de los drenes ubicados sobre zonas públicas, se ría menester construir drenes que atravesaran los módulos de subdivisión denominados localmente "manzanas", con lados de alrededor de 1,0-1,2 Kms.

Por ello, considerando además - que en general se carece de espacio suficiente como para construir zanjas de drenaje profundas y ante el elevado costo que suponen las indemnizaciones de tierra, cultivos y construcciones, a fin de minimizar las zonas de ocupación, se examinó el posible empleo de drenes entubados.

La estimación del costo de construcción de zanjas de drenaje de capacidad normal y de unos - 3,00 m. de profundidad efectiva arrojó (a precios de marzo de 1976) un valor del orden de los 4.200.000 \$/Km., del que alrededor de la tercera parte correspondería a indemnizaciones y un 15% a obras de arte. A los fines del cálculo de aquellas se supuso necesario expropiar toda la franja de ocupación requerida.



Fueron estimados asimismo los costos anuales de las zanjas de drenaje, considerando la necesidad de una limpieza fundamental cada dos años y limpiezas parciales intermedias, complementadas con control químico de malezas. Los costos anuales resultantes fueron: 232.000 \$/Km-año para la parte de capital (*) 162.000 \$/Km.-año para los gastos operativos, es decir un total de 394.000 \$/Km.-año. De no computarse intereses y sí la amortización de la inversión en obra en un plazo de 40 años el costo anual total se reduciría a 232.000 \$/Km.-año.

Tomando como base de análisis un dren entubado con caños de 0,50 m. de diámetro, con una profundidad efectiva del orden de los 3,00 m. y previendo para indemnizaciones alrededor de la cuarta parte del valor correspondiente a zanjas de drenaje (**), se ha evaluado el costo por Km. en el orden de los \$ 3.600.000 (precios de marzo de 1976), del que alrededor del 10% es por concepto de obras de arte. Para un dren tipo con diámetros variables, el costo medio por Km. resultó del orden del 80% de ese valor.

(*) Se supuso la amortización de las obras en 40 años y un interés del 5% sobre toda la inversión, incluida indemnizaciones.

(**) Se estima que alrededor de la mitad del desarrollo podría construirse sin necesidad de ocupar espacio adicional y que la otra mitad requeriría una indemnización por Km. del orden del 50% de la estimada para zanjas de drenaje.

Para un dren entubado con dicho costo medio (2.900.000 \$/Km.) fueron estimados los siguientes costos anuales: de capital 182.000 \$/Km.año; gastos operativos 87.000 \$/Km.año (*), que hacen un total de 269.000 \$/Km.año. Sin considerar intereses, pero computando la amortización de la inversión en obra en un plazo de 30 años el costo anual total sería de 183.000 \$/Km.año.

De la comparación de inversiones y costos estimados para zanjas de drenaje y drenes entubados (ver cuadro siguiente), surge una clara ventaja económica en favor de estos últimos. Esto es válido hasta cierto diámetro de tubería, que podría ser algo mayor de 0,60 m., aunque debería ser establecido en base a un examen de costos más ajustado, a partir del cual, para igual de capacidad de conducción las zanjas necesariamente han de resultar más económicas.

(*) Se asume la amortización de las obras en 30 años, una tasa de interés del 5% y por concepto de mantenimiento una anualidad del 3% de la inversión, que incluye provisiones para reconstrucciones parciales de las tuberías.

ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO

DE

ZANJAS DE DRENAJE - DRENES ENTUBADOS

CONCEPTO		Zanjas de drenaje (1)	Drenes Entubados (2)
Inversión total por Km.	\$/Km	4.200.000 (1,00)	2.900.000 (0,69)
Costo anual de capital	\$/Km/año	232.000 (1,00)	182.000 (0,78)
Costo anual operativo	"	162.000 (1,00)	87.000 (0,54)
Costo anual total	"	394.000 (1,00)	269.000 (0,68)
Amortización más costo anual operativo	\$/Km/año	232.000 (1,00)	170.000 (0,73)

- (1) Corresponden a una zanja de drenaje de 3,30 m. de profundidad y 0,80 m. de ancho de fondo.
- (2) Valores para un ramal con diámetros variables desde 0,30 m. a 0,50 m., con caudal máximo del orden de los 100 l./s.

En función de tales resultados - se consideró que la solución alternativa del drenaje por bombeo desde pozos debería estar integrada por una red mixta, - cuyos ramales superiores, con limitado caudal de drenaje, es tuvieran compuestos por drenes entubados con descarga sobre-

drenes colectores constituidos por zanjas profundas.

Para poder comparar los costos - de ambas alternativas se analizó la red necesaria para un módulo del orden de las 2.800 Has. resultando, para un espaciamiento del orden de los 600 m., los siguientes índices por hectárea bruta: 15 m./Ha. de drenes entubados y 4 m./Ha. de colectores abiertos. Con este esquema la inversión media por hectárea servida sería entonces:

Drenes entubados: 15 m./Ha. x 2.900 \$/m.....	43.500 \$/Ha.
Colectores: 4 m./Ha. x 4.200 \$/m.	16.800 \$/Ha.
	<hr/>
Costo Total por hectárea servida	59.300 \$/Ha.
	=====

Sobre la base de los costos anuales determinado anteriormente, se obtuvieron valores por hectárea servida que se resumen en el cuadro siguiente, en el que se han agregado los datos correspondientes al drenaje por pozos para facilitar su comparación económica.

COSTOS POR HECTAREA SERVIDA
SEGUN METODO DE DRENAJE

CONCEPTO		Pozos de bombeo	Drenes entubados y zanjás
Inversión	\$/Ha	22.000 (0,37)	59.300 (1,00)
Costo anual de capital	\$/Ha/año	2.110 (0,58)	3.660 (1,00)
Costo anual operativo	"	2.890 (1,48)	1.950 (1,00)
Costo anual total	"	5.000 (0,89)	5.610 (1,00)
Amortización más costo anual operativo	\$/Ha/año	4.360 (1,25)	3.480 (1,00)

Nota: Los valores están referidos al área bruta total servida y han sido establecidos considerando un valor del 80% - para la relación área regada - área total.

La comparación de los costos estimados evidenciaría los siguientes resultados:

- a. Como ocurre con otros proyectos, con la solución de drenaje por bombeo la inversión inicial directa sería sustancialmente menor a la exigida por una red de zanjás y drenes entubados. En este proyecto es particularmente acentuada la

diferencia por la fuerte incidencia que tiene el ítem indemnizaciones (alrededor del 20%), que resulta despreciable para el caso de pozos.

- b. Si bien cuando se computa un interés del 5% para el drenaje por pozos los costos anuales totales son algo menores (89%), se invierte la relación cuando se prescinde del mismo y se consideran amortizaciones y costos operativos (125%), lo que indicaría una situación casi de indiferencia entre una y otra alternativa, en lo que hace a este rubro.
- c. Si se consideran los costos operativos, es decir la suma de los conceptos que implican desembolsos efectivos a lo largo de la vida útil, se evidencia una clara ventaja en favor de la red de drenajes, a que la alternativa de pozos de bombeo implicaría un valor del orden del 50% mayor.

Para establecer un más cabal análisis comparativo de las ventajas e inconvenientes entre ambas alternativas, además, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- d. El drenaje por bombeo implica una considerable inversión adicional en el sector eléctrico. Su importancia puede apreciarse considerando que según estimaciones realizadas la potencia demandada para el drenaje de unas 10.000 hectáreas sería del orden de los 6 a 8 mil kilovatios.

- e. En los costos anuales de la solución de drenaje por pozos- debieran incluirse los derivados de la construcción y conservación de las obras necesarias para evacuar el caudal - bombeado y los excedentes superficiales.
- f. Logrado cierto nivel de desalización del acuífero freático, que será más rápida y efectiva que para el caso de la red de drenaje, la solución de pozos permitiría una parcial - utilización para riego del agua de drenaje.
- g. De los valores calculados para los costos de los drenes en tubados y zanjas debieran deducirse las significativas eco nomías que proporcionará el aprovechamiento parcial de la red de desagües existente, especialmente en los rubros ex cavación e indemnizaciones.

6. PROPOSICIONES SOBRE EL PROYECTO

Aunque no surgen ventajas conclu yentes en su favor, considerados globalmente todos los facto-- res, parece que la solución más conveniente sería el drenaje- a través de una red mixta integrada por drenes entubados en los ramales superiores y zanjas de drenaje en el resto. Co- rresponderá revisar esta apreciación en la primera faz de la etapa de proyecto en base a un análisis más ajustado, a reali- zarse una vez que se cuenten con los resultados de los ensa-- yos de drenaje propuestos.

En caso de confirmarse la ejecución de tal alternativa se considera, en principio, aconsejable diseñar una red básica de drenaje con profundidades efectivas cercanas a los 3 m.- Las razones que lo fundamentan son, entre otras, las siguientes:

- a. A mayor profundidad, mayor efectividad y espaciamiento entre drenes, con la consiguiente disminución del desarrollo específico de la red (metros de dren por hectárea servida).
- b. Como los costos operativos no varían sensiblemente con el aumento de la capacidad de los drenes, una red de menor desarrollo implica menores gastos de explotación del servicio.
- c. Drenes de profundidad sensiblemente mayor que la propuesta exigirían, para el caso de zanjas abiertas, anchos de ocupación muy importantes y para drenes entubados plantearían serios problemas constructivos.
- d. Drenes muy profundos y consiguientemente con separaciones grandes tienen poca flexibilidad en cuanto a capacidad de captación frente a aumentos del nivel freáticos.

Cuando se disponga de los resultados de los ensayos de drenaje que se ha recomendado ejecutar, deberán examinarse los criterios en cuanto a profundidades y espaciamientos con vistas a llegar a soluciones que con

cilien el óptimo económico con la factibilidad técnica.

Como surge del análisis económico comparativo de zanjales de drenaje y drenes entubados, se recomienda extender al máximo el empleo de estos últimos manteniéndose dentro de los límites económicos. A tal efecto conviene disponerlos según la dirección posible de mayor pendiente y limitar su desarrollo con frecuentes colectores secundarios normales a los mismos.

Se requerirá un cuidadoso cálculo de los valores del coeficiente de drenaje a emplear, especialmente en caso de drenes entubados que carecen de flexibilidad en cuanto a capacidad de conducción. Se recomienda para ellos adoptar coeficientes de seguridad de valor inverso al tamaño del área servida.

Teniendo en cuenta que la apertura de zanjales profundas de talud vertical (o muy empinado) en materiales saturados y con baja cohesión planteará serios inconvenientes si no se dispone de equipos especiales, será necesario analizar detenidamente los problemas de construcción de drenes entubados como los recomendados e incluso realizar algunas experiencias prácticas.

7. ORGANIZACION DEL ESTUDIO

Para cumplimentar la labor de -

preparación del proyecto ejecutivo del sistema de drenaje del Valle del Tulum se deberán llevar a cabo, entre otras, las siguientes tareas principales:

- a. Condiciones de recarga freática: deberán evaluarse las futuras condiciones de recarga por pérdidas en la red de riego, por percolación profunda en la aplicación del agua y por riegos de lixiviación. Será menester, además, estimar los cambios con relación a la situación imperante durante el período de observaciones freaticométricas.
- b. Evaluación de ensayos de drenaje: se requerirá evaluar los resultados de los ocho ensayos propuestos por el suscripto y, eventualmente de algunos otros que se considere necesario realizar. De ellos deberán extraerse los datos sobre transmisibilidad, porosidad drenable, espesores y características textuales del acuífero freático que se requieren para el examen final de las soluciones a proyectar.
- c. Coefficientes de drenaje: con la información freaticométrica disponible y los resultados de los puntos a y b, se delimitarán áreas con similitud de problemas de drenaje y para ellas se procederá a determinar los valores de diseño del coeficiente de drenaje.
- d. Criterios básicos de diseño: con base en el conjunto de información precedente y teniendo en cuenta el estado de subdivisión, la infraestructura existente, problemas construc

tivos y factores económicos se hará un examen final y se fijarán los criterios en cuanto a profundidad y espaciamento de drenes.

- e. Examen de alternativas: se relevará la información necesaria y se realizarán evaluaciones detalladas de los costos de distintos tipos de dren y de diferentes alternativas de disposición de la red que servirá de base para el estudio y selección del trazado definitivo.
- f. Planialtimetría: en base a la información disponible y al examen del material aerofotogramétrico, se preparará una planialtimetría destinada al estudio del anteproyecto de la red. En ella se incluirán mejoras sobre posibles trazados e infraestructura interesada por los mismos.
- g. Anteproyecto del sistema: seleccionado el trazado se realizará por tramos el cálculo de los caudales de diseño, la fijación de la línea de rasante de los drenes, el cálculo de secciones, la definición esquemática de obras de arte, se fijará la posición planimétrica de las trazas, etc.- Para ello las tareas de gabinete deberán ser complementadas con el reconocimiento de los trazados, a efectos de realizar los ajustes pertinentes.
- h. Relevamientos topográficos: para el proyecto ejecutivo deben realizarse el replanteo y relevamiento de las trazas, comprendiendo: su estaqueo y amojonamiento, medición lineal

y angular y nivelación geométrica del trazado, relevamiento de hechos existentes sobre las zonas de ocupación y preparación de perfiles longitudinales y planimetría. También se relevarán perfiles transversales con densidad que en cada caso deberá definirse.

- i. Proyecto de obras de arte: análisis de alternativas para el diseño de obras de arte tipo y especiales; proyecto y cálculo estructural de las mismas, cómputos métricos.
- j. Proyecto de los drenes: confección del proyecto ejecutivo de zanjas de drenaje y drenes entubados. Cómputos métricos.
- k. Presupuesto: preparación de análisis de precios y cálculo del presupuesto.
- l. Memoria y pliegos: elaboración de las memorias de proyecto y cálculo y confección de los pliegos de condiciones legales y administrativas y de especificaciones técnicas.

Se ha examinado la posibilidad de ejecutar a través de profesionales ajenos al equipo proyectista parte de tales tareas, llegándose a la conclusión de que, por diversas razones, sólo sería practicable realizar de tal forma, las tareas del punto h (relevamientos topográficos) y las del f, aunque estas últimas son de escaso monto.

Existe sí la posibilidad de sub-

dividir la labor de proyecto por sectores -tal vez 2 ó 3- y encarar su ejecución separadamente o por etapas, aunque es de hacer notar que buena parte de los trabajos preliminares serían en cierta medida de carácter común, como también parte de los dos finales.

Considerando que en la zona de estudio existirá personal con experiencia en tareas topográficas -aunque no lo habría con experiencia concreta en la preparación de proyectos ejecutivos de este tipo- pareciera ser aconsejable realizar las tareas del punto h con equipos técnicos locales, bajo una supervisión adecuada.

Cabe agregar aquí que, frente a la embergadura del sistema de drenaje que nos ocupa (tal vez de un costo del orden de los 15.000.000 U\$S), en beneficio de la rapidez de ejecución, calidad del trabajo y economía de inversión, convendría encarar la labor de preparación del proyecto ejecutivo a través de un plantel técnico integrado, con antecedentes de trabajo en equipo y sólida experiencia profesional en la materia.

Las economías que pueda reportar una acertada solución en cualquiera de las distintas cuestiones que deberán ser definidas por el equipo proyectista, representarán cifras que, sin duda, superarán ampliamente el monto de los honorarios profesionales.

Resta finalmente agregar que, se

gún nuestro criterio, los aspectos detallados de la organización del trabajo corresponderá abordarlos en una etapa más avanzada del proceso, cuando se entre en el terreno de su ejecución. Debe considerarse que el criterio personal de los responsables del proyecto ejecutivo obviamente influirá en la forma de organización concreta del trabajo.

8. CRONOGRAMA

La presente estimación de tiempos ha sido realizada en función de las siguientes premisas:

- a. Que la labor de proyecto se circunscriba al área que requiere drenaje subterráneo artificial sobre la margen izquierda del Valle del Tulum, es decir a la zona considerada en el informe del INTA San Juan del 20.11.75.
- b. Que el conjunto de proyectos ejecutivos sea realizado por el mismo equipo, por etapas, subdividiendo a tal efecto el área en dos sectores, a saber:
 - 1ra. Etapa: la zona ubicada al sur de la ruta nacional nº 200, con una superficie servida estimada en el orden de las 16.000 Has.
 - 2da. Etapa: el sector restante sobre margen cuya extensión se estima equivalente a unas 25.000 Has.

- c. Que las tareas topográficas sean realizadas por equipos -
técnicos, independientes del grupo proyectista y se comple-
ten en los siguientes plazos:
- 1ra. Etapa: tres meses de aprobado el anteproyecto, con
entregas progresivas de la información.
 - 2da. Etapa: cuatro meses de aprobado el anteproyecto, tam-
bién con entregas parciales.
- d. Que las tareas no experimenten demoras por trámites de a--
probación parcial mayores de un mes al presentar el ante--
proyecto.

Bajo los supuestos anteriores, -
con carácter tentativo, puede estimarse que en catorce (14) -
meses podrá completarse la documentación correspondiente a
los proyectos ejecutivos de la 1ra. Etapa y en doce (12) me-
ses adicionales la de los de la segunda Etapa. Un cronograma-
detallado requiere definiciones previas sobre varias cuestio-
nes que deben resolverse.

VIEDMA (RIO NEGRO), 10 de Abril de 1976.



Oscar M. Rodríguez Diez .
Ingeniero Civil



ESTUDIO SISTEMA DE DRENAJE

DEL

VALLE DEL TULUM (SAN JUAN)

INVESTIGACIONES COMPLEMENTARIAS

1.- INTRODUCCION

De acuerdo con los términos del contrato suscripto el 30-12-75 con el Consejo Federal de Inversiones, luego de realizada la "revisión y evaluación de la información básica disponible para el estudio de las obras de drenaje en la zona de riego del Valle del Tulum en la Provincia de San Juan", de resultar necesario, debía formular una propuesta de estudios adicionales para la complementación de aquella, con su correspondiente metodología.-

Cumplida la tarea de examen y evaluación de los antecedentes existentes, particularmente de los producidos por el equipo técnico del INTA San Juan, ha surgido la necesidad de obtener por lo menos un mínimo de valores experimentales de los parámetros básicos del acuífero freático que intervienen en el diseño del sistema de drenaje.-

Para el cálculo de la profundidad y espaciamiento entre drenes será necesario conocer:

- Valores de su transmisibilidad, determinados en forma directa o como producto de espesores por las conductividades hidráulicas. Cabe aclarar que si bien han sido determinados numerosos valores de esta última mediante el método del pozo barrenado, ellos básicamente tienen validez puntual y no pueden ser tomados como representativos de la permeabilidad media bajo la cual se opera el flujo subsuperficial hacia los drenes, especialmente por la fuerte anisotropía del acuífero freático.
- Valores experimentales de la porosidad drenable o coeficiente de almacenamiento, para corroborar o ajustar los valores asumidos en función de los datos de conductividad hidráulica. Se requerirá conocer los valores de la porosidad drenable no solo para el cálculo de profundidad y espaciamiento de drenes, sino también para evaluar los coeficientes de drenaje a utilizar en el diseño.-

Para no ocasionar un retraso en la marcha de los trabajos de proyecto, se propone un plan mínimo de ensayos que, aunque no brindará toda la información adicional que sería deseable contar, dará valores que serán de gran importancia práctica para evaluar adecuadamente los parámetros básicos a utilizar en el diseño del sistema de drenaje.-

Teniendo en cuenta que interesa conocer además las características del perfil de la formación que contiene el acuífero freático y las profundidades a que se encuentran las capas que se comportan como hidroapoyo, se recomienda la ejecución de algunas perforaciones que lo alcancen, las que se utilizarán para hacer parte de los ensayos de evaluación de la transmisibilidad y la porosidad drena-

ana



nable. Otros de estos ensayos se propone sean realizados sobre pozos de dimensiones semejantes a drenes profundos ("zanjas largo cero") para obtener datos que respondan a condiciones de funcionamiento similares a las de una red de drenaje.-

2.- ENSAYOS A REALIZAR

Se recomienda ejecutar dichos ensayos, como mínimo, en 6-8 lugares convenientemente elegidos, que sean representativos de los sectores que acusan mayores problemas de drenaje en las distintas zonas a servir con la red a proyectar. Para poder correlacionar los distintos resultados se aconseja que por lo menos sobre dos sitios se realicen ambos tipos de ensayo.-

En todos los casos se requerirá instalar alrededor de cada sitio de ensayo tres freáticos, radialmente separados unos 120° y distanciados del pozo de bombeo aproximadamente 4-6, 8-10, 12-15 metros; estos valores tienen carácter tentativo y convendrá ajustarlos luego de realizados los primeros ensayos, en función de la respuesta al bombeo que se observa en sus niveles.-

Se aconseja ademas los pozos de observación con caños de hierro galvanizado de 1" de diámetro, convenientemente ranurados en su parte inferior.-

Los ensayos consistirán en el bombeo desde la formación de un caudal aproximadamente constante, con determinaciones periódicas de su valor y de los niveles en el pozo de bombeo y en los freáticos o pozos de observación. La periodicidad de las lecturas responderá a lo siguiente:

0	a	$\frac{1}{2}$	hora cada 5 minutos
$\frac{1}{2}$	a	1	hora cada 10 minutos
1	a	$1\frac{1}{2}$	hora cada 15 minutos
$1\frac{1}{2}$	a	$2\frac{1}{2}$	hora cada 20 minutos
Luego cada 30 minutos			

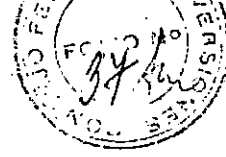
A fin de posibilitar una mejor evaluación de los parámetros del acuífero será también aconsejable medir los niveles en el pozo de ensayo y pozos de observación a partir del cese del bombeo (período de recuperación), con una periodicidad al principio similar y luego más espaciada hasta unas 12 horas después de concluido el bombeo.-

Para efectuar los ensayos podrá utilizarse una bomba centrífuga autocebante de eje horizontal con motor a explosión, aunque en el caso de los pozos perforados puede ser más conveniente utilizar bombas sumergidas. En todos los casos se tratará de realizar los ensayos en sitios con nivel freático más o menos estabilizado, debiendo expulsarse el caudal de bombeo por cañerías hasta una distancia suficiente como para no influir sobre los niveles medidos.-

El aforo del caudal bombeado podrá hacerse volumétricamente con un tanque de unos 200 litros de capacidad, colocado en el extremo distal de la referida cañería.-

En el caso de ensayos sobre "zanjas largo cero", será necesario calcular el

ana



caudal proveniente del agua almacenada en el pozo para, por diferencia, determinar el valor del caudal extraído realmente del acuífero (caudal de la formación). A tal efecto, además de las lecturas de niveles, se necesitará conocer las superficies de los espejos de agua correspondientes a cada uno de ellos, para así poder construir la curva "altura de escala-volumen del cuenco". Se reitera que es necesario mantener aproximadamente constante el caudal bombeado desde la formación, lo que obligará a ir variando el caudal total de bombeo.-

Los pozos perforados serán construidos con un control continuo y cuidadoso de la textura y tipo de material extraído, de manera tal de poder obtener un buen perfil del acuífero freático. Serán ademados con caños ranurados como mínimo en el orden de un tercio de su longitud. En caso de que para un ensayo se emplee una bomba de eje horizontal será tal vez necesario reducir el distanciamiento de los pozos de observación. De utilizar bombas de eje vertical deberá operarse con un abatimiento compatible con la penetración de los pozos de observación en la freática y tal vez alejarlos algo más de lo indicado anteriormente.-

Durante los ensayos la duración del bombeo será como mínimo de 10 horas y convenirá iniciarlo bien temprano, de forma tal que el tiempo de bombeo y las primeras 3-4 horas del proceso de recuperación ocurran durante las horas de luz del día, para facilitar las operaciones.-

Los pozos de las "zanjas largo cero" serán excavados con forma tronco piramidal de aproximadamente las siguientes dimensiones:

- profundidad: $3\frac{1}{2}$ a 4 metros
- sección del fondo $3\text{m} \times 3\text{m}$
- taludes: $1\frac{1}{2}$ horizontal x 1 vertical

Los trabajos se conducirán con el mayor cuidado, de manera tal de lograr una excavación de forma tan aproximada como sea posible al referido tronco de pirámide; ello para facilitar la construcción de la curva volúmenes-niveles.-

De cada lugar de ensayo deberá levantarse un plano en el que se indicarán la posición planimétrica del pozo de bombeo y pozos de observación, con las correspondientes cotas del terreno natural y de la cabeza de los caños de ademe, a las que se referirán las medidas de los abatimientos.-

En la "zanja largo cero" se deberá colocar una escala que cubra todo el rango de variación de nivel previsto, instalándola de manera tal de evitar que sufra movimientos durante el ensayo; para mayor seguridad luego de la terminación de estos volverá a nivelarse su cero para comprobar que no sufrió variaciones.-

3.- EVALUACION DE LOS ENSAYOS

Con los datos de caudales bombeados desde la formación y los abatimientos registrados en los pozos de observación y en el pozo de bombeo, en función del tiempo, se tendrán los elementos para evaluar la transmisibilidad del acuífero y su porosidad drenable. A tal efecto podrá aplicarse el método de Theis, de Jacob u otros, cuyo detalle se encuentra en la bibliografía especializada.-

SANTA ROSA, marzo 5 de 1976.-


OSCAR MANUEL RODRIGUEZ DIEZ



COSTO DE LAS INSTALACIONES PARA EL
DRENAJE POR BOMBEO DESDE POZOS

(a precios de ppio. de Marzo de 1976)

Construcción del pozo

En base a datos obtenidos en San Juan y actualizando valores de perforaciones realizadas en el Valle Medio del Río Negro, se estima el costo de ejecución de la perforación, incluido el desarrollo del pozo, su ademe y filtro a un promedio de 25.000 \$/m.. Para unos 30 m. de profundidad el costo por pozo completo y terminado sería de \$ 750.000,=.

Instalaciones de bombeo

Bombas de eje vertical con motor eléctrico para unos 100 m³/hora y H= 25 m. (\approx 10 kw), completas e instaladas, incluyendo tablero, elementos de automatización y protección, se estima su costo del orden de \$ 700.000,=

Instalaciones para electrificación

Se prevé que, en promedio, sería necesario construir por pozo unos 800 metros de línea trifásica de 13,2 kw. para su alimentación desde la red de electrificación existente; su costo ha sido estimado en aproximadamente 250.000 \$. Se requiere, además, por cada pozo un transformador de 10 kva cuyo costo, completo e instalado, se estima en \$ 300.000.

OSCAR M. RODRIGUEZ DIEZ