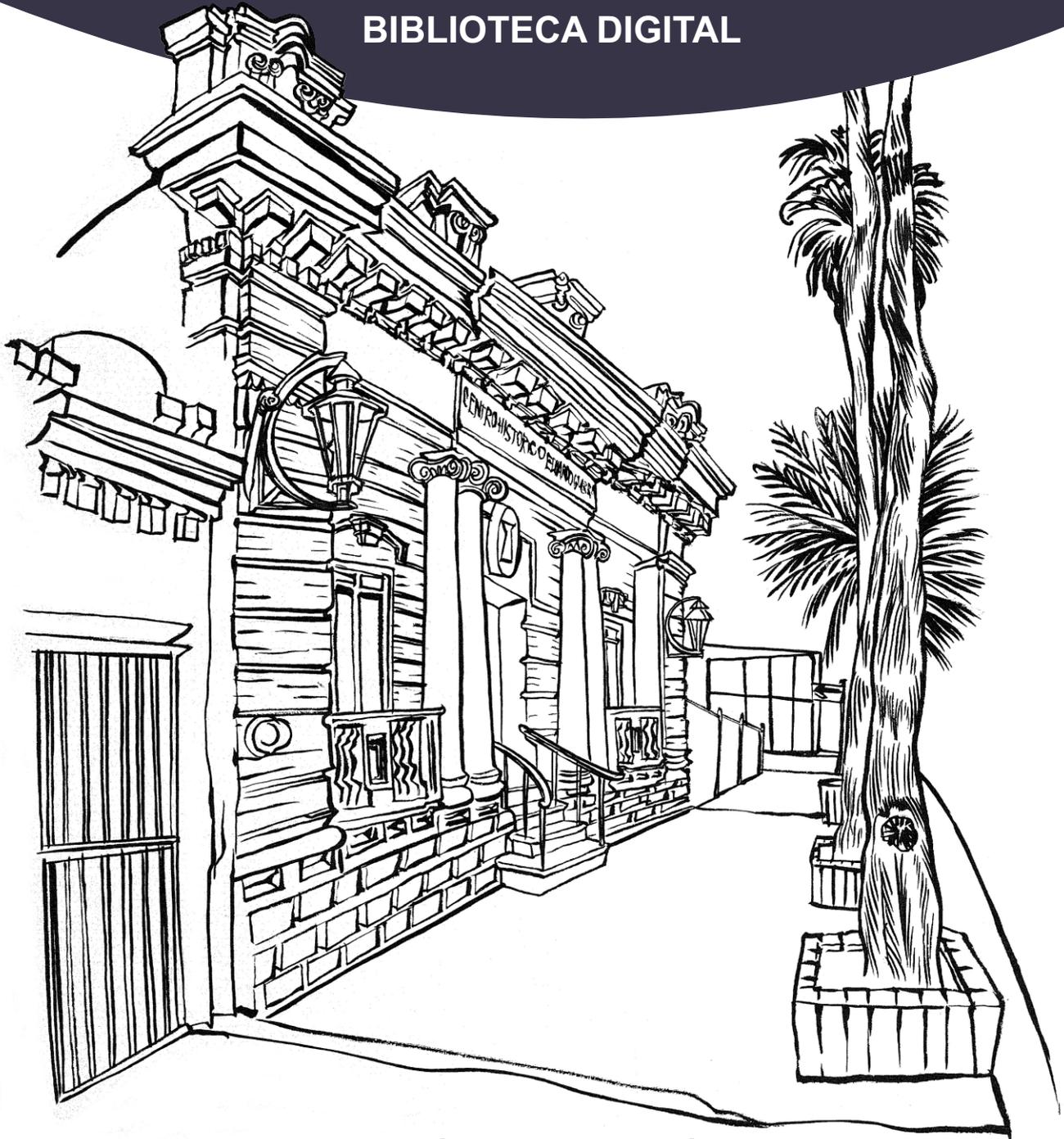




# ARCHIVO MUNICIPAL DE TORREÓN



BIBLIOTECA DIGITAL



C. ACUÑA 140 SUR, TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.  
TEL.: (52) (871) 716-09-13

[www.torreon.gob.mx/archivo](http://www.torreon.gob.mx/archivo)

 Archivo Municipal de Torreón Eduardo Guerra

 @ArchivoTRC

# INFORME

PRESENTADO POR

LOS SEÑORES S. PEARSON & SON, SUCESTORES. S. A.

A. L.

SR. MINISTRO DE FOMENTO

SOBRE EL PROYECTO DE CAPTACION DE LAS AGUAS DEL

## RIO NAZAS



MEXICO

1909

## PREFACIO

---

El proyecto presentado en las páginas siguientes, ha sido preparado bajo la dirección del Sr. J. S. Beresford, C. I. E., M. Inst. C. E., últimamente Inspector General de Irrigación en toda la India, y actualmente Ingeniero consultor de varios Gobiernos Europeos, y del Sr. C. S. R. Palmer M. Inst. C. E., quien antiguamente perteneció al Departamento de Irrigación de la India y últimamente fué Ingeniero en Jefe del Gobierno de Australia del Oeste; y hemos sido ayudados en mucho, por el personal de la Comisión del Río Nazas, sobre todo, por el Jefe de ella el Señor Ingeniero Soto Mayor y el Señor Ingeniero Pardo.

El Gobierno Federal que siempre ha dedicado un gran interés á la protección de aquella región agrícola, envió en distintas ocasiones, y aún mantuvo de igual manera permanente, en los últimos años, una comisión de Ingenieros que han venido estudiando y compilando los datos para estudiar la región, los cuales nos han sido de bastante utilidad para la formación del proyecto que ahora acompañamos, y estos Ingenieros siempre consideraron como idea dominante en sus estudios la construcción de una presa de almacenamiento en la salida ó desemboque del río Nazas, después de venir encajonado en el Cañón de Fernández.

Las exploraciones practicadas cuidadosamente por nosotros en esta zona, han venido á demostrar de una manera concluyente la impracticabilidad de construir una presa en 25 kilómetros arriba del desemboque del Cañón de Fernández debido á la naturaleza especial del subsuelo que no garantiza de ninguna manera la estabilidad de esta presa.

Atendiendo á las razones brevemente expuestas, hemos encontrado que la solución más racional al problema que se presenta, y la cual tenemos ahora el honor de someter á la aprobación de ese Departamento, es la siguiente:

1°—La construcción de un vertedor de desviación, adoptando para esto los sistemas grandemente usados en la India y más recientemente en los Estados Unidos del Norte.

2°—La construcción de un canal maestro que distribuirá, económica y científicamente, las aguas del río á todos los propietarios ribereños, tanto á los de arriba, como á los de abajo de la región.

3°—Como un complemento á las obras antes mencionadas, se construirán presas subsidiarias de almacenamiento en los lugares más apropiados, las cuales quedarán situadas en la cuenca superior del río y en la de sus principales afluentes. Actualmente tenemos ya una comisión especial de Ingenieros en estudio de toda la cuenca hidrográfica del río, con el fin de presentar un informe suplementario sobre este importante asunto, el cual permitirá almacenar un volúmen, quizás mucho mayor que el que podría haberse obtenido con la construcción de una simple presa en el Cañón de Fernández, con el fin de presentar un informe y presupuesto suplementario.

La adopción de este sistema tan brevemente descrito, presenta la ventaja de permitir su mejoramiento gradual y sucesivo á medida que se conozca y se estudie más la cuenca hidrográfica del río.

México, Junio de 1909.

*S. Pearson & Son, Sucesores, S. A.*

## PRIMERA PARTE

### PROYECTO PARA IRRIGACION Y FUERZA HIDRAULICA EN EL RIO NAZAS. EL RIO NAZAS Y EL TERRENO QUE SERA REGADO.

Carácter y situación de los trabajos propuestos.

1. Bajo el título de "Proyecto para irrigación y fuerza hidráulica en el Nazas", se propuso desde un principio lo siguiente: almacenar las aguas de las crecientes del Río Nazas en un único y gran vaso, debiendo estar situado aguas abajo de la villa de Nazas; distribuir el agua por medio de un canal á las tierras que tenían que ser regadas y utilizar la energía del agua, al salir del vaso para producir potencia eléctrica.

Atendiendo á la necesidad de tener un terreno adecuado para la construcción, el vaso propuesto no puede ser llevado á cabo, y hubo que modificar el proyecto, abarcando ahora lo siguiente: una presa-vertedor de desviación en el extremo más bajo del Cañón de Fernández; un canal que partiendo de allí regará las tierras más bajas que él aguas abajo; presas de almacenamiento en sitios río arriba, que serán seleccionados más adelante; y el drenaje de la laguna de Santiaguillo con el fin de aumentar el gasto actual que tiene el río Nazas. Los trabajos para producir la potencia serán estudiados más tarde, después que se hayan escogido los lugares más adecuados para las presas.

Se verá por el adjunto mapa de la República Mexicana, [dibujo No. 1] que el área afectada por el proyecto está situada en los Estados de Durango y Coahuila.

2. Esta área forma parte del gran macizo interior de la República, y es en si misma [dibujo No. 2] de considerable elevación, siendo en su parte más baja, que es el lago de Mayrán, unos 1,100 metros en números redondos encima del nivel del mar, y á partir de ese lugar se eleva á lo largo del río Nazas y sus afluentes, hasta la gran cordillera de la Sierra Madre.

3. Las condiciones geológicas de esta gran área pueden considerarse poco complejas dado el propósito que se persigue en este proyecto.

En las partes más altas de la cuenca, las rocas ígneas básicas son evidentes, Aguas abajo, la roca calcárea es la predominante, si bien no es la única. De esta naturaleza son las capas desde Tetillas río abajo, [dibujo No. 2] por las cuales pasa el río en su camino hacia las tierras planas.

Algunas veces, picos de la misma piedra, sobresalen aquí y allá encima del nivel de las llanuras, siendo, como se ha pensado, las partes más altas de los extractos calcáreos, ahora cubiertas por los aluviones, en los cuales se han formado las llanuras.

4. El río Nazas está formado por la confluencia de varios grandes afluentes, [véase dibujo No. 2] de los cuales los principales son: el río Zape, el río Matalotes, el río Tepehuanes y el río de Santiago, todos ellos teniendo su origen en la Sierra Madre. Además de éstos, cuatro corrientes de menor importancia y de menor categoría afluyen al Nazas; de éstos, dos, el río de San Juan y el río de Peñón encuentran al río principal un poco arriba de la villa de Nazas; y los otros dos, el arroyo del Cobre y el arroyo de Cuencamé, un poco más abajo de esa villa. Después de recibir los últimos afluentes, el río entra en el cañón de Fernández, saliendo un poco arriba de la hacienda del Refugio, pasando después por un lugar más amplio al pie de las colinas y por último, el Nazas alcanza las llanuras casi opuestas á Ciudad Lerdo y después de un curso de unos 65 kilómetros desemboca en la laguna de Mayrán.

5. Se verá, pues que el Nazas tiene el carác-

ter distintivo de las corrientes torrenciales en terrenos similares, pues se ven: la cuenca, en altas montañas; los grandes cortes en las gargantas formadas entre las ramas de menor categoría; el curso tortuoso, entre los últimos ramales de la sierra; y finalmente el cauce deltaico en las llanuras. Mientras el curso en las primeras dos secciones puede ser mirado como permanente, en las otras dos porciones es susceptible de cambio en épocas de fuertes crecientes. Sería extraño que el Nazas no siguiera la regla general, y por esto, no hay que asombrarse al encontrar que el curso actual del río, desde Lerdo á la laguna de Mayrán, es de reciente creación relativamente; las aguas habiendo tenido, en tiempos pasados, su cauce hacia el Tlahualilo, cuyo cauce se encuentra ahora casi desaparecido. No hay que sorprenderse al encontrar que desde El Refugio hacia abajo, en el tiempo de las crecientes, el río socave el pie de sus riveras, dañe las tierras agricultoras y destruya las siembras existentes. Aún más, ahora amenaza seriamente la parte de su margen izquierda entre Lerdo y Gómez Palacio.

Carácter de la cuenca.

6. Aguas arriba del extremo más bajo del Cañón de Fernández donde se propuso en un principio que la presa debía de ser situada, y en el mismo lugar donde ahora se propone colocar la presa-vertedor de desviación, la cuenca del río Nazas no es menor que 33,900 kilómetros cuadrados en números redondos, ó lo que es lo mismo, 13,100 millas cuadradas. Grandes porciones de esta gran área, incluyendo toda la parte más baja, están formadas, casi completamente, de roca calcárea de diferentes edades cubierta con una capa de tierra vegetal más ó menos delgada; pero en las regiones más altas especialmente en las superiores, la roca ígnea como se dijo anteriormente, resalta á la vista. No hay mucha agricultura posible en esta cuenca, actualmente ni un 1% del terreno está dedicado á este objeto.

Lluvia.

7. Los datos que se tienen de observaciones de lluvias, son pobres y parciales y demasiado pocos para un uso directo; pero sí, son útiles para servir de comparación con los de otros lugares. La siguiente tabla se ha formado considerando estos datos.

**TABLA No. 1**

**Cantidad de lluvia caída en ciertas estaciones y en la cuenca del Río Nazas**

AÑO	Lluvia en milímetros en ESTACIONES O LUGARES DE LA CUENCA				
	LERDO en área que sería regada	NAZAS	SANTIAGO PAPASQUIARO	PARRAL	BALLEZA
1903	?	?	?	319	?
1904	?	?	?	421	431
1905	?	?	?	571	434 <sup>(3)</sup>
1906	249 <sup>(1)</sup>	427 <sup>(1)</sup>	464 <sup>(1)</sup>	756	318
1907	113	242	414	380	412 <sup>(3)</sup>
1908	188	180	14 <sup>(2)</sup>	99 <sup>(4)</sup>	154 <sup>(4)</sup>
1909				197 <sup>(5)</sup>	134 <sup>(5)</sup>

(1) De Julio á Diciembre únicamente.

(2) Del 1º de Enero al 14 de Abril únicamente.

(3) Aparentemente incompleto.

(4) De Enero á Julio únicamente.

(5) De Agosto á Diciembre únicamente.

8. Parral y Balleza no están dentro de la cuenca del Nazas pero están á unos 60 kilómetros al norte.

Están situadas sin embargo, en tierras altas, como son los nacimientos de los afluentes del Nazas. Suponiendo como es razonable, que la lluvia en Parral y Balleza sea aproximadamente la de las regiones adyacentes á la cuenca del Nazas, la lluvia media en la cuenca, aguas arriba del Refugio, puede ser tomada probablemente como de 400 milímetros, ó lo que es lo mismo 15 ó 20 pulgadas inglesas por año.

Carácter  
de la corriente  
del río.

9. La lluvia cae, generalmente hablando, en la última mitad del año, dando por resultado que desde Julio á Diciembre no solamente baja el agua en el río Nazas en una ó más grandes crecientes, sino que hay también una corriente constante considerable durante este período. En las regiones más altas, por ejemplo en Tepehuanes, [véase dibujo No. 2] durante los doce meses del año, hay constantemente corriente en los principales afluentes, ayudada ésta, sin duda, por el deshielo en la Sierra Madre; pero más abajo, en la parte seca, esta agua se

pierde gradualmente por evaporación y filtración ayudadas como se verá más tarde por la irrigación.

En Nazas, muy cerca á este lugar á donde las aguas del vaso en un principio hubieran alcanzado cuando llegaran á su altura máxima, hay una corriente muy pequeña durante todo el año, la corriente va disminuyendo gradualmente á partir del último mes húmedo, hasta que por fin, apenas si es bastante para filtrarse entre las gravas y guijarros ó cantos rodados dentro del lecho del río. Esta disminución es más marcada cuando se alcanza y atravieza el terreno amplio y abierto, abajo del Refugio; se dice que durante todo el año, salvo en épocas excepcionales, siempre se encuentra agua estancada en esta parte del río hasta la presa de San Fernando [véase dibujo No. 3] pero que aguas abajo de este punto el lecho del río se seca generalmente en Diciembre, y en épocas excepcionales, algunas veces desde Octubre.

Nivel del  
agua en el 10.  
subsuelo.

Desde la villa de Nazas, muy cerca á cuyo lugar las aguas del lago propuesto hubieran alcanzado cuando á su nivel máximo, hasta la salida del Cañón de Fernández, el río corre por terreno montañoso. Variando considerablemente la dirección de los ramales y contrafuertes de la cordillera, en estas regiones, el río, en su origen superior atravieza varias hileras de esos contrafuertes; mientras que en la parte más baja se extiende en un valle estrecho entre dos hileras. Puede suponerse sin embargo que en esta extensión, que es desde Nazas hasta el Cañón de Fernández, la pendiente del agua del subsuelo es hacia el río; el nivel en el río, en el sitio de la presa vertedor de desviación, fué en Enero de 1909 de 1171 metros arriba del nivel del mar, mientras que en un pozo á 200 metros distante sobre la margen izquierda fué de 1174½.

11. En la próxima sección, es decir desde el sitio propuesto para la presa vertedor, río abajo hasta la presa de San Fernando, la pendiente del agua del subsuelo se dirige también hacia el río. Así, el nivel de la superficie del río cae sucesivamente desde Sapioriz, donde en Enero de 1909 era 1161.7

hasta 1157.5 enfrente de Goma, 1156.1 opuesto á Loma, 1146.8 dos kilómetros arriba en un punto opuesto á Aviléz y de 1143.00 á un kilómetro abajo en un punto opuesto al mismo pueblo. Los niveles del agua en el mismo mes en pozos no utilizados con frecuencia, eran, en Refugio 1169.7, cerca de Goma 1159.6, en las orillas de Loma 1157.8, y en Aviléz 1146.0; los niveles del terreno en los últimos tres siendo respectivamente de 1161.0, 1165.0 y 1150.0.

Niveles del  
aguarío abajo  
de la Pre-  
sa de San  
Fernando.

12. En la tercera sección que es río abajo de la presa de San Fernando, los niveles del terreno en ciertos pozos, el nivel del agua en estos pozos y el del agua en el río donde no está seco y que se tomaron en diferentes días de Febrero y Marzo de 1909, resultaron ser los siguientes:

**TABLA No. 2**

**Niveles del agua río abajo de la presa de San Fernando**

POSICION DEL POZO	Nivel del terreno en el pozo	Nivel del agua en el pozo	Nivel del agua en el río	Distancias del río al pozo
Alrededores de Gómez Palacio	1133.5	1124.7	seco	
En "La Rinconada"	1136.7	1124.4	seco	
En "Cuba"	1131.2	1124.7	seco	
486 m. al Este de "San José"	1126.1	1119.6	seco	
En el "Compás"	1123.0	1116.6	seco	
350 m. al este del Pilar	.....	1118.0	1118.1	} 1450 mts. al Oeste del pozo
San Angel	1119.3	1112.9	no tomado	
Santo Niño	1116.8	1111.0	.....	
En Vega opuesto á km. 47.7	1107.8	1101.3	1104.1	

Pendiente del lecho del río y del terreno adyacente.

13. La pendiente del lecho del río y la del terreno adyacente, generalmente sobre ambos lados es diferente en las 3 secciones á saber: desde cerca de Nazas hasta el lugar propuesto para la presa-vertedor, en el Cañón de Fernández; desde este punto hasta la presa de San Fernando y desde este último hasta el vertedor de la Colonia. El régimen del río ha sido interceptado por numerosas presas submergidas erigidas, como explicado más delante, á través de su lecho, pero estas siendo bajas no han tenido excesiva influencia. La presente pendiente puede ser calculada de dos maneras: primeramente medir la longitud á lo largo de todas las sinuocidades que

sigue el río cuando hay poca agua; ó medir la distancia que sigue la dirección general del agua cuando el río lleva la de las grandes crecientes.

Las distancias y pendientes por el segundo de estos dos métodos sería aproximadamente como sigue:

En la sección desde Nazas hasta el sitio propuesto para la presa-vertedor:

40 kilómetros con pendiente de 1 en 800.

En la sección desde el sitio propuesto para la presa-vertedor hasta la presa de San Fernando

30 kilómetros con pendiente de 1 en 1000

Y desde la sección de la Presa de San Fernando hasta el vertedor de la Colonia

Casi 1 en 2000.

14. La pendiente en la primera sección mencionada sería mucho más fuerte si no fuera por un tramo plano como á la mitad del curso, donde por una distancia como de unos 20 kilómetros la pendiente á lo largo del lecho del río es 1 en 2000.

15. Existiendo huellas de las crecientes en el sitio propuesto para la presa-vertedor, como se verá más adelante, es muy conveniente fijar la pendiente en los tramos aguas arriba y aguas abajo de dicho sitio. Estos niveles y distancias han sido construidos en detalle y demuestran que en dos kilómetros justamente arriba de la presa-vertedor propuesta, la pendiente es de 1 en 769 y en un kilómetro y medio abajo de ese punto es de 1 en 1667 ó por término medio una pendiente en los tres kilómetros y medio de 1 en 1100.

Gasto de  
la creciente  
máxima del  
río.

16. En la región agricultora aguas abajo del Refugio, no hay esperanzas de encontrar huellas de las crecientes; apenas si existen recuerdos, y esto solo en los casos excepcionales en que las casas de los habitantes de los pueblos se vieron amenazadas por las crecientes. La información obtenida de ellos, sin embargo, aunque de utilidad en decidir la localización del canal, es inútil para el objeto de llegar al gasto máximo probable en el lugar de la presa-vertedor y aún más en vista de que el río Nazas desbordando en sus máximas crecientes y estrechán-

dose el valle en ciertos lugares, se forman remanses y lagos que destruyen las siembras existentes, según cuentan los habitantes; pero nada de eso da dato alguno para tener idea sobre el gasto actual.

17. Hay, sin embargo, dos fuentes de valor concernientes á esto: una, consistiendo en las marcas de las crecientes en el Cañón de Fernández en el sitio propuesto para la presa-vertedor; la otra, en los libros de la Comisión Inspectora del Nazas, un cuerpo elegido, como se verá más adelante; con el propósito de distribuir equitativamente las aguas del río entre las distintas comunidades agricultoras. El gasto del Nazas, como medido día á día por este cuerpo, desde 1896 hasta 1908, aparece en el diagrama No. 1 que acompaña á este informe. Se verá de allí que la creciente máxima registrada ocurrió en 1897, el gasto siendo en total de 2070 metros cúbicos por segundo. Sin embargo es natural que este debe ser la gran cantidad menor que el máximo actual en el sitio propuesto para la presa-vertedor, atendiendo como se acaba de establecer al derrame y detención de las aguas en los 37 kilómetros poco más ó menos que hay entre el vertedor de medida de la Comisión Inspectora y el Cañón de Fernández.

18. En el Cañón de Fernández, en el sitio propuesto para la presa-vertedor, existen huellas de las crecientes, en forma de restos sobre árboles situados en el curso general de la corriente. Las marcas son antiguas, siendo localmente señaladas como de la creciente de 1903, y por eso muy posible algo más baja que el nivel máximo de las aguas de las crecientes; pero aún así, el gasto calculado según la pendiente del lecho desde en § 15, llega á 2788 metros cúbicos por segundo. Por consiguiente, es razonable suponer, que crecientes de 3000 metros cúbicos por segundo han ocurrido, y que tales crecientes representarían una corriente de casi 0.9 de metro cúbico por kilómetro cuadrado de área drenada ú 8.1 de pié cúbico por milla cuadrada. Este es un gasto comparativamente bajo si juzgado por los Standards Indios, pero no si medidos por los gastos de las crecientes de esas regiones de los Estados Unidos en proximidad con los límites de México,

19. La tabla No. 1 demuestra que la lluvia en Lerdo, por la cual se puede juzgar la de las llanuras, es de unos 18 cms. por año, cantidad completamente insuficiente para la agricultura.

Desde hace tiempo fueron empleados medios para utilizar las aguas del río Nazas para la irrigación.

Siguiendo el curso natural de las cosas, el método más antiguo de sacar el agua del río fué por medio de un tajo abierto entre una de sus márgenes pero según adelantó el ramo, presas-vertedores fueron colocadas á través del lecho y canales regulares construidos con reguladores de mampostería en su origen. Desgraciadamente, sin embargo había poca cooperación entre los distintos intereses, y prácticamente, cada uno cortaba su propio canal. Inevitables desacuerdos siguieron á esto, tales como la cantidad de agua que cada canal tenía derecho de tomar del río, y las disputas fueron tan serias hasta que el Gobierno Federal las contuvo decretando reglamentos para la mejor y más equitativa distribución del agua y estableciendo una Comisión Inspectorá para administrar los reglamentos.

20. Pero como se explica en § 9 la sección comprendida desde el Refugio hasta un par de kilómetros antes de Lerdo, el río contornea entre las colonias donde las tierras planas y cultivables son de pequeña extensión relativamente y como el gasto es bastante regular, la jurisdicción de la Comisión Inspectorá no fué extendida á esta sección, sino que se confirió solo á la parte del río desde Lerdo aguas abajo. Datos valiosos como aparecerán al presente, se sacan de los Anales de la Comisión desde 1896 á la fecha; tales como la corriente y la distribución del agua en la faja de terreno dentro de su conocimiento; y de estos datos, las cantidades de la tabla No. 3 referentes al gasto total anual, han sido obtenidos. Estas cantidades no son completamente correctas ó casi completas, como aparecerá después; pero son bastante suficientes para su uso en este punto.

**TABLA No. 3**

**Gasto anual del Río Nazas en la parte opuesta á Lerdo según los Anales de la Comisión Inspectorá.**

AÑO	GASTO Millones de metros cúbicos	AÑO	GASTO Millones de metros cúbicos
1896	1135	1903	749
1897	2540	1904	797
1898	990	1905	2306
1899	249	1906	2227
1900	803	1907	500
1901	330	1908	623
1902	727	Promedio	1075

Se manifiesta inmediatamente al considerar las variaciones del gasto reveladas en esta tabla, y más claramente tal vez en el diagrama No. 1, por que había tantas y tan grandes disputas antes del establecimiento de la Comisión. Esta cuestión del gasto anual es muy importante y sería bueno antes de pasar á otro asunto, comparar estas cantidades con las obtenidas en otros lugares.

Variación en el gasto anual.

21.

Lo primero que más llama la atención, en la tabla y el diagrama, es la variación en el gasto anual; habiendo existido una corriente de 2540 millones de metros cúbicos en 1897 y únicamente de 249 millones en 1899. Aunque esta diferencia es grande, no es tanta como en algunos lugares en que la lluvia es aproximadamente la misma. Así, por ejemplo, las variaciones del río Helena en Australia en 5 años sucesivos fueron respectivamente: 11689 metros cúbicos, 5709 metros cúbicos, 29477 metros cúbicos, 4313 metros cúbicos y 941 metros cúbicos por kilómetro cuadrado de área drenada. La variación aquí es de 30 á 1, es decir, tres veces mayor que cualquiera de las registradas en el Nazas.

22.

Para las operaciones agricultoras existe un asunto de mucha mayor importancia que las variaciones extremas y es: la repetición del número de años inferiores al promedio, caso que se presenta y existe en todos los países. En la India, la cuestión del número probable de años secos en las distintas partes de ese país ha sido investigada y recopilada

por la Comisión de Irrigación, durante los años de 1901 á 1903. De sus estados publicados, las cifras de la tabla No. 4 han sido tomadas, los lugares escogidos teniendo una lluvia anual de 25 á 63 cms. contra probablemente de 38 á 50 cms. en la cuenca del Nazas, dada en el § 7 pasado.

**TABLA No. 4**  
Número probable de años secos durante 50 años en ciertas partes de la India

LOCALIDAD O REGION	Lluvia media anual	Probable número de años secos durante 50 años		
		Años en que la lluvia fué de 25% á 40% menor que el promedio	Años en que la lluvia fué más que el 40% menor que el promedio	Total de años secos
Punjab, sudeste	23 inches	8	5	13
Punjab, central	23 „	7	6	13
Ajuir, Menvara	20 „	5	6	11
Punjab, oeste	10 „	5	9	14
Madrás, Deccan	25 „	6	7	13

23. No existiendo como se dijo en § 7, observaciones de lluvias adecuadas para compararlas con las de la India, es necesario utilizar la tabla del escurrimiento total (No. 3) § 20, para este objeto. Es evidente desde luego, que la corriente en 4 de los 13 años, fué inferior en más que el 40% del promedio, y en otros 4 de estos mismos 13 fué comprendida entre un 25 y 40% menor que el promedio. Los años secos pues, por lo que concierne al escurrimiento fueron 8 de los 13. Es bien conocido, sin embargo, que las variaciones de lluvia son exageradas cuando se considera la cantidad de agua que escurre, pues, mientras más pequeña sea la lluvia en un año, menor sería el por ciento que corre en la cuenca. Se puede considerar que las variaciones mostradas en los Anales de la Comisión Inspectorá, que son las de la tabla No. 3, no representan especialmente un mal ciclo de años, pues con toda probabilidad, constantemente reaparecerán.

24. Sería útil, antes de abandonar este punto, comparar el escurrimiento de la cuenca del Nazas, 33900 kilómetros cuadrados, con cuencas de otras regiones, y que son consideradas como justamente secas. Se mostrará por comparación que el escurrimiento de

la cuenca del Nazas no es muy bajo. Por tabla No. 3 se ve que el gasto de la cuenca del Nazas, desde 1896 á 1908, fué por término medio al año de 31710 metros cúbicos por kilómetro cuadrado. También que de 1905 á 1907, para los cuales las estadísticas de lluvia están dadas en la tabla No. 1, el gasto fué por término medio la respetable suma del 13%.

25. Por comparación, se puede establecer que el río Thebus en la Colonia del Cabo, Sud Africa, con una lluvia anual de 45 cms., tiene un escurrimiento de 40800 metros cúbicos por kilómetro cuadrado.

26. En el Transvaal, Sud Africa, el por ciento del escurrimiento de la lluvia, donde esta es de 51 cms. al año se considera que varía desde el 19% donde la cuenca es muy pendiente y montañosa, hasta el 5% ó menos donde hay mucho terreno plano comprendido en ella.

27. En la parte occidental de Australia, el escurrimiento medio anual de 5 años sucesivos fué de 10426 metros cúbicos por kilómetro cuadrado, la cuenca, en su parte alta, siendo plana y porosa.

28. Finalmente, viniendo más cerca de México, ejemplos pueden ser tomados en Arizona y Texas. En el primero, el río Salado con una area de drenajé de 12260 millas cuadradas, es decir, 31750 kilómetros cuadrados, se acepta tener un gasto anual de 89200 metros cúbicos por kilómetro cuadrado; y el río Grande con una cuenca de 30000 millas cuadradas ó su igual 77700 kilómetros cuadrados, fué calculado tener un gasto anual en El Paso, de 17300 metros cúbicos por kilómetro cuadrado.

29. Tomando estos resultados en el extranjero, como un todo, se encuentra que, con lluvias de cerca de 51 cms. el gasto medio por kilómetro cuadrado varía desde un número de 10426 metros cúbicos en Australia, á un máximo de 89200 metros cúbicos en América; mientras las proporciones de gasto en un año muy húmedo pueden ser 30 veces la de un año muy pobre, como en Australia. Es pues razonable por eso suponer que las cantidades de la tabla No. 3 representan condiciones justas en el Nazas.

30. De la misma manera que los otros ríos, en época de las crecientes, el Nazas acarrea una canti-

dad de detritus de distinta naturaleza, proviniendo del desgaste ó eroción de las rocas y de la destrucción de los vegetales. En el Cañón de Fernández los depósitos dejados por el río consisten en arena y cantos rodados los cuales, sin embargo, no pueden aumentar en cantidad, hasta cierto límite, á juzgar por los niveles tomados desde hace tanto tiempo á partir de 1897. Aguas abajo del Cañón, el material transportado por el río es más fino pero en considerable cantidad. En 1908 muestras de aguas fueron tomadas bajo la dirección de la Comisión Inspectorá, en cinco días diferentes. Estos datos y el estado del río en esa época, son indicados en el diagrama No. 2, y se comprende que el agua fué tomada de la profundidad media, en un punto adyacente á las obras de la boca-toma del canal de San Fernando.

31. Las muestras fueron mandadas á México y la materia en suspensión y en disolución, fueron examinadas por el Instituto Geológico. Los resultados del exámen están dados en su totalidad en las tablas Nos. 5 y 6, la cantidad encontrada en el agua siendo como sigue:

En Julio 25.....0.13% del peso del agua  
 En Julio 28.....1.19%   "   "   "   "  
 En Agosto 4.....1.68%   "   "   "   "  
 En Septiembre 11.....0.13%   "   "   "   "  
 En Septiembre 14.....0.20%   "   "   "   "

**TABLA . 5**

**Análisis de las Aguas del Río Nazas.  
 Materia en Suspensión.**

Número de Creciente	Peso Mat. en suspensión por Metro Cúb.	Alcalis	Cal	Magnesia	Sesquióxido de Hierro	Alúmina	Silice	Anhidrido carbónico	Acido Sulfúrico	Materia orgánica	Pérdida
		Kgs.	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1ª	1.265	0.540	20.170	3.400	14.968	11.750	32.430	14.370	1.001	1.387	0.004
2ª	11.920	0.430	22.120	3.001	12.589	10.650	33.380	14.259	1.070	2.500	0.001
3ª	16.759	0.330	24.120	2.800	10.350	10.350	33.682	15.000	0.811	2.488	0.029
4ª	1.304	0.380	21.100	3.207	13.718	9.817	34.722	13.489	1.722	1.792	0.053
5ª	1.994	0.393	22.002	3.807	14.507	9.903	33.978	12.978	1.810	1.578	0.044

México, Enero 9 de 1909.

**TABLA No. 6**

**Análisis de las Aguas del Río Nazas.**

**Materia en Solución.**

Creciente	Peso Mat. en solución por litro	Alcalis	Cal	Magnesia	Sesquióxido de hierro y aluminio	Silice	Anhidrido carbónico	Acido sulfúrico	Materia orgánica	Acidos nítrico y nítrico	Pérdida
		%	%	%	%	%	%	%	%	Huellas	%
1ª	0.2038	2.76	43.22	4.28	22.99	1.43	22.10	1.33	1.23	Huellas	0.66
2ª	0.260	2.23	34.30	3.42	28.65	1.69	25.00	1.11	1.84	,,	1.76
3ª	0.2697	2.12	37.11	3.52	28.13	1.11	25.97	1.08	1.92	,,	0.96
4ª	0.190	2.64	41.05	3.95	20.90	1.32	26.42	1.43	1.42	,,	0.87
5ª	0.198	2.036	41.056	4.00	25.130	0.520	24.990	1.010	1.011	,,	0.247

México, Enero 9 de 1909.

32. Al examinar el diagrama No. 3 se verá que ninguna de las muestras fué tomada durante las más altas crecientes cuando la velocidad y potencia de transporte del agua son máximas. Esto no importará mucho si se atiende á las aguas de Septiembre; antes de dicho mes el río habría transportado la mayor parte del material suelto de esa estación pero si, hubiera sido de gran valor haber tenido muestras y análisis correspondientes del agua en los días 9, 15 y 24 de Agosto. Careciendo de este dato, no es posible hacer más que una aproximación tosca de la cantidad media probable de materiales acarreados por el río año á año; pero teniendo en consideración todas las circunstancias del caso, puede decirse que probablemente un 0.5% á 0.6% por volúmen, término medio, es una buena estimación. La cantidad de agua, según tabla No. 2 que pasaba por San Fernando en los 9 años desde 1896 hasta 1904 fué 8326 millones de metros cúbicos, ó un promedio de 925 millones por año. Esto sin embargo, es menor que la cantidad actual, como se verá más adelante en este informe, pero 1000 millones es suficiente para basar la estimación de la cantidad de materias acarreadas por el río cada año. Sobre esta base la cantidad media sería de 5 á 6 millones de metros cúbicos por año.

33. Resumiendo todo lo dicho en esta sección del presente informe, puede establecerse que la cuenca del río Nazas es en su mayor extensión montañosa

de unos 34000 kilómetros cuadrados, y tiene una lluvia media de 38 á 50 cms. por año. Hay poca agricultura en el area de la cuenca, y el por ciento de escurrimiento es respetable, pues ha resultado que unos 1075 millones de metros cúbicos anuales por término medio, han sido registrados pasando por la presa de San Fernando durante los últimos 13 años.

34. Como se ve el escurrimiento varía mucho de año en año siendo los más abundantes hasta diez veces mayores que los años pobres. Más aún, este escurrimiento no consiste unicamente en la mayoría de las veces, en crecientes, sino que cesa absolutamente en Diciembre, en las partes bajas del río. La extensión de tierra adecuada para la agricultura siendo prácticamente ilimitada, estas variaciones en la corriente dieron origen á tantas dificultades y molestias en todo lo concerniente á la agricultura dependiendo del riego producido por el Nazas, que el Gobierno Federal tuvo que intervenir y reglamentar la distribución de las aguas. El reglamento bajo el cual la corriente del Nazas ha sido repartida, los métodos de agricultura que han seguido y los resultados obtenidos, serán detallados en la siguiente sección de este informe.

## SEGUNDA PARTE

### DISTRIBUCION ACTUAL DE LAS AGUAS DEL RIO NAZAS Y RIEGO POR LAS MISMAS.



35. Ya se ha demostrado en los párrafos anteriores, que desde el Cañón de Fernández hasta un poco antes de la presa de San Fernando, existe agua en el río en mayor ó menor cantidad durante todo el año de riego. Este estado de las cosas cambia de una manera algo brusca cuando se ha llegado á la presa de San Fernando, así es que los canales que tienen sus tomas un poco antes que el lugar de esta presa, necesitan poca cantidad de agua de las crecientes durante esos meses. Las condiciones del río, siendo peores en las regiones más bajas, han dado origen á que los métodos de cultivo en las dos partes de la región, se hallan desarrollado diferentemente y por eso es necesario describirlas aparte.

Siembras  
cultivadas y  
regadas en  
la parte an-  
terior á la  
presa de San  
Fernando.

36. Las propiedades que se encuentran río arriba de San Fernando, y que están regadas por las aguas del Nazas, son pocas en número y de área relativamente pequeña. Cada una de estas propiedades tiene un canal propio y toman el agua desde el río, estos canales son: el de San Jacinto un poco anterior al sitio propuesto para la nueva presa-vertedor; el del Refugio inmediato al sitio propuesto, y otros cinco más. Los dos primeros, lo mismo que los de Goma y San Juan de Casta, se encuentran en la margen izquierda; estando en la derecha los canales de Loma, Aviléz y San Carlos.

37. Cada una de esas propiedades tiene, á través del río, su presa particular, estando construidas con cantos rodados y que se les han añadido más, de cuando en cuando, atendiendo á las necesidades.

Como una gran cantidad de agua pasa por el lecho del río filtrándose por la parte baja de las presas y como otra se queda en los charcos, estas unidas facilitan el riego constante; pero hay años en que el agua es escasa y entonces tiene que ser utilizada con cuidado.

38. Los canales son pequeños y toman el agua por medio de un tajo por un lugar abierto y situado un poco antes que sus respectivos vertedores.

Generalmente están cerrados por diques temporales y el agua escapa durante algún tiempo por el río; también se consigue esto, especialmente en tiempo de secas, disminuyendo la altura del umbral del vertedor, y se aprovecha este tiempo para quitar el limo depositado en el canal. Algunas veces hay escapes de mampostería, y que se utilizan durante las crecientes para limpiar el canal. No obstante esto, la dificultad que se presenta por el río es momentánea, pues según los datos que se tienen de los terratenientes, el costo medio anual de limpia en los de cada propiedad es de \$ 2000 á \$ 3000; siendo el depósito en la toma, de un metro á medio metro y disminuyendo gradualmente hacia adelante.

Parte de ésto es debido á que en los cruces con las líneas de drenaje, se admiten éstas en algunos de los canales.

39. Los productos cultivados en la parte de arriba del río son: algodón, trigo y maíz; pero la cosecha de este último se ha visto que no da algún provecho, pues en general se dice que resulta más barato comprarlo que cosecharlo. Cuando el agua no es demasiado abundante, como la que se necesita para el algodón, el trigo crece especialmente pues con un 40% del agua necesaria para el algodón se obtienen resultados provechosos. Si el agua es abundante y las nevadas no se han presentado en el Otoño, no hay duda de que la cosecha del algodón sea abundante.

40. La manera de sembrar y regar estas tres clases de cultivo es como sigue:

ALGODON.—En Enero, un buen riego seguido por la siembra á fines de Febrero ó á principios de Marzo. Después, ligeros riegos con

intervalos de quince días, hasta el Otoño; excepto cuando llueve. El algodón se cosecha de cuando en cuando, desde Agosto hasta Diciembre, según el tiempo.

TRIGO.—El primer riego en Noviembre, siguiéndolo la siembra. Unos ligeros riegos se dan en Enero, Febrero y Marzo, y la cosecha es en Mayo.

MAIZ.—El primer riego se dá en Junio, seguido de la siembra, y en Agosto, Septiembre y Octubre, uno cada mes, al menos que llueva que entonces no será necesario el riego artificial.

41. Según esto, se manifiesta que necesitándose durante todo el año agua para el riego de esta área, y existiendo en el año, no hubo necesidad de que el Gobierno dictara un reglamento para su uso en este lugar. Pero en cambio, estos propietarios de arriba han sufrido bastante con las crecientes, sobre todo la de 1903 que ha dejado recuerdos impercederos, por la destrucción que hizo el río. Una fuente adicional de gasto es la que originan las protecciones de las tierras contra la invasión del Nazas atendiendo á que el río tiende á socavar sus márgenes.

42. No habiendo necesidad de inspeccionar la cantidad de agua tomada por los propietarios, al contrario de los de abajo, no hay dato alguno sobre dicha cantidad, ni sobre el gasto del río y pérdida por filtración en el lecho.

Siembras  
cultivadas y  
regadas río  
abajo de la  
presa de San  
Fernando

43. Siendo las propiedades muy extensas, río abajo de la presa de San Fernando y atendiendo á que durante el tiempo de secas la corriente no se extiende más allá de San Fernando y que en la época de las crecientes este gasto fluctúa en gran escala, como se ve en el diagrama No. 1. la agricultura depende de riegos irregulares, así es que las corrientes se han visto obligadas á tomar toda la cantidad que les corresponde, sólo durante las crecientes y para ese fin han construido grandes canales, que á no dudarlo, deben sufrir grandes pérdidas cuando corren llenos. En caso de no tener ese medio perderían el agua.

44. Generalmente las propiedades son muy extensas y cada una tiene su canal propio, que toma el agua en el río, á una distancia considerable; originado esto por la necesidad de alcanzar en su parte más baja, una altura adecuada para poder regar las tierras que lo necesitan. Resultó de esto una gran combinación de vertedores, pero por regla general se puede decir que cada canal tiene su vertedor donde hace la toma. Los vertedores son estrietas sólidas, los canales tienen reguladores con compuertas manejadas bajo la vigilancia de la Comisión Inspectorá. Los canales principales son relativamente grandes, tanto que probablemente en solo quince días descargarían el gasto medio total y anual del río; sin embargo, su gasto normal es mucho muy pequeño comparado con el máximo. A semejanza de lo que sucede á los de arriba, los canales de la parte de abajo también se asolvan y aunque este sólo llega á medio metro, según dicen los propietarios, también es cierto que son más grandes las dimensiones de la sección.

45. A semejanza de los de arriba, las siembras que hay que regar son de: algodón, trigo y maíz; de este último muy pequeñas cantidades, prácticamente sólo en San Fernando ó cerca de allí.

También se cultiva el maíz en algunos terrenos río abajo pero sólo para el consumo de la finca, y no para comerciar con él, porque resulta más costoso que comprándolo.

46. Con motivo de que sólo hay agua durante el tiempo de las crecientes, las tierras en donde más tarde se sembrará el algodón, se inundan hasta tener un metro de profundidad de agua; como esto se hace de Agosto á Octubre, pues depende del tiempo, hay que conservar la humedad en el suelo y esto se consigue por medio del arroyo. El algodón se siembra á fines de Febrero ó á principios de Marzo, época en que ya pasaron las nevadas; es decir después de seis meses de anegadas dichas tierras. Durante la primera creciente del siguiente periodo de lluvias, se le dá á la siembra ya desarrollada, un primer riego de año,  $\frac{1}{2}$  de metro de profundidad; y si es posible, un segundo riego; pero generalmente ni aún el pri-

mer riego se le puede dar, dependiendo el éxito de la cosecha, sólo del aniego. Se ha visto muy á menudo, que cuando se les pueden dar á las siembras estos riegos que se llaman "de auxilio," la cosecha aumenta en un 20% á 30%.

47. Pérdidas sufridas por el país y por los riberanos á causa del sistema actual de irrigación y aniego.

Es casi imposible estimar la pérdida monetaria total que sufre el país, los propietarios y los trabajadores, debido esto al poco desarrollo de la agricultura que resulta por el actual sistema de riego tan irregular y por la desigual distribución del agua, dadas las circunstancias. Como se dijo anteriormente, uno de los factores más importantes de esta pérdida es debido á que cuando las crecientes son escasas, no pueden regarse en Julio grandes áreas y además hay que considerar la mejora tan grande que se obtendría si se pudiera regar más ántes, es decir en Junio; pero esto es imposible por ahora, debido á que la primera creciente viene hasta Julio.

48. Hay todavía más pérdidas que son: la del agua en inundar las tierras con seis meses de anticipación que la siembra, la del gasto ocasionado en conservar la superficie del suelo de manera de evitar la evaporación; la del agua en los canales, que es considerable debido á la sección tan grande que tienen y á su gran longitud, esta pérdida sería menor si los canales tuvieran su gasto constante y partieran todos de un solo canal principal que tomara en la presa-vertedor propuesta; la del gasto anual ocasionada por la preparación de las tierras para el riego con la esperanza de una gran avenida que no baja sino en un año en cada dos; y la ocasionada por el agua restante que (según se verá más adelante) se va á perder en la laguna de Mayrán, perjudicando siembras y propiedades. Como ya se dijo, estimar la pérdida monetaria total sería imposible; pero la debida á las crecientes excesivas, puede considerarse, según datos publicados, en \$4.000,000 en los años de 1903, 1905 y 1906.

49. Reglamento del Gobierno para la distribución de las aguas del Nazas.

Para mitigar las dificultades lo más que sea posible en las presentes circunstancias, el Gobierno Federal, según se dijo en los 19 y 20 de la primera parte de este informe, formó un reglamento go-

bernando la distribución del agua y estableció una Comisión Inspectora para administrarlo. Como en la actualidad prácticamente hay agua constantemente en el río antes de la presa de San Fernando, la jurisdicción de la Comisión sólo comprende la parte del río desde dicho lugar hasta el vertedor de la Colonia donde las aguas ya corren río abajo fuera de la vigilancia de la Comisión; pero parece que los derechos de los propietarios de aún más abajo se conservaron, dejando pasar por el vertedor de Colonia 58 metros cúbicos cuando las crecientes tuvieran cierto volúmen, utilizando esa agua para el beneficio de sus tierras.

50. La extensión de tierra por regar, siendo grande comparada con el volúmen del agua disponible, el reglamento del Gobierno, basado en eso, concede á cada canal distintas cantidades que están en proporción con las variaciones del gasto del río %. Debido á estas variaciones en el gasto del río, el Reglamento no ha tenido una aceptación enteramente armoniosa, y es difícil idear en las circunstancias actuales, como se podría formular lo que sería más conveniente. Dadas las circunstancias actuales la Comisión Inspectora se ha visto obligada á aforar constantemente el río para poder repartir el agua según el Reglamento; valiéndose para sus aforos de los vertederos del Coyote y Colonia. Las medidas no son muy exactas porque aunque este último vertedor está bien situado, es pequeño y además el lugar es fácilmente inundable. Así que, las medidas del gasto, como se verá más adelante, no son enteramente exactas. Además el vertedor del Coyote está bastante río abajo de San Fernando, que es el principio de la jurisdicción de la Comisión Inspectora y por eso no se ha obtenido dato alguno sobre la pérdida de agua en el lecho del río, entre esos dos puntos.

51. La Tabla No. 7 ha sido formada tomando las cifras de la Comisión. En dicha tabla se ve el gasto del río, desde 1896 hasta 1908, en San Fernando excluyendo la cantidad perdida en lecho desde ese lugar hasta el vertedor del Coyote; así como también se han anotado el consumo de los canales desde San Fernando hasta el vertedor del Coyote,

(columna 3,) la cantidad que pasa sobre este (columna 4) el gasto de los canales desde el Coyote hasta el vertedor de Colonia (columna 5,) y la cantidad que pasaba sobre este último rumbo á la laguna de Mayrán. La diferencia entre las cantidades de las columnas 5 y 6, con la cantidad que pasaba por el vertedor del Coyote representa la pérdida (columna 7) en el lecho del río entre este lugar y el vertedor de Colonia.

**TABLA No. 7**

**Gasto del río Nazas.—Distribución del agua entre los distintos canales según los Anales de la Comisión Inspectorá.**

AÑO	Gasto total del río obtenido sumando las cantidades de las columnas 3 y 4 miles de m <sup>3</sup>	Cantidad distribuida en los canales desde Santa Margarita hasta el vertedor del Coyote miles de m <sup>3</sup>	Agua pasada sobre el vertedor del Coyote miles de m <sup>3</sup>	Cantidad distribuida en los canales entre los vertedores del Coyote y Colonia miles de m <sup>3</sup>	Agua pasada sobre el vertedor de Colonia miles de m <sup>3</sup>	Perdida en el lecho del río entre los vertedores del Coyote y Colonia miles de m <sup>3</sup>	Tanto por ciento que la columna 7 es de la columna 4
1	2	3	4	5	6	7	8
1896	1.135.057	668.057	467.000	325.790	79.285	61.925	13
1897	2.539.923	808.052	1.731.871	248.122	446.082	1.037.667	59
1898	990.077	879.558	310.519	127.187	53.500	129.832	41
1899	248.656	234.015	14.641	12.719	mil.	1.922	12
1900	802.908	648.199	154.709	142.325	8.095	4.289	3
1901	329.522	303.296	26.226	26.546	mil.	320	mil.
1902	726.662	555.796	170.866	146.207	5.897	18.762	10
1903	749.220	427.749	321.471	200.593	45.861	75.017	23
1904	797.403	584.063	213.340	160.855	4.785	47.700	22
1905	2.305.620	1.047.914	1.257.706	599.475	318.615	339.616	27
1906	2.226.822	987.415	1.239.407	345.973	377.671	515.703	41
1907	499.812	440.751	59.061	37.534	mil.	21.527	36
1908	622.706	217.376	405.330	327.063	19.602	58.665	14.5
Total en los 13 años	13.974.388	7.602.241	6.372.147	2.700.389	1.359.393	2.312.365	36.3
Total en los 9 años de 1896 á 1904	8.319.428	4.908.785	3.410.643	1.390.344	643.505	1.376.794	40.4
Promedio en los 13 años	1.074.953	584.788	490.165	207.722	104.569	177.874	36.3
Promedio en los 9 años de 1896 á 1904	924.381	545.421	378.960	154.482	71.500	152.978	40.4

52. Examinando la tabla No. 7, se nota que el tanto por ciento que se pierde de la cantidad total pasando por el vertedor del Coyote, varía de una manera curiosa y de un modo opuesto á lo que debía de esperarse. Por ejemplo, es de un 59% en un año abundante como el de 1897 y solo de un 10%

en un año seco como en 1899. Suponiendo que las cantidades en las columnas 4 y 5 sean casi correctas, (no hay motivo para que no lo fueran) se encuentra que las de la columna 7 no lo son; esto es debido á la imperfección del aforo en el vertedor de Colonia, por las razones aducidas en el 50.

Pérdida de 53.  
agua en el  
lecho del río.

Durante los dos últimos años (1907 y 1908,) fué posible hacer un trabajo más cuidadoso, las siguientes cantidades habiendo sido obtenidas por el Sr. Luis Sotomayor, actual Ingeniero en Jefe de la Comisión.

**TABLA No. 8**

**Agua perdida en el lecho del Rio entre los vertedores del Coyote y Colonia durante 1907 y 1908.**

M E S Y A Ñ O	Gasto total en miles de metros cúbicos pasado por el vertedor del Coyote	Por ciento perdido en el lecho del río entre los vertedores del Coyote y Colonia
Septiembre de 1907	17.735	41 %
Octubre de 1907	25.386	42 %
Noviembre de 1907	15.939	23 %
Total en 1907	59.060	36½ %
Del 30 de Julio al 5 de Agosto de 1908	96.68	47.1 %
Del 6 al 15 de Agosto de 1908	44.365	12.6 %
Del 19 de Agosto al 3 de Octubre de 1908	351.297	13.8 %
Total: desde el 30 de Julio hasta el 3		
Octubre de 1908	405.330	14.4 %

**TABLA No. 9**  
**Probable gasto total del río Nazas en San Fernando**  
**Repartición del mismo**

AÑO	Probable gasto total del río en San Fernando miles de metros cúbicos	Pérdida probable en el lecho del río entre las presas de San Fernando y Colonia miles de metros cúbicos	Registro de lo consumido por los canales entre las presas de San Fernando y Colonia miles de metros cúbicos	Consumo probable de los canales aguas abajo del vertedor de Colonia miles de metros cúbicos	Pérdida probable por escape hacia la Laguna de Mayrán miles de mts. cúbicos
1	2	3	4	5	6
1896	1.145.250	70.903	993.847	50.000	30.500
1897	2.555.768	118.025	1.056.174	50.000	1.331.569
1898	1.000.078	64.342	806.745	53.500	75.491
1899	259.791	13.057	246.734	mil.	mil.
1900	847.801	49.182	790.524	8.095	mil.
1901	348.125	18.283	329.842	mil.	mil.
1902	759.041	51.141	702.003	5.897	mil.
1903	757.706	63.458	628.342	45.861	20.045
1904	805.946	56.118	744.918	4.910	mil.
1905	2.320.471	101.633	1.647.389	50.000	521.449
1906	2.241.391	101.327	1.333.388	50.000	756.676
1907	507.681	29.396	478.285	mil.	mil.
1908	630.908	66.867	544.439	19.602	mil.
Total en los 13 años	14.179.957	803.732	10.302.630	337.865	2.735.730
Total en 9 años hasta 1904	8.479.506	504.509	6.299.129	218.263	1.457.605
Promedio en los 13 años	1.090.766	61.825	792.510	25.990	210.441
Promedio en 9 años hasta 1904	942.167	56.057	699.903	24.251	161.956

54. Siendo de gran importancia estas cantidades, se volvieron á calcular las pérdidas en el lecho del río, entre los vertederos del Coyote y Colonia, estas cantidades se ven en la columna 6 de la tabla No. 9. Se encuentra también en esta tabla una estimación aproximada sobre la pérdida probable en el lecho del río entre San Fernando y el vertedor del Coyote; así como del gasto total probable que llegaba al primero de estos dos lugares.

55. Según esta tabla se ve que en San Fernando, durante los 9 años de 1896 á 1904, el gasto total probable del río fué de 8480 millones de metros cúbicos. La repartición de esta cantidad fué como sigue:

	Total en millones	Promedio anual en millones
Tomada por los canales desde San Fernando hasta Colonia	6,299	700
Usada probablemente por las propiedades río abajo de Colonia	218	24
Perdida probablemente en el lecho del río entre San Fernando y Colonia	505	56
Perdida probablemente por escape hacia la Laguna de Mayrán	1,458	162
	8,480	942

56. Este período de 9 años parece ser un ciclo completo y es justo tomarlo, pero es de interés, registrar las cantidades para el período total desde.... 1896 cuando empezaron las observaciones, hasta el año pasado que fué el 1908. Estas son:

	Total en millones	Promedio anual en millones
Tomada por los canales desde San Fernando hasta Colonia	10,302	793
Usada probablemente por las propiedades río abajo de Colonia	338	26
Perdida probablemente en el lecho del río entre San Fernando y Colonia.	804	62
Perdida probablemente por escape hacia la Laguna de Mayrán	2,736	210
	14,180	1,091

Algodón  
producido en  
la Laguna.

57. No existiendo planos de las tierras regadas ni de las cultivables dependientes de los distintos canales que toman en el Nazas, los datos que á continuación damos sobre la producción de Algodón en la Laguna, se tomaron de los Anales de los Estados de Durango y Coahuila, en cuyos anales consta la producción anual de algodón: Es la siguiente:

**TABLA No. 10**

Producción de algodón en el Distrito de la Laguna según los Anales del Gobierno.

AÑO	Algodón producido en el Distrito de la Laguna en el Estado de		Total en la Laguna Miles de kilos
	Durango Miles de kilos	Coahuila Miles de kilos	
1898	25.367	8.850	34.217
1899	3.807	7.600	11.407
1900	9.500	3.952	13.452
1901	8.840	6.191	15.031
1902	4.156	12.997	17.153
1903	4.156	23.531	27.687
1904	8.311	39.329	47.640
1905	9.461	35.453	44.914
1906	30.000	20.951	50.951
1907	10.000	12.100	22.100

58. Estas cantidades no son muy claras, pues aunque demuestran que en general la producción del algodón varía con la corriente del Nazas, se ve que por el contrario las cantidades que siguen á los años abundantes, como los de 1905 y 1906, no son tan grandes como deberían.

59. Hay además cantidades que han sido publicadas por los compradores de la semilla de algodón que se aprovecha en varias industrias. Según esta fuente la producción de algodón es;

**TABLA No. 11**

Producción de algodón en la Laguna según cálculo de los fabricantes.

AÑO	Miles de libras de algodón producido	Cantidad de agua tomada por los canales	
		Año	Millones de metros cúbicos
1901-2	26.100	1901	330
1902-3	20.000	1902	702
1903-4	27.600	1903	628
1904-5	36.500	1904	745
1905-6	74.000	1905	1647
1906-7	76.000	1906	1333
Promedio	43.370	1907	897

Consumo  
de agua por  
libra de al-  
godón pro-  
ducido.

60.

Estas cifras, que concuerdan bastante entre sí, demuestran que por termino medio para producir libra de algón se necesitaron tomar del Nazas por medio de los canales, desde San Fernando hasta la presa de la Colonia, 21 metros cúbicos de agua.

Esta cifra sería todavía más si se tomara en cuenta que la producción de algodón dicha antes, incluye la de arriba de San Fernando y abajo de Colonia, y el agua tomada no incluye aquella de arriba y de abajo á los lugares dichos y también si se considerara la cantidad necesaria para regar otras clases de siembras.

61.

Esta cantidad, considerando la naturaleza del terreno es muy grande, mucho mayor que la que se dice emplear, (véase § 46 ante.) y hasta suponiendo que las cifras son aproximadamente exactas, demuestra muy claramente la pérdida excesiva de agua que se sufre debido al sistema actual de riego.

## TERCERA PARTE

### DIFICULTADES Y PERDIDAS DEBIDAS AL SISTEMA ACTUAL DE RIEGO Y MEJORAS QUE SERIAN DE DESEARSE.

- 
62. Ya se dijo en los § 47 y 48 de la segunda parte de este informe, que debido á varias causas, la producción del algodón, dada al fin de esa parte, era pequeña comparada con el agua sacada del río Nazas. En esta parte del informe será útil entrar algo de lleno en esas y otras fuentes de pérdidas, así como también en las dificultades que generalmente son inherentes al sistema actual de riego, y en las mejoras que son necesarias y de desearse.
63. Se había deducido de los párrafos precedentes que, aunque el gasto del río Nazas es grande según el promedio de un número de años, por otra parte ese gasto varía mucho de año en año, es abundante en forma de crecientes y cesa absolutamente, río abajo y hasta casi en la presa de San Fernando, durante la estación seca época cuando el agua es más necesaria para plantar y para dar los primeros riegos al algodón existente.
64. Se ha demostrado antes que el sistema actual de riegos consiste en una serie de vertedores bajos situados en el fondo del río, de manera que los canales de cada propietario puedan hacer su toma aun cuando el gasto del río sea pequeño.

Por esa razón el fondo de los canales es muy bajo, casi al nivel del lecho del río; así que, los canales tienen una gran longitud antes que sus fondos puedan llegar á una altura suficiente para dominar las tierras que cada uno de ellos tiene que regar.

Las secciones de los canales se han tenido que hacer muy grandes; de otra manera no se hubiera podido llevar grandes cantidades de agua que sólo existen en épocas de crecientes.

65. Estas condiciones son comunes á todos los sistemas de riego por medio de canales de inundación que dependen de las crecientes en los ríos, y aunque los canales actuales han dado excelentes resultados en su clase, tienen que desaparecer; esto ha sucedido en otras partes con sistemas semejantes que ahora se han mejorado de manera que puede hacerse un uso más completo del agua. Según las circunstancias actuales, los resultados desiguales son patentes á cualquiera que visite la Laguna, pero las distintas dificultades y pérdidas debidas al sistema actual de riego requieren una explicación detallada para ser comprendidas por completo.

66. Estas dificultades y pérdidas puede decirse que son las siguientes:

(a) La posibilidad de que siembras desarrolladas sean submergidas por las crecientes muy grandes, ocasionando enormes pérdidas tal como las de 1930, 1905 y 1906 que, como se dijo antes se estiman en 4 millones de pesos.

(b) La carestía de agua en la época de siembra y la consiguiente necesidad de una excesiva cantidad para el aniego 6 meses antes. Cuando menos la mitad del agua empleada se desperdicia.

(c) El gasto ocasionado en preparar la tierra para impedir que la humedad se pierda durante el tiempo entre el aniego y la siembra.

(d) La imposibilidad en que se ven para en Mayo ó Junio poder dar riego al algodón existente; esto es originado porque en San Fernando ó río abajo, el río no tiene agua ó la que hay no es suficiente.

(e) La disminución de la cosecha hasta en un 30% cuando las crecientes no son abundantes para permitir el riego de todo el algodón crecido, esto siendo más notable cuanto más río abajo.

(f) Gasto en la preparación de las tierras con la esperanza de buenas avenidas, estas esperanzas no viéndose realizadas cuando menos un año en cada dos.

- (g) El riego excesivo cuando las crecientes son abundantes, pues consideran preferible usar el agua que dejarla pasar á la Laguna de Mayrán. No se comprende generalmente que además de la pérdida del agua, los riegos excesivos causan en la actualidad una reducida producción de algodón.
- (h) La evaporación y filtración son excesivas en el lecho del río aguas abajo del Cañón de Fernández; las pérdidas siendo proporcionalmente mayores, como se demuestra en la cláusula 53 de la segunda parte de ese informe, cuando el gasto del río es muy pequeño y cuando el agua es más necesaria.
- (i) Semejante y excesiva filtración en los amplios y largos canales necesarios bajo el sistema actual; pérdida que es seis ó siete veces la que se tendría en canales con dimensiones de acuerdo con otras condiciones.
- (j) Además una pérdida aumentada por el hecho de que con excepción de las grandes crecientes, la cantidad de agua que puede obtener cada propietario, es pequeña comparada con las dimensiones de la sección de su canal.
- (k) Aumento de estas dificultades en el caso de las propiedades que se encuentran á medida que se baja, debido esto á las presas que las preceden.
- (l) La imposibilidad en el sistema actual de llegar á un método de repartición del agua que en ciertas épocas no oprimiera más fuerte á ciertos intereses que á otros.

67. Para demostrar no solo las dificultades en las propiedades completamente río abajo sino también las de toda la Laguna tal vez sería bueno hacer ver que durante los años de 1905 al 1908, el agua del río llegó al vertedor de Colonia en 1905 al 1906 10 meses de los 24 y que en 1907 á 1908 solo fueron 5; los lugares que actualmente alcanzó (tal vez únicamente por poco tiempo en cada mes) habiendo sido como sigue:

TABLA No. 12

Lugar (véase dibujo núm. 3) abajo del cual el agua del río no se extendió durante cada mes en los años de 1905 al 1908.

MES	Presa debajo la cual el agua no pasó en			
	1905	1906	1907	1908
Enero	Coyote	Coyote	Calabazas	Santa Rosa
Febrero	Santa Rosa	,,	Santa Rosa	S. Fernando
Marzo	S. Fernando	,,	S. Fernando	,,
Abril	,,	S. Fernando	,,	,,
Mayo	,,	,,	,,	,,
Junio	Coyote	,,	Coyote	,,
Julio	Agua en cualquiera parte	Agua en cualquiera parte	,,	Guadalupe
Agosto	,,	,,	Calabazas	Colonia
Septbre.	,,	Colonia	Colonia	Agua en cualquiera parte
Octubre	,,	,,	,,	Santa Rosa
Novbre.	,,	Calabazas	,,	S. Fernando
Dicbre.	,,	Coyote	Coyote	,,

68. Se ve que las pérdidas y las dificultades pueden resumirse en dos clases: unas, originadas por las variaciones en el gasto del río; y otras, provocadas por el sistema actual de las obras para riego. Las mejoras correspondientes necesarias consisten: primero, en la provisión de uno ó más receptáculos en los cuales el agua de las crecientes sería almacenada y solo se le daría salida cuando se necesitase; y segundo, un canal principal con sus secundarios de donde partirían pequeños canales propietarios, sistema que ahorraría una gran proporción de la actual pérdida del agua en el lecho del río y en los pródigos canales propietarios que existen; esto, al mismo tiempo facilitaría á que la repartición del agua fuera hecha con más exactitud.

69. Cualquiera de estas dos mejoras puede ser llevada á cabo independientemente y sería un gran beneficio para la región; pero ambas son necesarias para colocar al riego y á la agricultura sobre bases completamente satisfactorias. Si no existiera algún sistema de riego, no hay duda que lo mejor sería construir al mismo tiempo los vasos y los canales, aunque estos últimos pudieran ser construidos más pronto;

pero dadas las circunstancias actuales, el alivio más rápido para los intereses agrícolas se sentiría con la sola construcción de los canales con sus obras correspondientes, dejando para después y tan luego como fuera posible, la de las presas de almacenamiento.

## CUARTA PARTE

### LOS VASOS DE ALMACENAMIENTO, SU CAPACIDAD Y SITUACION.

---

70. Se ha indicado en la última sección que, dadas las actuales circunstancias en La Laguna, se puede conseguir un alivio muy rápido con la construcción de nuevos canales con sus obras correspondientes.

Siendo general en todos los trabajos hidráulicos emprendidos tratar primero las fuentes de abastecimiento, esta parte del informe está dedicada á la cuestión de almacenamiento, y las posteriores al tema de la distribución del agua.

71. Ya se ha dicho en párrafos anteriores de este informe, que los terrenos cultivables en donde existen riegos dependientes del Nazas, prácticamente principian en el extremo inferior del cañón de Fernández, lugar donde el río abandona á las hileras de contrafuertes. Si es desde ese lugar, donde los intereses tienen que conservarse y hacerse todas las mejoras, es pues en ese punto, donde deben colocarse las obras de toma del nuevo canal. Sin duda que por la razón anterior y también por que el extremo inferior del cañón de Fernández aparece en su superficie ser un sitio excelente para la erección de una presa, fué por lo que los Oficiales del Gobierno lo escogieron para ese fin.

Se verá más adelante que eso es impracticable en dicho sitio, atendiendo á la ausencia de un terreno adecuado para la cimentación; pero como se han obtenido datos muy útiles relativos al río y se han hecho cálculos correspondientes á un vaso cuya cortina estuviese situada en ese lugar ó un

poco más aguas arriba, sería útil discutir este tema, empezando, como si fuese posible construir una cortina en el cañón de Fernández. El empleo de este informe como guía para la investigación y la selección de otros sitios, se facilitará mucho siguiendo este orden.

Comparación de las condiciones entre el Nazas y el Nilo.

72. Al Nazas, en un estilo demasiado figurado, se le ha llamado el Nilo Mexicano. Sin embargo, el Gobierno de México puede congratularse al tener en el Nazas un gran río, cuyas aguas enriquecen una zona del país que de otro modo sería relativamente árida si no en absoluto; por otra parte tiene que recordarse que las condiciones de los ríos son esencialmente diferentes. El Nilo es de corriente constante y de volúmen muy grande; sus primeras crecientes se utilizan directamente en el riego y la presa de Assouan sólo retiene la corriente de los últimos meses. Relativamente esta presa es baja, en un principio teniendo solamente 30 metros de altura, aunque el volúmen correspondiente al vaso era de 1065 millones de metros cúbicos, el mayor en el mundo hasta la fecha. Hasta con la altura adicional de 7 metros que están levantando la cortina de Assouan, ésta solo tendrá 37 metros de altura; pero la capacidad del vaso será de 2000 millones de metros cúbicos.

73. Por el contrario, las primeras crecientes en el Nazas bajan en épocas no oportunas, según se ha dicho anteriormente. Aún más, el gasto anual total varía muchísimo y es claro que un receptáculo construido para almacenar el gasto de 260 millones (tabla No. 9) que fué en 1899, sería casi inútil enfrente de uno de 1000 millones que fué el año anterior 1898, y según ese mitigaría poco las dificultades debidas á la irregularidad del gasto del río.

Capacidad deseable del receptáculo del Nazas.

74. Las condiciones hubiesen mejorado considerablemente si la capacidad neta del vaso propuesta en un principio, hubiera sido hecha de 1000 millones de metros cúbicos, teniendo en cuenta que mientras el receptáculo no se azolvaba, esa capacidad era suficiente para permitir el gasto de 10 años de los 13 dados en la tabla No. 9. Por otra

parte, esta capacidad no hubiera permitido disponer completamente del gasto durante los otros 3 años, así que la pérdida en la laguna de Mayrán no solo sería tanto como en la actualidad sino aún mayor, al menos que á los canales de inundación propietarios se les hiciesen reparaciones suficientes para utilizar las crecientes mayores que las que el vaso pudiera retener.

Capacidad de un vaso con cortina en el cañón de Fernández.

75. La cortina izquierda á la salida del cañón de Fernández para formar este vaso, hubiera sido una de las más altas del mundo en la actualidad; serias consideraciones serían necesarias antes de que se proyectase aumentar la altura de ese sitio aunque se hubiese encontrado roca para la cimentación; sin embargo, como algún ejemplo concreto es necesario para basar los cálculos; las profundidades del vaso han sido calculadas para sus distintas cantidades de agua correspondientes:

**TABLA No. 13**

Capacidad de un vaso con la cortina en el extremo inferior del cañón de Fernández

A LA PROFUNDIDAD DE	METROS CUBICOS
6 metros ó 20 pies	$\frac{1}{2}$ millón
16 „ „ 52 $\frac{1}{2}$ „	2 „
26 „ „ 85 „	66 „
36 „ „ 118 „	230 „
46 „ „ 151 „	574 „
56 „ „ 184 „	1187 „
66 „ „ 216 $\frac{1}{2}$ „	2097 „

76. Ha sido demostrado en los párrafos 39 y 46 de la II parte de este informe que en el distrito de La Laguna, las tres cosechas seguras son: algodón, trigo y maíz, siendo la primera de estas la más provechosa.

Es razonado suponer que teniendo el agua con más seguridad el por ciento de área sembrada con algodón no disminuiría con relación al de las otras siembras. También se demostró que como las haciendas de arriba no están limitadas á los meses de creciente para el uso del agua, la aplican durante todo el año de riego como se acostumbra en otros países en las mismas circunstancias.

Es lógico suponer que si por medio del vaso, tuvieran las haciendas de abajo el agua en las mismas condiciones, sus propietarios adoptarían un método de riego semejante al anterior. Así que, probablemente solo la tercera parte del agua sería aprovechable durante los meses de las crecientes en el Nazas y después cuando el gasto del río es muy pequeño se cubriría el déficit con las aguas almacenadas en el vaso.

Manejo del vaso según las profundidades en el 5.

77. Suponiendo que los terratenientes necesitaran durante los meses de crecientes la tercera parte del gasto total, un vaso con su cortina en el sitio escogido aproximadamente por los Oficiales del Gobierno, en el extremo inferior del cañón de Fernández daría el siguiente gasto medio anual:

**TABLA No. 14**

**Almacenamiento anual teniendo en cuenta todas las pérdidas en el vaso incluyendo las del lecho del nuevo canal y las de los secundarios.**

Altura de la cortina en metros	Profundidad del agua en metros cuando el vaso está lleno	Gasto anual del vaso en millones de metros cúbicos	Pérdidas debidas al escape en años semejantes á los de 1896 á 1908. Millones de metros cúbicos
60½	56	670	4414
63½	59	723	3580
65	60½	746	3211
70½	66	821	1831

78. Pero refiriéndonos á la tabla No. 9 se verá que la cantidad media anual que recibieron los canales, desde San Fernando hasta el vertedor de Colonia, fué, durante los 9 años de 1896 á 1904, de 700 millones de metros cúbicos, excluyendo 24 millones que tomaron los canales aguas abajo del vertedor de Colonia. Aproximadamente según esto, y haciendo á un lado la cuestión del azolve, se necesitaría si construída en el cañón de Fernández, una cortina de 63-1/2 metros de altura á partir del nivel más bajo del lecho del río; es decir, un vaso con una capacidad de 1400 millones de metros cúbicos para poder proveer con certeza, año por año, la cantidad media de agua tomada del río Nazas por los canales, durante las crecientes de 1896 á 1904.

Esta cuestión, sin embargo, es de mucha importancia en conexión con todos los vasos bajo condiciones semejantes á las del presente caso, pues bajo esas circunstancias es impracticable, excepto con un costo prohibido, impedir que en el vaso ó en algún auxiliar aguas arriba, se deposite casi todo el azolve llevado por el río. Es cierto que los Ingenieros del Gobierno Egipcio tuvieron un gran éxito en el modo de impedir el depósito de azolve en el proyecto de la Presa de Assouan, pero la inmensa diferencia entre estos dos casos no la debemos de pasar por alto. El Nilo nunca está seco, la creciente es continua al derredor de unos tres meses cada año teniendo entonces un gasto de 8000 á 12000 metros cúbicos por segundo. Las grandes compuertas de la presa de Assouan, que son en número de 200, se mantienen abiertas durante la época de las crecientes que es cuando el agua trae más azolve. En tiempo de crecientes el aumento de la profundidad del río aguas arriba de la presa nunca es mayor que 1 ó 2 metros, así que en una sección tan profunda la velocidad normal de cerca de 2 metros por segundo no es sensiblemente afectada por la presa. Las compuertas nunca se cierran para llenar el vaso si no que hasta el agua esté clara. En el caso considerado de la presa del río Nazas se necesitaría, menos en años extraordinarios, recoger toda el agua que baja por el río durante los doce meses del año para llenar el vaso y tanto como fuese posible no se permitiría el paso de una gota de agua por el río hasta que no estuviese lleno dicho vaso. También en cada año por grande que fuese la creciente al llegar el agua con azolve al lugar del vaso estando éste lleno, sucedería que este azolve se depositaría en el lugar donde se encuentra el agua tranquila. Todavía más, cuando el vaso esté lleno y hasta con una creciente de 2000 metros por segundo pasando por el Nazas, la velocidad media en el vaso sería tan pequeña que no sería capaz de remover el azolve del fondo ó de arrastrar el que traen las aguas de las crecientes, llevando consigo solo la parte formada de lodo fino. Las áreas de

las secciones de la cuenca del vaso hasta una altura de 56 metros arriba del nivel más bajo del lecho del río en el lugar de la presa, y las velocidades medias correspondientes á una creciente de gasto de 2000 metros por segundo, como explicado antes, son las siguientes :

**TABLA No. 15**

Distancia aguas arriba de la cortina metros	Areas de la sección metros cuadrados	VELOCIDAD MEDIA POR SEGUNDO	
		Metros	Pulgadas inglesas
50	14800	0.13	5½
17210	6600	0.30	12
25650	4225	0.48	19
33350	20520	0.10	4
40500	11475	0.18	7

En las dos secciones estrechas la velocidad podía llegar á ser de 30 á 48 cms. por segundo, pero si algo de azolve es arrastrado entre esas secciones, se depositaría en las partes amplias aguas abajo y poco podría llegar tan lejos hasta el lugar de la cortina.

80. Compuertas en la cortina por numerosas que fueran no causarían efecto alguno al menos que se permitiera que unida al agua de las crecientes se diese salida al agua almacenada con el objeto de arrastrar hacia afuera el azolve del fondo; pero esto sería tanto como sacrificar el objeto principal de la cortina. Las grandes compuertas de la cortina de Assouan tienen 7 metros de alto por 2 de ancho, el área de cada orificio siendo de 14 metros cuadrados. Tal vez se podrían construir, en la cortina supuesta del Nazas, unas 30 de esas compuertas dando una área total de 420 metros cuadrados. Con una carga media de 20 metros en las compuertas la velocidad sería de unos 12 metros por segundo y el gasto entre las 30 juntas sería de 5000 metros cúbicos por segundo. Este gasto crearía en toda la cuenca del vaso, una velocidad que indudablemente limpiaría una gran cantidad del depósito, pero tan enorme volúmen de 5000 metros cúbicos por segundo, casi el doble de la mayor de las crecientes, devastaría la región aguas

bajo de la cortina, y el vaso con una capacidad de 1400 millones de metros cúbicos sería vaciado en tres días y medio.

Tal maniobra, si permitida en la práctica, podría ser hecha con intervalos de varios años, pero lo dudoso que en una sola maniobra puede sacarse cuando más una parte del azolve acumulado.

Aumento de la capacidad del vaso teniendo en cuenta el azolve.

81. Sin embargo admitiendo que en ese vaso todo el depósito hasta el del limo más fino ocurra en los primeros años después de la construcción, no se deduce necesariamente que esto siga hasta que el vaso se llene con los depósitos. Los más de estos son acarreados durante las primeras aguas en todos los ríos, el Nazas inclusive, y cuando estas primeras crecientes han entrado al vaso supuesto, el agua almacenada se encontraría á diferentes alturas todos los años. Según esto el río dejaría caer el azolve en distintos lugares del vaso correspondiendo á los distintos niveles del agua almacenada; pero en los años siguientes si sucediera que el agua estuviese más baja las crecientes al venir llevarían el azolve más adelante hasta que ocurrieran serias acumulaciones en la parte más baja de la cuenca del vaso. Entonces, en parte atendiendo á lo reducido de la área de la sección, y en parte á la posibilidad de un empleo útil de un número moderado de compuertas dispuestas de cierta manera en la época de las grandes crecientes sin duda que el retardo del azolve se llevaría á cabo. Pero de manera que la capacidad del supuesto vaso de almacenamiento en el cañón de Fernández no se hubiese reducido más allá de la necesaria para el consumo medio anual requerido por la agricultura, sería necesario permitir cierta capacidad extra teniendo en cuenta la acumulación del azolve durante un período largo de tiempo. Así si esta capacidad se hubiera fijado en 300 millones de metros cúbicos indicaría que se habrían tenido en cuenta 50 años á razón de 6 millones por año, párrafo 32 de la I parte de este informe, que es la cantidad probable que el río acarrea en un año. Este período sería todavía mayor si se atiende á que los golpes de agua por las compuertas fueron dados con éxito cuando el azolve

alcanzó la parte más baja del vaso como se explicó antes; y después cuando sea necesario, se podrá construir un vaso auxiliar con el único objeto de retener el azolve, de la misma manera que lo verifican los depósitos de sedimentación en las obras pequeñas.

Capacidad total deseable para el vaso.

82. Ha sido demostrado anteriormente en el § 79 que en el caso del Nazas, el gasto medio total al año tomado por los canales desde San Fernando hasta el vertedor de Colonia ha sido de 700 millones de metros cúbicos y que de manera de poder suministrar ese gasto de un modo regular cada año desde 1896 hasta 1904 y suministrar también cierto promedio á las presas aguas abajo de la de Colonia, se necesitaba que la capacidad del vaso fuese de 1432 millones de metros cúbicos. Teniendo presente que la lluvia en La Laguna es tan pequeña que la agricultura es prácticamente imposible sin el riego, no hubiera sido de buena elección almacenar cierta cantidad que solo permitiera suministrar un gasto medio anual menor que el que hasta ahora ha sido dado; aunque como se ha demostrado en la III parte de este informe, hasta se podrá hacer un uso mucho mayor de esta provisión cuando la presa esté construida. Agregando los 300 millones necesitados para permitir el depósito del azolve, sin modificar la cantidad mínima fijada para las necesidades del proyecto, la capacidad total sería de 1740 millones de metros cúbicos.

Suficiente capacidad de almacenamiento que es de desearse.

83. Aunque sea muy grande esta capacidad, no es excesiva pues si bien en algunos proyectos, por ejemplo el del Nilo, al que ya nos hemos referido, en donde el gasto del río es tan grande que no fué necesario almacenar mayor cantidad que la que proporcionaba el gasto de los años mínimos, para ser manejada propiamente; por otra parte en otros casos tal como el del proyecto del Nazas en donde el gasto de los años escasos es insuficiente para satisfacer las necesidades de los ribereños se requiere un almacenamiento de mayor cuantía de manera que el exceso en el gasto de los años abundantes se almacene para usarlo en los años escasos. Además se ha tenido en cuenta el azolve del vaso.

84. Tantos son los vasos de estas clases, afectados por la variación en la lluvia y por otras causas que no es raro proyectarlos con una capacidad suficiente para almacenar el gasto de dos años sin llenarse con la lluvia. Por ejemplo en el costoso y gran proyecto del Coolgardie Water en Australia, el vaso de almacenamiento era 2-1/4 veces la demanda probable (pérdidas inclusives) durante un año. Tomando un ejemplo de otra naturaleza tenemos el gran vaso Periyar en la India que es para el riego.

En este caso, el vaso se construyó en un lado de las hileras de contrafuertes y por medio de un túnel con que se atravesó una de estas hileras, se consigue llevar el agua para abastecer la región que está al otro lado y donde la caída de la lluvia es menor. Las elevaciones eran tales que solo la mitad del agua almacenada podría ser pasada por el túnel de una manera económica. No obstante eso, el trabajo se aprobó y de ese modo se dejó para permitir el azolve la magnífica cantidad de la mitad del volúmen del vaso.

85. No es irracional suponer, considerando especialmente el gran valor del agua en la Laguna que si hubiese sido posible construir un vaso aguas abajo de la villa de Nazas la capacidad hubiese sido hecha tan grande como fuese posible. Suponiendo que 1740 millones de metros cúbicos hubiesen decidido ésto sería necesario tener que construir una cortina de 67 metros encima del lecho en el cañón de Fernández, para almacenar esta cantidad de agua. Esta estructura sería enorme, aún teniendo un buen terreno para la cimentación, especialmente por el ancho del cañón en ese lugar. De hecho la altura es dos veces la de la cortina de Assouan ya aumentada, pero la capacidad de ésta última es mayor.

Este hecho afirma lo establecido en la tabla No. 13 demostrando que aunque aparentemente es un buen sitio el del extremo del cañón de Fernández, la construcción sería muy costosa, aún teniendo un terreno bien adecuado para la cimentación.

Profundidades comparativas del vaso con la cortina en diferentes lugares.

86. Las condiciones mejoran considerablemente aguas arriba en el cañón y aunque, como se dirá más adelante, no se encontró un terreno bueno para la cimentación, en ninguno de los lugares explorados, sería útil como guía para la investigación posterior de los lugares para las cortinas aguas arriba demostrar que una cortina en cualquiera de estos lugares sería preferible á la de la salida del cañón de Fernández.

**TABLA No. 16**

Profundidad comparativa del vaso en los distintos sitios aguas abajo de la Villa de Nazas.

POSICION DEL LUGAR	Profundidad en metros requerida en el vaso para almacenar cuando lleno.	
	1190 millones de metros cúbicos	1740 millones de metros cúbicos
1.—Salida del cañón de Fernández	56	62½
2.—11 Kilómetros río arriba de la salida del cañón	48	54
3.—16 Kilómetros arriba del mismo	45	54
4.—25 " " " "	49	57

87. Además, la sección del canal del río es relativamente pequeña en estos sitios; por ejemplo, la del No. 3 de 9500 metros cuadrados contra 15100 que tiene la sección á la salida del cañón de Fernández, ambas áreas son hasta la cuota necesitada para almacenar 1190 millones de metros cúbicos. El costo de una cortina en el sitio No. 3 no hubiera sido prohibitivo si se hubiese encontrado un buen terreno para la cimentación. Sin embargo, en este sitio la altura de la cortina, incluyendo la que se tiene en cuenta por las crecientes y por la sobre-elevación, sería de 59 metros entendiéndose que la cimentación se haría sobre roca dura y sólida de la cual no se pudiera desconfiar; pues, sin ir más adelante en Texas se dió el caso de que una cortina de solo 18 metros de alto cedió á causa de la poca atención que se prestó en la cimentación.

Inconveniencia de un vaso pequeño al menos que forme parte de una serie.

88. Más aún, hubiera sido de poca utilidad, aún cuando se hubiera encontrado buen lugar para la cimentación, intentar el reducir la capacidad del vaso al menos que este forme parte de una serie en el río. Por la tabla No. 13 se demuestra que en el sitio del cañón de Fernández (y sería se-

mejante en los otros sitios) se hubiera necesitado de una cortina de unos 50 metros de alto (incluyendo la sobre-elevación) para tener una capacidad, en el vaso, de 600 millones de metros cúbicos. En sí misma ésta no solo sería poco adecuada sino que se vería disminuida bien pronto por el azolve.

89. Sin embargo, un vaso de 600 millones de metros cúbicos de capacidad sería de gran utilidad si formase parte de una serie compuesta de varios vasos situados más allá aguas arriba.

Ahora, es necesario demostrar aquí claramente porqué es impracticable la construcción de una cortina de mampostería, de una altura conveniente en el cañón de Fernández ó en los otros lugares escogidos y, de hecho, en cualquier punto aguas abajo de la villa de Nazas.

Geología y  
carácter de  
la cuenca  
del río aguas  
abajo de la  
villa de Na-  
zas.

90. Desde este lugar hasta el extremo inferior del cañón de Fernández, el río corre entre hileras de montañas. Desde Nazas hasta un poco más abajo de Tetillas (véase dibujo No. 3.) las hileras de contrafuertes están muy separadas, según la dirección transversal del río, pero á partir de Tetillas empiezan á converger, el canal del río se contrae, excepto al cruzar los valles y está flanqueado por altas murallas de contrafuertes.

Desde Tetillas hasta el Borrego el río corre á través de varios ramales de contrafuertes y por los valles, mencionados anteriormente, que se encuentran entre estas hileras de montañas; justamente abajo de El Borrego el río entra en el cañón de Fernández en donde á partir de ese punto hasta la salida del cañón se encuentra encajonado por dos hileras paralelas de montañas.

La región ha sido examinada bajo el punto de vista geológico y se encuentra estar formada de un nido pronunciado, por rocas calcáreas de distintas edades en capas de direcciones caprichosas; las hileras de montañas estando formadas de anticlinas y los valles de sinclinas. Las hileras paralelas que forman el cañón de Fernández se abren gradualmente aguas abajo del cañón, disminuyendo en altura y por último acaban por dejar únicamente picos aislados en la región plana.

Es importante notar que en las hileras irregulares de montañas desde Tetillas hasta El Borrego el lugar por donde cruza el río tiene una altura de 1700 metros arriba del nivel del mar, existiendo á unos 1300 á 1400 al Este de este lugar un punto menos alto y que es por donde pasa la vía del ferrocarril de Torreón á Durango.

Si el canal del río que está ahora á unos 1180 metros arriba del nivel del mar, es debido solo á la erosión, es sumamente difícil comprender como la corriente ha cortado su lecho entre las hileras de contrafuertes tan irregulares, por un lugar 300 á 400 metros más alto que un paso amplio que se encuentra en los extremos de estas hileras y que es fácilmente accesible á las aguas por cualquiera de los valles atravesados por el río. La única deducción no podría ser forzosamente más que á pesar de que la acción fluvial muy constante haya ayudado á la formación del lecho actual del río, su dirección, en un principio, fué determinada por la acción volcánica formando una grieta profunda bien en la época de la formación de estos contrafuertes ó bien en tiempos más recientes.

(Puede mencionarse que una grieta de esta naturaleza en forma de V de unos cien piés de profundidad, es visible en el extremo de las anticlinas cerca de Patrón.)

Puede suceder que la disposición de las hileras del canal del río, sea debida á varios hundimientos y levantamientos. Según cualquiera de estas dos hipótesis, sería probable que roca sólida propia para la cimentación no podría encontrarse á poca profundidad del lecho del río, pero bajo la primera de estas hipótesis era muy posible esperar que los resultados de la acción volcánica no se extendieron á gran profundidad sino que se detuvieron en una menor donde ya las capas eran menos onduladas como en el caso de la grieta de Patrón ya mencionada.

Sondeos pro- 91.  
baron que avi-  
niento de roca  
no era obteni-  
ble para la  
cortina.

Atendiendo á esto se hicieron sondeos en el lecho del río para conocer el fondo del río y solo se encontró arena, cantos rodados y algunas veces éstos en mantos pequeños de arena arcillosa.

En el sitio No. 1 se llegó á la profundidad de 100 piés debajo del lecho del río	
„ „ No. 2 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	120
„ „ No. 3 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	136
„ „ No. 4 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	72

92. Hasta que profundidad se extiende este material no se sabe porque se consideró inútil sondear á más profundidad con la esperanza de encontrar roca. El lecho del río está lleno de agua, en gran cantidad como se demostró con ensayos hechos por medio de bombas poderosas, el costo de la cimentación á las distintas profundidades alcanzadas en los sondeos hubiera sido muy excesivo y prohibitivo; es cierto que no había medio alguno que á tan gran profundidad hubiese sido practicable con éxito para la cimentación de una cortina, en presencia de tan enorme cantidad de agua que existe en el subsuelo.

93. Haciendo á un lado la cuestión de practicabilidad, debe prestarse atención á los dibujos que representan la cortina, los vertedores de demasías y la torre y túnel de toma, en el sitio No. 3 el más económico de los cuatro examinados y estudiados aguas abajo de la villa de Nazas. Hay que tener en cuenta que los dibujos solo son estudios preliminares y no es la intención usarlos en la construcción pero son suficientes para demostrar el costo excesivo de las obras con la cimentación de la cortina á solo 136 piés debajo del nivel del lecho del río; la profundidad adicional en que se encuentra roca y la que sería necesario excavar en ella para asegurar un asiento firme y seguro, es natural que sea imposible de decir.

94. Sin embargo, tomando la profundidad de 136 piés, la cantidad de las partes principales en la obra de la cortina y sus accesorios arriba mencionados hubieran sido:

	Metros cúbicos
Excavación en terreno húmedo, es decir debajo del lecho del río.	1015 558
Concreto „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	651 892
Excavación abierta arriba del nivel del lecho del río .....	1882 661
Túneles arriba del nivel del lecho del río.....	185 112
Concreto y mampostería arriba del nivel del lecho del río,....	405 367

95. Sin entrar en detalles, que necesitarían argumentos que los apoyasen, es bastante estimar que la cortina y sus obras accesorias, según las bases anteriores, costaría no menos que 25 millones de pesos. Si este costo no pareciese prohibitivo, dadas las circunstancias, todavía queda lo siguiente: la muy problemática profundidad á que la roca se encontrase y la practicabilidad de construir la obra á la profundidad tan grande que se hubiese alcanzado.

96. A esto hay que agregar la necesidad de un canal, indicado también de una manera preliminar en los dibujos (Véase Sección I del canal) con un costo mayor que 3 millones de pesos ó una presa-vertedora de desviación á la salida del cañón de Fernández tal como se ha propuesto ahora y está descrito en la próxima parte de este informe.

97. Hubiera sido altamente conveniente y por otros muchos motivos; la mejor solución del problema hubiese sido si el vaso de almacenamiento de este proyecto se pudiera haber construido aguas abajo de la villa de Nazas.

Todavía hubiese sido de gran valor si se pudiese construir en esta región un vaso grande, aunque pequeño con relación al primero, formando eventualmente parte de una serie. Como se ha visto antes, ninguna de estas dos cosas es posible.

98. El proyecto no será completo, como se estableció en la III Parte de este informe, sin el vaso de almacenamiento; por esto es de recomendarse que se haga una investigación sobre los sitios más adecuados para ese objeto, aguas arriba del río Nazas y sus afluentes. Si esta investigación fuese feliz, y según este informe hay gran posibilidad en que lo sea, entonces es de aconsejarse, considerando lo útil de perfeccionar el proyecto, construir una presa de tierra en el Nazas en el cerro de la Espuelita. Es probable que en ese sitio pueda construirse una presa de tierra y tal vez por el procedimiento hidráulico; aunque el vaso auxiliar así formado fuese pequeño llenaría su objeto siempre que los vasos principales de almacenamiento estuviesen ya situados aguas arriba. Los beneficios que

se pueden obtener con la construcción de estos vasos, no puede expresarse con números redondos hasta que los sitios hayan sido seleccionados y obtenidos los datos preliminares de ellos; pero que esos beneficios serán muy grandes es evidente según la tercera parte de este informe; la investigación de los sitios adecuados para las presas debía de ser hecha desde luego según lo que se dijo anteriormente.

## QUINTA PARTE

### LA PRESA VERTEDORA DE DESVIACION Y LA BOCA-TOMA DEL CANAL.

Necesidad  
de una presa  
-vertedora  
de desvia-  
ción.

99. Se ha demostrado en la parte anterior de este informe que los vasos de almacenamiento para este proyecto deben colocarse más aguas arriba que el cañón de Fernández y verdaderamente río arriba de la villa de Nazas. También se demostró en la sección anterior que el costo de la construcción de un canal río abajo, sería muy grande aún para una corta distancia como es desde Patrón al extremo inferior del cañón de Fernández. Según eso se deduce que en el presente proyecto, como en muchos otros en otras partes, la única solución propia es permitir al agua, la natural y la de los vasos de almacenamiento, que corra en el río hasta la salida del cañón de Fernández. En este lugar el agua sería interceptada por un vertedor de desviación y enviada por el canal principal de donde sería distribuida á las distintas propiedades que tienen que regarse.

Razones  
para la colo-  
cación de la  
presa-verte-  
dora á la sa-  
lida del ca-  
ñón de Fer-  
nández.

100. Hay varias razones porqué el agua sería interceptada en ese punto indicado, en vez de aguas abajo. Es casi inmediatamente abajo de este lugar donde comienza el área regable de las tierras bajas, y partir con el canal en algún punto más abajo sería tanto como privar de sus antiguos derechos á los propietarios de los terrenos que el canal no dominare ó dejarles, prácticamente, el libre acceso del agua que el Gobierno estaría almacenando á gran costo. Aún más, con excepción de que no es obtenible cimentación de roca, el sitio propuesto es

muy adecuado para un vertedor de desviación. La sección del río no es ancha y no demasiado contraída; las márgenes son estables y no pueden ser sobrepasadas; río arriba no hay terrenos que se sumergiesen; hay un buen y no costoso escape para el canal, y piedras á la mano para construir las obras. Un poco aguas abajo en el río, alguna ó muchas de estas ventajas se sacrificarían y un lugar más delante aguas arriba se necesitaría, como se dijo antes, la construcción en un terreno alto en ladera, de una longitud correspondiente de canal costoso.

Objetos que se alcanzarían con la construcción de la presa-vertedora.

101. El objeto de interceptar con un vertedor es impedir que el agua continúe aguas abajo en el río y así forzarla á entrar en el canal. Según ésto, dadas las circunstancias se obtendría un doble objeto.

Primero:—Cuando ya se tengan los vasos de almacenamiento y el proyecto esté completo, el vertedor tendrá que interceptar y echar al canal el agua dejada salir de los vasos de almacenamiento y la del escurrimiento de la cuenca aguas abajo de dichos vasos. Para ese fin, el vertedor no solamente debe ser suficientemente alto, sino su cimentación debe ser llevada bien abajo en el lecho arenoso para impedir, tanto como razonablemente sea posible, el paso de la corriente subterránea.

Segundo:—Hasta que los vasos estén construidos, el vertedor tendrá que interceptar la corriente natural del Nazas lo más que sea posible y desviarla hacia el canal para hacer una distribución adecuada á las distintas propiedades.

102. Las ventajas mucho mayores que se obtendrían con la construcción de vasos de almacenamiento ya han sido tratadas en la parte III de este informe. Actualmente, estas ventajas no se podrían representar de un modo útil por medio de números hasta que los sitios para los vasos se hubieran obtenido, de todos modos la construcción de grandes cortinas es cuestión muy lenta durando varios años; pero felizmente en este caso el problema permite una solución con la cual es posible obtener beneficios más pronto. La extensión en donde el verte-

Por lo tanto, el vertedor y al canal distribuirán la corriente del río no ayudada por los vasos de almacenamiento, los beneficios que se obtendrían y el proyecto necesario, merece que sean explicados aquí.

Proporción del gasto natural del Nazas, que tomarán los canales.

103.

El gasto diario del Nazas desde 1896 hasta 1908 está indicado en el diagrama No. 1 que enseña que el gasto total puede ser subdividido en dos partes á saber: primera, un gasto más ó menos continuo durante cinco ó seis meses de cada año, y segunda, varias crecientes generalmente de poca duración arriba del gasto normal. Por razones que en detalle aparecen más tarde, el canal principal en su más alta sección ha sido calculado para un gasto máximo de 76.9 metros cúbicos por segundo, cifra que está basada en la cantidad que puede ser tomada de los vasos de almacenamiento cuando estén terminados. Si ahora se examina el diagrama No. 1. para mejor claridad, se verá que el canal hubiera sido capaz durante los años de 1896 á 1908, de haber tomado y distribuido para el riego, toda la corriente continua del río en casi cada año, excepción hecha únicamente en 1897 y 1906. O, viendo de otra manera la cuestión el vertedor propuesto hubiera desviado las siguientes proporciones (véase Tabla No. 17) de la corriente en el Nazas durante los 13 años pasados, que en la Tabla están colocados por orden de magnitud en el gasto del río.

TABLA No. 17

Gasto total del río Nazas y proporción que hubiera entrado en el canal.

AÑO	Gasto total del río en millones de metros cúbicos	Proporción que hubiera entrado en el canal	No. de días en los cuales el gasto fué mayor que 80 metros cúbicos por segundo	AÑO	Gasto total del río en millones de metros cúbicos	Proporción que hubiera entrado en el canal	No. de días en los cuales el gasto fué mayor que 80 metros cúbicos por segundo
1899	299	casi todo	10	1900	813	casi $\frac{3}{4}$	41
1901	330	más de $\frac{7}{8}$	11	1898	990	más de $\frac{1}{2}$	40
1907	500	más de $\frac{7}{8}$	11	1896	1135	casi $\frac{1}{2}$	56
1908	623	$\frac{3}{5}$	42	1906	2227	más de $\frac{2}{5}$	84
1902	727	casi $\frac{2}{3}$	35	1905	2306	más de $\frac{2}{5}$	94
1903	749	casi $\frac{1}{2}$	22	1897	2540	$\frac{1}{4}$	60
1904	797	casi $\frac{5}{8}$	31				

104.

Esta tabla demuestra, por lo que hace á las cantidades que en los años de gasto más bajo, prácticamente toda el agua hubiera sido desviada

hacia el canal: si excluimos los años de 1896 á 1898, 1905 y 1906 cuando hubo más agua que la requerida, se verá que no menos que las dos terceras partes de la corriente total hubiera pasado por el canal, el resto yendo á la laguna de Mayrán. La tabla demuestra, respecto al tiempo, que mientras en años abundantes durante 2 ó 3 meses el gasto del río era mayor que 80 metros cúbicos por segundo, la capacidad del canal, por otra parte en años pobres esta cantidad sólo fué excedida durante pocos días en cada año.

105. Dificultades administrativas actuales en la distribución.

El reglamento de 1895 según el cual se efectúa en la actualidad la distribución del agua, está basado, como se dijo antes, en el principio de que al primero se le dá primero y una idea que sirve de guía ha sido aparentemente que como la pérdida del agua en el lecho del río es grande, solo á las crecientes grandes se les permitiría pasar hacia abajo en el curso del río, las pequeñas siendo consumidas por los canales anteriores río arriba. No es evidente, dadas las circunstancias, cómo se hubiera podido hacer un reglamento mejor y más económico bajo todas las variaciones en el gasto del río y que dejara complacidos á todos. Sin embargo en su resultado, esta distribución del agua ha aumentado todas las dificultades del presente sistema de riego en lo que á los terrenos de abajo se refiere. Bajo las actuales reglas, todo el gasto del río hasta 95 metros por segundo puede ser tomado por los canales río arriba de la presa del Coyote, y puede juzgarse según la tabla No. 17 y vérese por el diagrama No. 1, que el número de días en años malos y hasta en años pobres en los cuales el gasto excedió á esta cantidad, fué muy limitado. Y si ésto era respecto á las tierras regadas por los canales abajo de la presa del Coyote, puede fácilmente concebirse que las dificultades, en conexión con las tierras, serían mayores á medida que se dejase más lejos la presa del Coyote y se acercase á la presa de Colonia, la última de todas; el número de días en los cuales los canales

recibirían agua sería el mínimo, puesto que según el reglamento, no les llegaría agua hasta que las crecientes del río excedieran á 166 metros por segundo. Como se han afectado los propietarios de abajo, puede juzgarse por el hecho que en 1907 el área que ellos regaron fué de 3753 hectáreas mientras fué de 61157 la que regaron los propietarios que toman agua por los canales más río arriba que la presa del Coyote.

Distribución mejorada y administración simplificada por la construcción de la presa-vertedora y el canal.

106.

Cualquiera que sea el por ciento del gasto total que se haya decidido como correcto perteneciente á cada propietario ó grupo de propietarios, sería posible, en un modo bien ordenado, distribuir el agua en conformidad dentro de límites razonables. En la actualidad es imposible hacer ésto con cierto grado de regularidad. Por otra parte la construcción de la presa-vertedora de desviación y el canal proporcionarán la distribución correcta de todas las avenidas hasta 80 metros cúbicos por segundo, dejando únicamente á las crecientes mayores que sean repartidas de otro modo: así subsanando las grandes dificultades (véase Parte III, párrafo 66, cláusulas K. y L.) que han entorpecido la administración desde la época en que salió este reglamento hasta ahora.

Actual pérdida de agua en el lecho del río.

107.

Mientras de ese modo se vencen las dificultades de la distribución, también se consigue reducir en gran parte las pérdidas de agua en el lecho del río á que se refiere el párrafo 66 cláusula H. de la III parte de este informe y además los propietarios tendrían oportunidad de salvar el agua ahora perdida en sus pródigos canales según se dijo en las cláusulas I y J del párrafo antes mencionado. Así, considerando las pérdidas en el lecho del río debe notarse que el gasto del Nazas medido en la presa del Coyote en los 8 años de gasto pequeño dió un promedio ligeramente mayor que 180 millones de metros cúbicos por año. De este promedio 35-1/2 millones ó casi un 20 por ciento se perdió en el lecho del río entre las presas de Coyote y Colonia, y como se ha demostrado en la Parte I de este informe que hasta en el verano

existen charcos en el lecho del río desde Guadalupe hasta la presa de Colonia, la mayor parte de esta considerable pérdida ocurre evidentemente en los 35 kilómetros desde las presas del Coyote hasta la de Guadalupe. Según esto y teniendo presente la permeabilidad del lecho del río desde la presa de San Fernando hasta la del Coyote y la gran cantidad de agua corriente en esta longitud, no es falso suponer que las pérdidas en el lecho del río desde San Fernando hasta Colonia llega á 43 millones de metros cúbicos anualmente. Esta cantidad será considerablemente aumentada si se tuviese en cuenta las pérdidas en el lecho del río entre el cañón de Fernández y la presa de San Fernando y por la filtración actual entre las arenas y gravas en el cañón de Fernández. Mucha parte de ésta será evitada por el muro de corazón de la nueva presa-vertedora y será desviada al canal.

Economía  
del agua per-  
dida ahora. 108.

Es difícil, sin investigaciones prolongadas llegar á una estimación exacta de las pérdidas individuales durante todas estas avenidas, dichas pérdidas siendo, más aún, proporcionalmente mayores cuando el gasto del río es muy pequeño y el agua es más útil. Pero no es irracional suponer que el ahorro directo probable por la construcción de la presa-vertedora y el canal sería de 25 millones de metros cúbicos anuales en los años de gasto mínimo. Esta economía representa en sí misma más que 17 por ciento del agua que los propietarios de abajo han recibido y si le añadimos cualquier agua extra que más adelante se pudiese adquirir como por ejemplo la de la Laguna de Santiaguillo, nos proporcionaría un auxilio importante para darles á esas propiedades que actualmente les falta agua y se las daría sin quitársela á las otras que ahora la reciben en gran cantidad.

Trabajos  
propuestos y  
su disposi-  
ción. 109.

Los trabajos, como proyectados, consistirán de 3 partes: la presa-vertedora de desviación, las compuertas de desfogue y la boca-toma ó regulador. El muro principal del vertedor está colocado casi en la misma línea propuesta en un principio para la cortina de la presa, la diferencia siendo debida á la necesidad de acomodar los trabajos tanto

como sea posible, á la dirección natural de la corriente que aquí tiene cierta tendencia á acercarse á la margen derecha. El muro principal del vertedor se extiende en este lado hasta la roca y la parte de esta margen anterior y posterior al corte del muro, pavimentada y dándole cierta pendiente de manera de dar el mayor paso posible al agua para reducir su altura sobre el vertedor y también para impedir que sea volteado. En la margen izquierda el lecho del río sube gradualmente y la roca está lejos. No es posible, según ésto, especialmente por la necesidad de un escape amplio extender demasiado el vertedor en el lado izquierdo; pero una longitud suficiente ha sido dada al umbral para evitar que la carga de agua sobre el umbral del vertedor sea excesiva.

110. Por razones que aparecerán en la lectura de la próxima parte de este informe se verá que solo es necesario un canal principal colocado en la margen izquierda del río. El regulador está colocado en buen terreno, aguas arriba del vertedor y haciendo con él un ángulo de 106 grados. El piso del regulador está á 3.2 metros encima del nivel más bajo del lecho en la sección donde está el vertedor de manera que en tanto como sea posible ajustarse á los niveles del terreno más bajo río abajo y dado eso se ha hecho una gran provisión para una profundidad considerable de azolve aguas arriba del vertedor antes que llegase á afectar al canal á detrimento suyo.

111. Sin embargo, como la tendencia del río será azolvar constantemente aguas arriba del vertedor, se han colocado compuertas de desfogue entre el regulador y la parte sólida de la presa-vertedora. El piso de las compuertas está á 2.7 metros arriba del punto más bajo del lecho del río, esto es medio metro debajo del piso del regulador, así dejando lugar para el depósito de cierta cantidad de azolve entre las aberturas periódicas de las compuertas de desfogue.

Detalle del 112.  
vertedor.

El vertedor, como proyectado, consistirá de un muro principal construido sobre un cimiento que se lleva hasta 11 metros debajo del lecho del

río de manera de interceptar la corriente subterránea del agua. Esta cimentación consistiría bien de pozos llenados con concreto y unidos todos juntos de manera que sean á prueba de agua, ó bien de dos hileras de pilas de láminas de hierro, las pilas propiamente entrelazadas y el espacio entre las dos hileras se le pondrá lechada hasta que esté sólido. El muro encima del nivel del lecho sería de concreto ó de mampostería de piedra con mortero de cemento y cuidadosamente construido para hacerla impermeable. Debajo del muro principal se han colocado otros, como se enseña en los dibujos; debían construirse con los mismos materiales que el muro principal. Entre los muros, debajo del más bajo y arriba del muro principal la excavación tiene que hacerse como lo indican los dibujos y después se llenará toda con piedra seca puesta con los taludes indicados. La mampostería se haría con piedras cuyos pesos individuales serían de 200 kilogramos en adelante, por lo menos las dos terceras partes de las piedras no menores de 450 kilos y cuando menos la cuarta parte de esas no menos que 900 kilos. Deben ser colocadas en su lugar, y piedras más pequeñas siendo usadas para acuñar y que todo forme una superficie uniforme. El umbral del vertedor será formado con una lámina de concreto, construida con los mismos materiales que los muros y perfectamente unida al tope del muro principal para asegurar la impermeabilidad.

Las com- 113.  
puertas de  
desfogue.  
Detalles.

El papel de las compuertas de desfogue es conservar un curso libre enfrente de la toma del canal y en el caso presente éste tiene que efectuarse sin un consumo indebido de agua. Las obras de desfogue, como proyectadas, consisten prácticamente de un puente, cuyos claros están cerrados por compuertas hasta un metro arriba del nivel del umbral del vertedor. Estas deberían ser á prueba de agua pues la pérdida del agua no puede consentirse: trabajarían contra rodillos sostenida en una armadura separada; y de tal manera balanceada que sea fácilmente subida por un hombre sin multiplicación excesiva de engranes que da por resultado una ascensión lenta. Los pisos, pilas, muros

y arcos son de concreto, ó de mampostería de piedra de primera clase, en cemento, las aristas, los rincones y los cordones tallados, y ranuras de metal tienen que ponerse para que en ellas resbalen las compuertas. El muro profundo de cortina indicado debajo del muro principal del vertedor se lleva debajo del piso de las compuertas como está indicado, el trabajo de piedra es de la misma clase que el del vertedor y aguas arriba y aguas abajo de las compuertas se han puesto canales dando un libre acceso y escape. Las barras con que se alzan las compuertas serían arregladas para ser maniobradas con fuerza humana siendo lo más sencillo, los engranes necesarios para la trasmisión serán puestos; pero no se haría alguna objeción á la provisión además de un mecanismo operado por electricidad.

El regulador en la toma del canal. 114.

El regulador en la toma del canal está colocado suficientemente lejos aguas arriba de la corriente para permitir en el canal de desfogue un paso que barra el agua; pero no tan lejos río arriba para estar fuera de un buen terreno. El azolve que entrando en el lecho del canal no puede pasar por él á los distribuidores debe ser facilitado á depositarse entre el regulador en la toma y el primer escape de manera que pueda efectuarse una remoción más fácil haciendo el desfogue. Las clases de los trabajos serían los mismos que en el vertedor y en las compuertas de desfogue, pero las compuertas no necesitarán ser alzadas tan alto como en estas últimas, excepto como objeto para las reparaciones. Como la carga de agua sobre las compuertas será de unos 30 piés y la velocidad, cuando abiertas en época de crecientes será grande las compuertas deben ser especialmente bien construídas y una de reserva debía de tenerse á la mano para una pronta reposición durante las reparaciones.

Materiales y trabajo. 115.

Los explosivos no deben de usarse en la excavación en roca en el lado derecho del vertedor á lo menos que sea absolutamente necesario, y entonces únicamente bajo una estricta vigilancia; cuidado especial deberá tomarse al unir el muro de cortina y el muro principal del vertedor en la roca.

El concreto empleado en los trabajos consistiría de 1 parte de cemento, 2-1/2 partes de arena y 5 partes de piedra de dimensiones no mayores que las que pasarán por una criba de dos pulgadas inglesas. La piedra puede ser como sale de las quebradoras, pero todos los pedazos de dimensiones menores que medio centímetro deben ser clasificados como arena. En el concreto, pueden colocarse piedras de cualquier dimensión consistente con las condiciones de que la distancia entre dos piedras cualesquiera y que la distancia entre cualquier piedra con la cara ó tope de la masa no será en ningún lado menor que 15 centímetros. Las piedras deben ser casi cúbicas, los pedazos salientes deben quitarse. En donde quiera que se use mampostería de piedra en vez de concreto, el mortero debe consistir de 1 parte de cemento y 2-1/2 partes de arena perfectamente angulosa. La piedra debe estar completamente limpia, las juntas verticales entre las piedras, excepto las del frente, no menores que 10 centímetros de ancho, llenadas con mortero apisonado y rejoneadas con pedacería. Todas las aristas salientes en las piedras deben de ser quitadas con el martillo, y las de lechos cóncavos ó de cualquier otro modo impropios no deben permitirse. Las piedras deberán ser tan grandes como puedan ser manejadas convenientemente, especialmente las del tope de los muros y juntas angostas bien llenadas con mortero deben de ser usadas en los frentes. Todos los trabajos de mampostería y de concreto deben de conservarse húmedos por lo menos seis días. Algunas otras consideraciones particulares sobre arena, piedra y cemento son dadas en la Parte VII de este informe, y deben adherirse á éstas.

## SEXTA PARTE

### EL CANAL PRINCIPAL Y LOS DISTRIBUIDORES. GENERALIDADES.

Generali- 116.  
dades.

El alineamiento del canal indicado en los planos es dividido en tres secciones, habiendo sido estudiado en un principio sobre el supuesto de que el vaso de almacenamiento estaría situado río abajo de la villa de Nazas. Las tres secciones hubieran estado situadas en diferentes clases del terreno. La primera hubiera estado en la garganta río abajo hasta el fin del cañón de Fernández donde el Nazas abandona las hileras de contrafuertes; la siguiente, en la faja que se extiende entre los piés de las colinas y termina en San Fernando; y la última en los terrenos agrícolas río abajo de este punto. Tanto explicación es necesaria para enseñar como se localizaron en los planos las tres secciones, pero como las presas de almacenamiento deben estar situadas río arriba la primera sección del canal no es necesaria y por lo mismo no necesita ser referida otra vez. Las otras dos secciones requieren consideraciones diferentes, que son más complicadas río abajo por el hecho de que los canales existentes y el riego á que nos hemos referido en las partes anteriores de este informe, deben recibir la atención debida. Será más conveniente, sin embargo empezar por describir y explicar los trabajos necesarios como si se tratara de un terreno vírgen y después modificar los prospectos tanto como se necesite para adaptarse á las condiciones existentes. Al estudiar los proyectos, se ha recordado que la función final del canal es llevar el agua en tan regulares

cantidades como se necesitarán durante el año de riego. Es decir los canales han sido proyectados como parte del proyecto final, del cual los vasos de almacenamiento río arriba forman parte integrante. La descripción y explicación que sigue en estas páginas están fundadas sobre las mismas bases del proyecto final completo, pero se verá continua y fácilmente siguiendo esta descripción que los canales pueden ser utilizados sin alteración ó dificultad y con éxito para la distribución bajo las condiciones actuales de la corriente natural del Nazas hasta la máxima, tratado en la parte anterior de este informe.

117. Considerando puramente como un negocio comercial, se manifiesta que si el terreno en una margen del río era mayor que el que sería regado por el agua obtenible ninguna empresa particular construiría dos canales uno en cada lado del río, pues pudiendo disponer de toda el agua con un solo canal con un costo menor y especialmente así se economizaría en la conservación anual de las obras y en la filtración del agua perdida. Este es exactamente el caso en el presente proyecto puesto que, por ejemplo, el terreno agrícola adecuado para el riego y situado en la margen izquierda del Nazas es mucho mayor que el que absorviera toda el agua existente, y la gran extensión de las tierras actualmente regadas se encuentran ahora en esta margen. Siguiendo estas ideas comerciales, se ha decidido hacer un solo canal principal en la margen izquierda del Nazas y solo queda, para cuando describamos el alineamiento, enseñar que modificaciones son necesarias para servir á las propiedades que ahora toman agua y situadas en la margen derecha.

En la segunda sección ó al pié de las colinas.

118. En la segunda sección de que se habló en el § 116, es decir desde el cañón de Fernández hasta San Fernádo el valle por el cual el Nazas corre al pié de los cerros es largo pero relativamente estrecho. No hay muchísimas tierras agrícolas y más de la mitad de las que hay, se encuentran en la margen izquierda. Desde luego si un ramal se desprendiese en ó cerca del fin del cañón

de Fernández atravesando el Nazas y siguiendo la margen derecha resultaría ser un tajo angosto y pequeño de unos 20 kilómetros de longitud. En tal canal la pérdida de agua sería relativamente grande y el costo de conservación inconmensurablemente alto. Pero si se tiene en cuenta la estrechez del valle y si ramales pequeños separados son llevados á través del Nazas y el agua entregada en los actuales canales principales de cada una de las tres propiedades que están sobre la margen derecha en esta sección, únicamente unos 5 kilómetros de canal y sifón serán necesarios en vez de 20 kilómetros mencionados antes. La economía en el costo, en la conservación y en el agua, todo será comparativamente grande teniendo estos tres ramales separados y según ésto ha sido adoptada esta modificación.

Alineamiento del nuevo canal en las llanuras.

119.

En la tercera sección que está río abajo de San Fernando el terreno se amplía, consistiendo de una llanura deltaica cuya pendiente general es hacia afuera desde el río. En esta sección está situada la mayor parte de las tierras en las cuales será usada en lo futuro las aguas del Nazas, como ha sido en lo pasado, un 24 por ciento de la cantidad total medida por la Comisión Inspectora habiendo sido tomada del Nazas por los canales del lado derecho (véase tabla No. 18) el resto por los del izquierdo. Como el terreno, generalmente hablando, tiene una pendiente con y opuesta al río en general se deduciría que el trazo del canal correría lo más razonablemente cerca del río al menos que por alguna razón especial una parte diferente del terreno lejos del río fuese escogida para el riego. Conservando el trazo del canal no lejos del río, en el caso presente se alcanzan varios objetos, el primero es que las propiedades de la margen derecha (véase Tabla No. 18) pueden ser abastecidas por ramales cortos descargando en los actuales canales principales de las diferentes haciendas. Estos ramales tendrían en junto unos 7 kilómetros, mientras que si se construyese un canal en la margen derecha á partir de San Fernando su longitud sería de 60 kilómetros.

Gasto á las propiedades de la margen izquierda del río. 120.

Sobre el lado izquierdo la cuestión es más complicada, pues las propiedades que tienen que abastecerse pueden considerarse, en general, de dos clases, unas lindando con el Nazas y otras apartadas del río. Cada una de las propiedades ó grupo de ellas, tiene su canal propio. En el caso de las que están apartadas del río, los canales existentes serán cruzados, á cierta distancia de sus tomas, por el nuevo canal principal y una entrega sencilla de agua bastaría, pero donde las propiedades bordean el río, no sólo el canal nuevo cruzará los actuales canales principales de las diferentes propiedades sino que también atravesará los canales secundarios que distribuyen el agua á los campos impidiendo el gasto que se dá ahora á los que están á la izquierda del nuevo canal. Será necesario y fácil en el caso de cada una de esas propiedades darles la pequeña cantidad necesaria en los distintos puntos de cruce. No es tan seguro, sin embargo, en donde sería dado el gasto principal á cada propiedad pues hay razones poderosas porqué los canales presentes no deberían ser utilizados para la distribución del agua en el nuevo proyecto. Estas razones son que los canales actuales, habiendo sido construidos para el transporte de la mayor cantidad posible de las crecientes del Nazas deben, atendiendo á sus longitudes y dimensiones, sufrir pérdidas desproporcionadas y serias, por su lecho, del agua almacenada y que será distribuida por el nuevo canal. Con relación á ésto, será útil dar en este lugar un ejemplo concreto, el del bien localizado canal de Sacramento, que aunque extremo en ciertas cosas servirá mejor para ilustrar el caso general que viene aquí después.

Economía de agua que se obtendría revisando los canales actuales. 121.

El canal actual de Sacramento toma del Nazas en la presa de Calabazas y tiene 30 kilómetros de longitud antes que llegue á los terrenos de Sacramento, la mayor parte de su curso siendo casi paralelo al del río y al del nuevo canal. Como la línea de este último corta al canal de Sacramento á unos 22 kilómetros de su toma si el agua fuese entregada en ese punto de cruce solo necesitaría ser llevada unos 8 kilómetros hasta llegar á los

linderos de Sacramento ahorrando así, la pérdida del agua que ocurre en los 22 kilómetros del canal actual. Pero todavía este ahorro no es suficiente, por que el canal de Sacramento es innecesariamente grande para el nuevo destino pues aunque ha llevado tanto como 32 metros cúbicos por segundo del agua de las crecientes del Nazas, en este caso no llevará más que un máximo de 9-1/2 metros cúbicos del agua almacenada. Sería altamente conveniente agenciarse un canal más pequeño pues así las pérdidas por kilómetros serían reducidas por lo menos á la mitad de las del canal más grande, y si éste se hiciese, entonces sería prudente que el nuevo canal pequeño estuviese sobre un alineamiento distinto y que tomase más adelante aguas abajo del nuevo canal en un punto que está solo á 2-1/2 á 3 kilómetros de los linderos de Sacramento, así en lo sucesivo reduciendo las pérdidas de agua por absorción.

122. Volviendo de nuevo al caso general, se verá por el exámen de la columna 10 de la Tabla No. 18 que la capacidad total de transporte basada sobre el máximo actual por segundo tomado del Nazas en 1905 á 1907 por los canales principales existentes de las propiedades desde San Fernando hasta Colonia, es de 541 metros cúbicos por segundo que es más de 6 veces que la cantidad máxima que á ellos se les daría del agua almacenada para llevársela; canales muchísimo más angostos impedirían pérdidas excesivas de absorción. Más aún el exámen del dibujo No. 3 revelará que cuando estos canales más pequeños para la distribución del agua almacenada vayan á excavar se disminuye mucha de la longitud de los canales actuales y se obtiene un ahorro posterior. No hay duda que durante el transcurso del tiempo los propietarios en interés propio y para economizar la pérdida del agua en los innecesarios canales pródigos revisará cada uno su distribución propia y esta cuestión debería ser llevada durante la construcción actual y el punto de toma para las distintas propiedades colocado de acuerdo con los dueños. No parecería bueno agobiar los presentes propósitos

con tal trabajo de revisión ó verdaderamente con ramas de canales excepto las necesarias para llevar el agua á través del Nazas, pero se ha tenido en cuenta cierta cantidad para la colocación de la posición del regulador por las variaciones de los puntos de toma de los canales propietarios.

Causas afectando la dimensión del canal principal. 123.

Se ha explicado en la Parte II de este informe que las aguas del Nazas son distribuidas entre los distintos ribereños desde San Fernando hasta Colonia en ciertas proporciones fijas. A medida que los vasos de almacenamiento se vayan terminando, debía ser posible cultivar una área más grande aumentando constantemente, parte porque más agua será obtenible, parte porque se conseguirá cuando realmente sea necesaria para el riego, y parte á causa del ahorro que será hecho por el acortamiento y revisión de los canales distribuidores. Ha parecido mejor, en la actualidad, que el nuevo canal principal se proyectara de tal manera que sea posible á cada propietario individual recibir la misma proporción que hasta ahora toman del gasto total existente y la tabla No. 19 ha sido hecha según éso. Por otra parte puede suceder en lo futuro si el agua es vendida por medida alentar á un uso frugal de tan preciadísimo artículo de la Laguna, ó tal vez que por cualquier otra razón propietarios individuales puedan necesitar menos que su proporción asignada y el agua entonces tenga que pasar más abajo aguas abajo del canal para otro uso. Esta contingencia, aunque remota en las circunstancias, se encontrará con alguna extensión por el hecho de que los cálculos para el nuevo canal principal están basados en el sistema de riego por rotación. Bajo este sistema con el cual ya son familiares los ribereños tanto como se ha aplicado en la distribución del agua de las crecientes del Nazas, es posible economizar agua arreglando que los ramales distribuidores, ó como en este caso los canales de los propietarios individuales recibieran gastos completos durante cierta época y quitárselos completamente en otras. De ese modo, la pérdida en los distribuidores está limitada al número de días que corre en cada uno

y el por ciento de pérdida es menor que si la corriente fuera dada en pequeños volúmenes durante un mayor número de días. El sistema tiene la pequeña desventaja que una sección algo mayor se necesita para el canal principal después de las primeras millas, que sería dada si se adhiriese á proporciones estrictas; pero hasta ésto, apenas si es inconveniente en el caso actual pues como se dijo antes, proporciona el medio de que el agua que no sea necesitada por cualquier propietario individual sea llevada más lejos aguas abajo para disponer de ella. Pero debe recordarse clara y distintamente que si cualquier cambio general se hiciese en las proporciones que tienen que darse á cada propiedad, que es por ejemplo si el agua economizada en las pérdidas por el lecho del río ó pasando en las crecientes á la laguna de Mayrán es repartida á las propiedades de abajo, entonces los cálculos del canal y proyectos deben ser vueltos á considerar puesto que más agua no puede forzarse en los canales sin exponerlos á su deterioro.

Número de días en el cual sería dado el gasto.

124.

Según están las cosas el agua puede solo ser tomada del Nazas y transportada por los canales cuando la corriente del río lo permita; pero por lo que hace al proyecto completo se ha tomado, de manera de llegar al gasto medio de los canales, que el agua será dada en 200 días por año; aún más como en cierta época un gasto más grande que el medio será necesitado por los agricultores, la capacidad de los canales se ha hecho 50 por ciento mayor que el gasto medio. La sección de los diferentes tramos del canal principal han sido proyectadas según ésto, teniendo presente como se dijo antes, la conveniencia de trabajar los ramales por rotación.

Pérdidas en el lecho del nuevo canal y en los ramales.

125.

El canal principal á su salida del vertedor tendrá no solo que llevar el agua para el gasto de la agricultura sino también tal cantidad adicional para tener en cuenta las pérdidas por evaporación y absorción en dicho canal y en los ramales. Estas pérdidas en junto no son fáciles de llegar á ellas pues entran muchos factores en sus cálculos; la longitud del canal, el perímetro mojado, la con-

dición del lecho y el suelo que se atraviesa afectan la cuestión así como la clase y cantidad de agua transportada y la edad del canal. Habiendo tenido presente todas las causas, las pérdidas han sido colocadas en un por ciento que sería suficiente y la capacidad del canal aumentada correspondientemente. El por ciento es muy posible que sea más grande al principio esto es cuando el canal está nuevo, pero estas pérdidas disminuirán gradualmente con el tiempo. La capacidad de las distintas secciones del canal ha sido arreglada según eso con tal dimensión que pudiera gastar 700 millones de metros cúbicos por año en las tomas de los canales propietarios desde San Fernando hasta Colonia, ésta siendo la cantidad media que como se dijo antes, deberán almacenar los vasos que se deben construir.

126. Habiendo sido tratadas las cuestiones generales que influyen en la localización del nuevo canal principal y sus ramales, las tomas de los canales propietarios, la duración del gasto para la agricultura y la pérdida probable en el lecho del canal; solo nos queda, antes de entrar en más detalles, tratar una cuestión más general que es, á saber: lo que se haría con el sistema actual de canales propietarios. Podría decirse que ya ellos cumplieron su misión y que cuando, con el complemento del sistema de vasos, los métodos de inundación de los cuales La Laguna ha estado dependiendo cesen, sería necesario que los canales propietarios se clausurasen, no obstante las grandes sumas de dinero que deben haberse gastado en ellos. Pero se ha demostrado en la Parte IV de este informe que por grande que se hiciese el vaso (ó vasos) en el Nazas, cantidades considerables de agua se escaparían por el vertedor de demasías durante un año en pocos. Si no existieran los canales propietarios la cuestión sería la misma si se permitiese que esta agua corriese á la laguna de Mayrán ó que se hiciese algún intento para utilizarla. Pero considerando el gran valor del agua en La Laguna y teniendo presente el hecho que los canales de inundación ya están construidos, es conveniente que á los propietarios se les diese la oportunidad de utilizar las crecientes que bajen por

el Nazas de cuando en cuando. Ellos podrían, con el tiempo, conocer de antemano el estado de los vasos cuando las crecientes sean posibles y preparar tierras extras adecuadas al riego por inundación. Aunque ha sido demostrado por el pasado que la dependencia de la inundación ha dado resultados azarosos en conexión con la agricultura normal de La Laguna, por otra parte casuales riegos de inundación en unión al gasto regular de los vasos, no sera malo, y podrían esperarse buenos provechos, si especialmente se tiene presente las prósperas cosechas de algodón que son obtenidas ahora; sería conveniente, bajo cualquier circunstancia, permitir que los canales propietarios existentes queden abiertos; los proyectos concuerdan con esto, habiéndose puesto sifones en donde se interceptarían los canales antiguos con los nuevos, y esta disposición será también eminentemente adecuada para el manejo del nuevo proyecto, hasta aunque estén construidos los vasos.

Gasto del 127.  
nuevo canal  
principal.

Volviendo ahora á los nuevos trabajos, hay que dirigir la atención á la Tabla No. 19 que demuestra primero, la cantidad media anual que tiene que darse á cada uno de los canales existentes ó á las propiedades, y en seguida la cantidad teórica que el nuevo canal principal tiene que ser capaz de llevar á los distintos puntos de manera de dar no solo las cantidades medias, sino un 50 por ciento más, como se explicó anteriormente. Pero dado que, como se dijo antes, el mejor método de abastecer á los distribuidores es por rotación, la columna del gasto teórico está seguida por otra con el título de «gasto práctico requerido» así dividiendo los canales en tales longitudes que permitirán un manejo feliz.

Sección del 128.  
nuevo canal  
principal

La posición y el proyecto de los reguladores del canal principal y distribuidores, caídas, escapes, entradas de drenaje y puentes están mostrados en los dibujos respectivos y no necesitan ser tratadas; pero para concluir esta parte del informe diremos unas cuantas palabras necesarias sobre la sección transversal del canal principal. Este se notará por la Tabla No. 19 tiende á ser ancho y

poco profundo en lo que es posible, de manera de evitar las variaciones excesivas de la velocidad entre los gastos medio y máximo. Pero es necesario desviarse del tipo establecido con el objeto de que en las partes más bajas reducir la velocidad máxima y así evitar que el terreno suelto sea atacado por el agua; también al mismo tiempo no permitir una velocidad mínima tan pequeña que favorecerá el crecimiento excesivo de hierbas tan notable en muchos de los canales existentes. El tipo de una sección ancha y poco profunda también ha sido originada por las causas de conveniencia y economía en la sección más río arriba en tales lugares que excavaciones excesivas y muros de sostenimiento hubieran sido necesarios si se hubiera hecho de otro modo. Solo nos queda añadir en esta parte del informe que generalmente el trazo del canal ha sido estudiado (y localizado en el terreno) junto con los levantamientos topográficos y de curvas de nivel hechos especialmente para este proyecto y enseñados en los dibujos; más aún en aquellas secciones en que el trazo encontraba excavaciones en roca y terreno difícil, ha sido localizado en los planos después de un estudio de numerosas secciones y contorneando lo más cerca el terreno.

**TABLA**

Cantidad media anual de agua tomada del Río Nazas por cada Canal desde la Presa

Cantidades expresadas en

Nombre del Canal	Márgen del Nazas en que están situados	Promedio en 13 años	Promedio en 12 años	Promedio en 7 años
1	2	3	4	5
Santa Margarita	Izquierda	10.286		
San Fernando	Izquierda	19.230		
Tlahualilo	Izquierda	61.602		
Municipio	Izquierda			3.777
San Antonio	Izquierda	23.184		
Lavin	Izquierda	109.731		
San Ramón	Izquierda		3.424	
Relámpago	Izquierda	38.238		
Sacramento	Izquierda	93.880		
Santa Cruz	Izquierda	65.359		
Torreón	Derecho	27.007		
Concepción	Derecho	53.851		
Coyote	Derecho	77.246		
Cuije	Izquierda	31.178		
Bilbao	Izquierda	19.016		
Santa Teresa	Izquierda	24.136		
Santa Lucía	Izquierda	8.728		
Concordia	Izquierda	19.296		
Tajo Unido	Izquierda	22.212		
Sangría de Guadalupe	Derecho			
San Lorenzo	Derecho	9.099		
Trasquila	Izquierda			4.167
Benavides	Izquierda	.944		
Bolivar	Izquierda	7.640		
San Isidro	Izquierda	17.840		
Guadalupe	Izquierda	19.677		
San Marcos	Derecho			
Zaragoza	Izquierda	10.790		
Yucatán	Derecho	6.155		

No. 18

de San Fernando hasta la Presa de la Colonia durante los años de 1896 hasta 1908.  
miles de metros cúbicos.

Promedio en 11 años	Promedio en 1 año	Promedios en 1 año	Por ciento del total tomado por cada canal
6	7	8	9
		10.286	1.270
		19.230	2.380
		61.602	7.640
		3.777	.468
		23.184	2.870
		109.731	13.600
		3.424	.425
		38.238	4.740
		93.880	11.600
		65.359	8.110
		27.007	3.350
		53.851	6.680
		77.246	9.590
		31.178	3.870
		19.016	2.360
		24.136	2.980
		8.728	1.083
		19.296	2.390
		22.212	2.750
	8.133	8.133	1.009
		9.099	1.220
		4.167	.517
		.944	.217
		7.640	.947
		17.840	2.210
		19.677	2.440
9.608		9.608	1.190
		10.790	1.330
		6.155	.764

TABLA

CANAL PERTENECIENTE	Cantidad total anual de agua permitida para canales en Col. 1 Miles de metros cúbicos	Cantidad de agua necesaria en el Ca- nal mayor, incluyendo pérdida por fil- tración, es decir máxim teórico Metros cúbicos por segundo		Sección de Canal proyectado para conducir Metros cúbicos por segundo en y entre los pun- tos nombrados
		Por cada canal	Total en la Boca toma	
Refugio	8.000	0.8	76.9	76.9
San Jacinto	12.000	1.2	76.1	76.9
Loma	8.000	8	74.9	76.9
Goma	8.000	8	74.2	76.9
Avilez	8.000	8	73.4	76.9
San Juan de Cesta	8.000	8	72.6	76.9
San Carlos	8.000	8	71.8	76.9
San Fernando	16.600	1.8	71.1	{ 76.9 71.1
Tlahualilo	62.370	6.0	69.3	71.1
Municipio	3.276	0.3	68.3	71.1
San Antonio	20.090	2.0	63.0	{ 71.1 61.0
Lavín	95.200	10.7	61.0	61.0
San Ramón	2.975	0.3	50.3	{ 61.0 37.0
Coyote	67.130	6.3	50.	37.0
Concepción	46.760	4.5	43.7	37.0
Torreón	23.450	2.2	39.2	37.0
Santa Cruz	56.770	5.4	33.8	37.0
Relámpago	33.180	3.2	37.0	{ 37.0 31.8
Sacramento	81.200	7.9	28.4	{ 31.0 20.5
Cuije	27.090	2.5	20.5	{ 20.5 18.0
Sangre de Guadalupe	7.063	0.7	18.0	18.0
San Lorenzo	8.540	0.9	13.7	18.0
Bilbao	16.520	1.6	16.4	18.0
Santa Teresa	20.860	2.0	14.8	{ 18.0 12.8
Santa Lucía	7.581	0.7	12.8	12.8
Concordia	16.730	1.6	12.1	{ 12.8 10.5
	Kilómetro 42	de la 3a	Sección	{ 10.5 9.9
Tajo Unido	19.250	1.8	10.5	9.9
Trasquila	3.619	0.4	8.7	{ 9.9 8.3
Bolívar	6.629	0.7	8.3	
Benavides	1.519	0.2	7.6	
San Isidro	15.470	1.6	7.4	
Guadalupe	17.080	1.8	5.8	
San Marcos	8.330	0.7	4.0	8.3
Zaragoza	9.310	0.9	3.3	
Yucatán	5.348	0.4	2.4	
Below Colonia	24.000	2.0	2.0	



## SEPTIMA PARTE

### EL CANAL PRINCIPAL Y LOS DISTRIBUIDORES. EL ALINEAMIENTO, LA INSPECCION Y OTRAS OBRAS DE MAMPOSTERIA

El alineamiento en general.

129. Se ha explicado en la parte VI de este informe que el alineamiento del canal consta naturalmente de tres secciones. La primera en la garganta del Nazas y á lo largo de las partes altas hasta El Refugio y San Jacinto, solo se intentó localizarlo en los planos para en el caso de que una cortina pudiese construirse en el sitio Núm. 3, y no necesita ser considerado en lo sucesivo puesto que la cortina no puede ser construida ahí. En las otras dos secciones la pendiente natural del terreno es hacia el río desde el Cañón de Fernández hasta la presa de San Fernando; pero opuesta al río en la sección aguas abajo de este lugar. Como es necesario para obtener un riego abundante que el canal deba dominar las áreas que serán regadas, se deduce naturalmente que, la línea en la primera de estas dos secciones debía de llevarse tan lejos del Nazas como lo permita la pendiente del terreno y los contrafuertes de las colinas. Por otra parte río abajo de San Fernando el nuevo canal, naturalmente, debía de llevarse tan cerca del río como sea razonablemente practicable. Otra cuestión que tenía que tenerse presente como afectando el alineamiento, es que el Nazas en las altas crecientes se desborda muy á menudo y por esto es necesario llevar el canal arriba del nivel de la más alta creciente ó hacer tal precaución que evitara que las obras sean dañadas.

Alineamiento desde el cañón de Fernández hasta la presa de San Fernando.

130. En la sección desde el cañón de Fernández hasta San Fernando los niveles más altos auténticos de la creciente de 1903 que se han obtenido, y el nivel del terreno correspondiente en esos puntos del alineamiento escogido para el canal son los siguientes en metros :

LUGAR	Nivel de la creciente	Nivel del terreno	Nivel del lecho del canal
Salida del Cañón de Fernandez	1178.9	1187.2	1172.1
Enfrente á Sapiariz	1166.0	1170.98	1162.35
Cerca de Loma	1159.0	1162.1	1160.9
300 metros río arriba de la anti- gua presa de Santa Margarita	1148.1	1150.3	1148.5
Presa de San Fernando	1142.1	1144.1	1142.4
Presa de Calabazas	1138.1	1138.3	1136.5

La presa de Calabazas pertenece á la próxima sección, y aquí está incluida solo, por comparación). Los niveles de la creciente son los de 1903 en cuyo año como se recuerda en la actualidad el río se levantó muy alto en esta sección; pero según la tradición las aguas del Nazas se levantaron todavía más alto en 1887 (ó 1888).

131. En todos los casos donde se han empleado vertedores de desviación y los canales tienen que tomar á un bajo nivel, los primeros kilómetros están en tajos profundos. En el presente proyecto, el río se levanta á 10 metros encima del nivel más bajo del lecho, así que, aunque se ha provisto un vertedor de buena altura y el lecho del canal colocado á 3.2 metros encima del nivel del lecho del río, la base del canal todavía está á casi 7 metros abajo de la creciente de 1903 que según se estableció antes no fué la más alta que ha ocurrido. Se encuentra también en la toma y en unos dos kilómetros aguas abajo de ella, la dificultad que el terreno sube muy rápidamente desde la margen del río y es necesario estar en tajo profundo de manera de evitar que se lleve al canal demasiado cerca de la orilla de la margen del río.

132. Respecto al resto de la sección la seguridad que se permitió y que se ve en la tabla,

junta con la consideración de que después de la construcción de los vasos, las crecientes río abajo de ellos nunca pueden ser tan fuertes, debe ser bastante para evitar que las obras del canal sean dañadas. La línea escogida domina el área de las tierras ya cultivadas.

133. Con excepción de la salida del vertedor, el alineamiento, generalmente hablando no es costoso, pero hay ciertos puntos difíciles como lo demostrará la siguiente breve descripción. Así, partiendo desde el cañón de Fernández con una altura en el fondo de más de 3 metros arriba del lecho del río, el canal gana en altura sobre el río hasta que enfrente al Refugio todo el peligro de daño por las crecientes, pasó. Tomas distribuidoras para los canales existentes de San Jacinto, Refugio y Loma, el último de estos está situado sobre la margen opuesta ó derecha del río, son provistas en este tramo. Cerca del kilómetro 13 la línea da una vuelta pronunciada hacia el río de modo de rodear un cerro cercano á la pequeña congregación de Borrego, donde se llega cerca del kilómetro 20. Tomas distribuidoras son provistas para la Goma en el kilómetro 12 y para Avilez en el kilómetro 20, donde hay también una tubería de salida para una parte de las tierras de San Juan de Casta, hacienda cuyos terrenos estrechos se extienden á unos 14 kilómetros á lo largo del canal. Por el kilómetro 23-1/2 se encuentra á una de las secciones estrechas del Nazas á la que nos hemos referido anteriormente y como el río aquí se acerca á su margen izquierda, es necesario atravesar la ladera de roca. Un plano de escala más grande y numerosas secciones transversales enseñan en detalle el carácter difícil del terreno y como ha sido localizada la línea. Tomas distribuidoras se han puesto para San Juan de Casta y para San Carlos donde el canal sale al terreno más fácil. Este termina por el kilómetro 31 desde donde hasta el kilómetro 35 la línea está á lo largo de otra ladera de roca que es el fin de una hilera de montañas más atrás de la cual se extiende las llanuras deltaicas. También, en este caso un plano de escala más grande y nu-

merosas secciones transversales enseñan como ha sido determinado el alineamiento. Inmediatamente abajo de esta parte rocallosa y agrupadas todas juntas se encuentran las obras de toma actuales de cuatro canales; de éstos, dos, San Fernando y Tlahualilo están provistos con boca-tomas en el kilómetro 35-1/2; pero las de los otros dos están colocadas más lejos en el kilómetro 38-1/2 pues como explicado antes es obligatorio en el nuevo canal conservar la línea y también de manera de ahorrar á los propietarios la pérdida debida á la absorción en el lecho de largas longitudes de canal que vendrán á ser inútiles cuando el nuevo canal esté construido.

Alineamiento en la sección deltaica río abajo de Sn. Fernando 134.

En la sección deltaica que comienza en San Fernando, la profundidad del río debajo de sus márgenes es relativamente pequeña, y éstas serían fáciles de ser inundadas en tiempo de crecientes. Esta tendencia es agravada por las distintas presas que han sido construidas á través del río con el objeto de desviar el agua hacia los canales de inundación existentes. Los niveles de la creciente y los correspondientes del terreno (ambos en metros) en esas presas son los siguientes:

PRESA	Nivel de la creciente en el lado de aguas arriba de la presa	Nivel correspondiente en el terreno
San Fernando	1142.1	1140½
Calabazas	1138.1	1136½
Coyote	1136.0	1134½
Cuije		1123½
Guadalupe	1117.0	1116½
San Pedro	1108.8	1106

Según eso el río desbordaría de sus márgenes muy mal encima de las presas si no fuera por que se han levantado terraplenes altos de defensa para contener al agua. Debajo de cada presa el río vuelve á tomar su nivel natural y la altura de agua que se desborda, en crecientes, es pequeña, así que los terraplenes de los canales existentes generalmente no son afectados, aunque grietas han ocurrido en los lugares más expuestos y la siembra que estaba creciendo ha sufrido seriamente por hu-

medad sobrante en tiempos de crecientes altas y dilatadas, especialmente río abajo donde el agua no se va aprisa y además el nivel del agua del subsuelo es alto hasta en el tiempo de secas. Según esto lo mejor hubiera sido, para los objetos de riego y economía, haber llevado la línea del canal completamente cerca del río confiando la protección á los terraplenes del nuevo canal; pero como, según se ve en los dibujos el terreno más alto está ya ocupado por los canales de inundación existentes ha sido necesario colocar la nueva línea un poco más allá del río. Aunque esto es desventajoso porque los distribuidores ó canales de riego de la clase (a) referidos más adelante deben tomar más aguas arriba de lo que hubiera sido necesario de la otra manera, por otra parte el canal en la línea escogida será protegido contra las crecientes por el lado del río, con las obras íntegras de los canales existentes.

135. Así, continuando la descripción de la línea del párrafo 131 se encuentra que hay que elegir entre aumentar la longitud del canal unos 2 kilómetros rodeando Lerdo ó pasar alternativamente entre el intervalo estrecho entre esta ciudad y el río. Lo último ha sido seguido, estando protegido el nuevo canal en la vuelta del río opuesta á Lerdo por el canal existente de Lavín; pero puede ser necesario más tarde construir espigas en este lugar si el río enseña cierta tendencia á acercarse más á su margen. Entre Lerdo y Gómez Palacio el terreno está libre de obstáculos, es bastante alto estando arriba de todas las crecientes menos de las extraordinarias, así el canal no será fácil de ser sobrepasado y agrietado. Las propiedades que tendrán que regarse aguas abajo de la presa de San Fernando, pueden dividirse en cuatro clases: (a) Las que están en la margen izquierda lindando con el río; (b) Las que están en la margen izquierda pero lejos del río; (c) Las que están en la margen derecha; (d) Varias al fin del proyecto; esto es en y río abajo de la presa de San Pedro. La primera clase al presente alimentada por los canales de Municipio, San Antonio, San Ramón, Santa Cruz

y Tajo Unido. Será necesario dar agua á estos canales ó á sus ramales por ambos lados del nuevo canal y así ha sido hecho según está establecido en las hojas de los perfiles longitudinal. Las propiedades de la segunda clase son más sencillas de tratarse. Ellas están servidas por los canales de Lavín, Relámpago, Sacramento, Cuije, Bilbao, Sta. Teresa, Sta. Lucía, Concordia y Trasquila, y solo es necesario proveer á cada canal de un sifón donde crucen la línea principal y con una boca-toma. Las posiciones de las boca-tomas son fijadas solo aproximadamente pues deben ser motivo de arreglo con los propietarios durante la construcción, como se explicó en la Parte VI de este informe. Pero están proyectadas para ser aisladas de los sifones los cuales se han provisto con compuertas que se mantendrán cerradas, excepto cuando el agua de las crecientes se admita en los canales. Las propiedades de la clase (c) que son las de la margen derecha del río entre la presa de San Fernando y la presa de San Pedro son servidas en la actualidad por cinco canales. De éstos, tres que son: Coyote, Concepción y Torreón recibirán agua por un ramal que tomará enfrente á Gómez Palacio y cruzará el Nazas con un sifón; mientras los dos restantes: la Sangría de Guadalupe y el Tajo de San Lorenzo cada uno tiene su propio ramal tomando del canal principal en los kilómetros 30 y 33 respectivamente.

136. La última clase de propiedades está servida por canales justamente arriba de las presas de San Pedro y Colonia donde el Nazas está prácticamente canalizado. El nivel del agua del subsuelo es alto y el agua se encuentra en el lecho del río cuyo ancho es de unos 50 metros, menos que la mitad de la que tiene tan baja en la presa de Guadalupe y considerablemente menor que adelante río arriba. Dadas las circunstancias aparece mejor que el gasto para los 7 canales (Bolívar, Benavides, San Isidro, Guadalupe, San Marcos, Zaragoza y Yucatán) tomando en las presas de San Pedro y Colonia, también como el gasto para las tierras río abajo del vertedor de Colonia, debía ser descar-

gado en el Nazas de donde puede ser tomada combinada con la corriente debida al agua de la filtración. Por este método todo obstáculo en el gasto de las crecientes y la necesidad de los sifones serán obviadas.

Velocidad del agua permitida en el canal.

137.

Los puntos que gobiernan el alineamiento escogido del canal y la posición de las tomas para las distintas propiedades habiendo sido explicados, las nuevas cuestiones que se tratarán son la sección transversal del canal y la velocidad media permitida en gasto máximo y bajo. Mientras mayor sea la velocidad que pueda resistir el suelo menor será por consiguiente la sección transversal del canal y menor el costo de la obra. Habiendo tenido presente el caracter del suelo, por una parte la evidencia demostrada por las hierbas y por otra parte el deterioro (grande en algunos lugares) en los canales propietarios existentes, las siguientes velocidades medias, al nivel del gasto completo, han sido determinadas (Para detalles véase la tabla No. 19.)

Desde el cañón de Fernández hasta	Metros por segundo
Gómez Palacio... ..	1.02 á '914
Desde Gómez Palacio hasta la presa.	
de Guadalupe.....	'853 á '823
Desde la presa de Guadalupe hasta	
el fin del canal... ..	'792 á '731

La disminución gradual de la velocidad es debida al carácter de suelo que es más ligero gradualmente á medida que se dejan atrás, alejándose las colinas.

Sección transversal del canal.

138.

En los primeros kilómetros donde el canal está en una ladera se le ha dado en la sección transversal una relación de 7 á 1, el ancho del lecho siendo de 21.34 metros y la profundidad con gasto completo de 2.90 metros. En la región de aluviones el tipo de sección transversal escogido para longitudes donde el gasto total será llevado por el canal, tiene una relación de 20 á 1 el ancho del lecho con la profundidad á gasto completo, los taludes siendo de 1-1/2 por 1 en tajo y 2 por 1 en terraplén. Estas relaciones se obtienen generalmente desde San Jacinto río abajo, pero hay que

separarse de ellas, como lo indican los dibujos, en aquellas longitudes donde la roca ó cualquier otro material duro hicieron conveniente adoptar una sección transversal más angosta y más profunda con taludes proporcionalmente más pronunciados, siendo el tipo el mismo que el de los primeros kilómetros del canal. Adelante del kilómetro 41 donde la cantidad de agua transportada por el canal disminuye rápidamente, también se ha encontrado mejor, hacer menor la relación del ancho del lecho á la profundidad correspondiente, como se muestra en la tabla No. 19.

Pendiente natural del terreno. Caídas. 139.

Una tercera variable del problema, afectando la velocidad del agua y la sección transversal, es la pendiente dada al lecho del canal. La pendiente natural del terreno es de tal modo en la parte de río arriba, que si al lecho del canal se le hubiese dado una inclinación semejante, se hubiera necesitado usar una sección transversal extraordinariamente ancha y poco profunda para conservar la velocidad dentro de los límites deseables. Así, de manera de utilizar la sección transversal más económica en la localización y todavía no exceder la velocidad que pueda soportar el suelo, la pendiente del lecho del canal ha sido hecha menor que la del terreno, de hecho tanto en algunos lugares, que la diferencia entre las dos pendientes es compensada con el uso de caídas en los canales, como se muestran en las hojas de los perfiles longitudinales.

140. Dos proyectos han sido preparados para las caídas, uno es para obra grande y costosa; el otro, para obra más sencilla y de tipo más moderno. El último ha sido escogido para el presupuesto, pero el primero está á la mano por si las circunstancias durante la construcción demostraran que es conveniente utilizarlo en alguno ó algunos lugares especiales. En las caídas como en otras estructuras para traficar con el agua, la impermeabilidad es de primera importancia y debe tenerse un cuidado particular que los pisos y cimientos estén bien asentados y que el relleno de la mampostería y del concreto sea tal que no permita que el agua escu-

rra á lo largo de la cara de estos materiales. Zanjadas llenadas con arcilla (puddling) deben ser empleadas contra el frente de aguas arriba del muro de cortina, y donde la profundidad del agua es mayor que 6 piés, indicado en los dibujos, la longitud, altura y profundidad de los pisos, colchones y demás partes deben ser aumentadas correspondientemente.

Obras de 141.  
arte. Gene-  
ralidades.

Además de las caídas, otras obras son requeridas en distintos puntos á lo largo del canal:

- (a) Manera de tratar el drenaje.
- (b) Facilitar el transporte.
- (c) Regularización del gasto del agua.
- (d) Distintos objetos.

Entrada del 142.  
drenaje su-  
perficial, co-  
rriente exce-  
dente, escape.

La lluvia muy ligera y la absorción del suelo demostrarían que los cruces de drenaje son innecesarios en la sección aguas abajo de Lerdo y que aguas arriba de esta ciudad solo una pequeña provisión es necesaria.

Esto se deduce del exámen de las líneas ferrocarrileras y de los canales existentes. La pequeña provisión hecha en la parte aguas arriba consiste de entradas en el canal que lleno ó vacío no sería afectado adversamente por el escurrimiento pequeño probable, pero si este fuera más grande que lo pasado el canal puede ser auxiliado por los escapes indicados en los kilómetros 1 y 23 de la sección II. La nota que hay que hacer en los dibujos de las entradas del drenaje es que las compuertas deben ser del tipo automático, así que si el nivel del agua se levantase aprisa y antes que el vigilante del canal pudiera llegar, las compuertas actuarían por sí mismas. El piso de las compuertas debe de llevarse tan arriba del lecho del canal como la sección transversal en cada punto lo permita.

Las compuertas, además de ser automáticas en su acción, deben también ser prácticamente impermeables, pues de otro modo pasaría entre ellas mucha agua y se perdería. Los proyectos para el escape requieren pocas notas. Las compuertas deben ser balanceadas y arregladas especialmente para su impermeabilidad: las aberturas en el ver-

tedor tenían mejor que ser de lados verticales en vez de forma de V, forma que ha sido entonces realmente dada para enseñar las aberturas necesarias en caídas donde el canal corre con 10 piés de profundidad.

Puentes para carreteras y para ferrocarril.

143. Puentes han sido provistos donde la línea del canal cruza vías existentes de ferrocarriles y carreteras y puentes también han sido provistos en cada pueblo, habiendo demostrado la experiencia que la única manera de impedir que el lecho y las orillas del canal sean deterioradas por los transeuntes, es proveyendo un número suficiente de pasos.

144. Para la regularización del gasto en el canal principal y en los ramales para la distribución á los canales de las distintas haciendas y para paso de los últimos canales debajo del canal principal, los trabajos requeridos consisten de reguladores en el canal principal, boca-tomas en los canales propietarios y sifones. Los dibujos necesarios se han hecho para estas obras y únicamente unas pocas notas posteriores son necesarias. Todas las compuertas deben ser macizas y bien hechas, deben resbalar en canales de metal puestas en el concreto y las del regulador en el canal principal debe estar balanceada de manera de ser manejada fácilmente. Los tubos de los sifones son indicados en los dibujos como de acero; fierro fundido sería mejor si no es demasiado costoso; por otra parte si el costo del tubo de metal se le objeta, otros de duelas pueden ser sustituidos, pero se anticipa que no serán completamente satisfactorios, atendiendo á la alternativa de humedad y sequedad y á las largas temporadas de la última á que los sifones estarán sujetos; así pues si tubos de madera se usan para los sifones de los ramales cruzando abajo del Nazas ellos no deben ser empleados para los canales existentes cruzando las nuevas obras.

Asuntos varios. 145.

Es de aconsejarse que debe haber oficinas y casas para los empleados, en la vecindad inmediata al vertedor, así como también cuartos para teléfono y casas para los vigilantes, cada 10 kilómetros á lo largo del canal. Una línea telefónica

debe de proveerse á lo largo de todo el canal y los postes del teléfono deben estar de tal manera colocados que dividan las longitudes entre las piedras de los kilómetros en partes regulares é iguales. Es de aconsejarse que un ancho de 100 metros de terreno deba tomarse para el canal donde el ancho del lecho es 36.6 metros pero ésto puede ser reducido donde el ancho del lecho es menor ó el terreno especialmente caro, como por ejemplo enfrente de Lerdo. Lo excavado sería dispuesto de tal modo de formar una carretera, como se demuestra en los dibujos, á lo menos á lo largo de uno de los lados del canal. Los terrenos del canal deben ser cercados en ambos lados.

Varias notas sobre el material de las obras de arte.

146.

Para concluir esta parte del informe unos pocos puntos se necesitan describir. Las cimentaciones, indicadas en los dibujos, de las obras de arte deben ser tratadas como mínimas y su profundidad y ancho aumentados cuanto sea necesario donde quiera que, como puede suceder, se encuentre terreno malo. Los dibujos de estas obras muestran concreto en todo, pero no hay objeción con sustituirlo con mampostería excepto en los pisos y cimientos. El concreto de los pisos no debe ser aplinado, sino apisonado hasta que el mortero salga á la superficie y entonces debe ser aplanado con la cuchara. Todo trabajo de mortero debe conservarse húmedo hasta que haya hecho bien la toma. Apoyos de piedra deben de ponerse debajo de las traves; en todos los corta-aguas, si de mampostería deben ser tallados toscamente y las ranuras deben ser cuidadosamente cortadas para recibir los canales en los cuales las compuertas van á resbalar. El concreto debe ser como el especificado para el vertedor pero las proporciones pueden ser 1 (cemento): 3:6. El mortero puede ser ó de cemento y arena ó de buena cal hidráulica con menos proporción de arena. Esta debe ser limpia y angulosa y no demasiado fina, la del lecho del río en las regiones de abajo siendo generalmente inadmisibles atendiendo á su finura excesiva. El cemento debe ser de una buena marca, de molienda muy fina, toma lenta y exento de cal libre. La piedra usada debe ser dura

y compacta, toda la piedra de la superficie de las canteras, y la que es quebradiza siendo desechada para no usarla en concreto, mampostería ó trabajo de piedra seca.

Notas ge-  
nerales sobre  
las terrace-  
rías.

147.

Las terracerías especialmente los terraplenes deben ser cuidadosamente contruidos. Cuidado debe tenerse en que la unión del terraplén con el suelo sea removiendo el material inferior y las yerbas en el asiento, quebrando la superficie de la tierra y escalonando, principalmente donde la pendiente transversal es apreciable y también donde la profundidad del agua contra los terraplenes exceda de 1-1/2 metros. Los terraplenes deben de formarse, tanto como sea posible, con capas cóncavas, todos los terrones deben de ser quebrados, el mejor material debe de colocarse en el centro y apisonado hasta que esté sólido donde la profundidad del agua es considerable como ya se explicó en otra parte. Los terraplenes deben ser á lo menos tan anchos como lo indican las secciones transversales de la sección II del canal, toda la excavación siendo aprovechada en ellos; en la sección III del canal debe tenerse un cuidado particular respecto á los terraplenes del lado derecho. En las secciones II y III del canal las banquetas indicadas en las secciones transversales deben proveerse generalmente, pero en esas partes de la sección II en ladera accidentada, las banquetas pueden omitirse donde quiera que el material de la excavación no sea suficiente. La piedra de la excavación debe ser utilizada para empedrar los terraplenes en los lados de adentro y de fuera, más especialmente donde el terreno tiene una pendiente á lo largo de ellos, donde la línea del canal voltea y al pie de los terraplenes particularmente en terreno accidentado y á lo largo, á ambos lados, de los kilómetros 23 y 35 deben ser especialmente bien protegidos con piedra de la excavación.

Para fijar los precios por unidad en el presupuesto se ha considerado que, siendo obra del Supremo Gobierno, los materiales de construcción entrarán libres de derechos, y gozarán del mismo tipo de flete que conceden los Ferrocarriles á los materiales del Gobierno.

## OCTAVA PARTE

### UTILIZACION DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE SANTIAGUILLO

---

Generalidades. 148.

Se ha demostrado en las partes anteriores de este informe que el gasto del río Nazas varía ampliamente de año en año, habiéndose registrado en los años más altos ser diez veces lo que los años más bajos. El gasto de cada año, hablando en un modo general, consta de dos partes, una corriente continua y una ó más crecientes grandes, que en años de gran gasto total, son tan fuertes que por los canales existentes no se puede aprovechar cierta gran cantidad de agua que pasa inutilizándose á la laguna de Mayrán.

149. También se ha manifestado en las partes pasadas de este informe que desde Diciembre hasta Junio, sólo para todos los asuntos prácticos, puede considerarse el río Nazas. Es en esos meses que el agua sería más útil en preparar las tierras antes de la siembra del algodón en Febrero ó Marzo, y, en Junio para el riego de la siembra existente.

150 Dado ésto, el vaso de almacenamiento que fué, en un principio, propuesto que fuese situado entre la villa de Nazas y la salida del Cañón de Fernández, y los vasos de almacenamiento para los que se recomienda en este informe se les deben buscar sitios más río arriba, llenarían dos objetos. Primero, ayudarían al abastecimiento del agua almacenando el exceso de las crecientes en años húmedos para su uso en los secos, y segundo, los vasos harían al agua de mayor provecho almacenándola hasta los meses en que se necesita más. Es solo des-

pués de que se hayan escogido los sitios y estudiado las propiedades especiales de cada uno, será cuando pueda determinarse la mejor manera de aprovecharlos. No obstante eso, no hay razón para que sea diferida una explicación acerca de la pronta utilización de las aguas de la laguna de Santiaguillo. En un principio, no se propuso que los trabajos, con relación á este lago natural fuesen incluidos en el proyecto del Nazas pero ahora se ha propuesto hacerlo así, debido á que el agua se va generalmente á perderse no siendo usada en la actualidad más que para darle de beber al ganado durante 8 ó 10 meses al año.

Situación de 151.  
la laguna de  
Santiaguillo  
é ingreso de  
agua en ella.

Este lago natural linda con la cuenca del Nazas, estando separado de ella por una cuchilla montañosa que no tiene muchos metros arriba del nivel del lecho de la laguna en su parte Sur. La cuenca del lago es aproximadamente un catorceavo de la cuenca total del Nazas hasta el Cañón de Fernández, en un gran repliegue de ella encontrándose situados la laguna y su área de drenaje. Según eso puede tomarse razonablemente, que el ingreso de agua á la laguna no es menor que un catorceavo del agua que corre en el Nazas. La proporción es probablemente mayor que un catorceavo puesto que la cuenca de la laguna está situada en las partes más lluviosas, siendo  $1/8$  de la del Nazas hasta San Francisco y  $1/6$  de la que está río abajo de ese lugar, pero es bueno conservarse uno dentro de la seguridad y aceptar solo un catorceavo. Según eso, se deduce que, como se ha dicho en las partes anteriores de este informe, habiendo sido el gasto medio anual del Nazas desde 1896 hasta 1904 de más de 1000 millones de metros cúbicos, el de la laguna sería de más de 70 millones. Esto puede comprobarse por medio de los niveles de las altas crecientes del lago, obtenidos de los habitantes de los pueblos cercanos, y por curvas de nivel aproximadas deducidas de planos topográficos que han sido facilitados por el General García Peña y el Coronel Moreno ambos de la Comisión Geográfica; de acuerdo con esos planos y otros datos, la parte de la laguna desde Santiaguillo hasta Rancho Nuevo

(véase dibujo No. 74) contuvo en un alto nivel en 1908, 65 millones de metros cúbicos y en su más alto nivel, indicado por los habitantes de Santiaguillo, 202 millones de metros cúbicos. Estas cantidades multiplicadas por 14 darían respectivamente 910 y 2828 millones, cantidades considerablemente mayores que el gasto relativo medido en el Nazas que fué de 623 y 2540 millones de metros cúbicos dados en la tabla No. 3; así demostrando otra vez que tomando un catorceavo y por consiguiente un promedio de 70 millones de metros cúbicos por año, se está dentro de la seguridad.

Razones por las que se seca la laguna. 152.

El área de la superficie del agua alta del lago á los niveles dados antes es respectivamente 11000 y 16700 hectáreas y la profundidad media para ellas de 0.6 y 1.2 metros. Estas profundidades, especialmente la primera, son menores que las pérdidas totales al año debidas á evaporación y absorción en vasos poco profundos no obstante la altitud y el clima en donde está situada la laguna. Por eso mismo no es extraño que el lago anualmente se seque en algunos meses, desde Febrero hasta Mayo.

Proyecto más satisfactorio para la utilización de las aguas de la laguna. 153.

Es natural, en esas circunstancias, que si tiene que tomarse ventaja de las aguas de la laguna, se debe, bien sacarla durante los meses lluviosos ó bien deben tomarse ciertas medidas para aumentar la profundidad del agua para que permanezca ésta mayor tiempo. Antes de que ésto último se pueda emprender con satisfacción y certeza, algunas investigaciones prolongadas del ingreso de agua al lago y levantamiento más detallados de la región serían necesarios. Más aún es bueno esperar las resoluciones de las cuestiones de los sitios, dimensiones, etc., de los otros vasos que se han encomendado, de manera que todo formará un proyecto entrelazado. Pero no hay razón porqué no debe tomarse una ventaja pronta del volumen de la laguna tal como está, el agua siendo sacada durante los meses lluviosos de los años malos, y tan pronto como han pasado los meses húmedos de los años buenos. Sobre estas bases se apoyan las proposiciones subsiguientes; pero se ha tenido cuidado

Aprovechamiento inmediato del agua.

al formularlas, que quedaran en uso y no requirieran alguna alteración ocasionando, más tarde, pérdida de dinero cuando las obras más provechosas puedan proyectarse y emprenderse.

Obras necesarias para el pronto aprovechamiento del agua de la laguna.

154. Las obras requeridas en la actualidad para sacar el agua son en extremo sencillas aunque ocupando una gran área. Un canal en el fondo de la laguna para drenarla y un tajo entre las montañas que la separan, gobernado por un regulador es todo lo que se necesita además de un revestimiento de piedra suelta y el arreglo del arroyo por el cual el agua correrá desde la actual montaña divisoria hasta el San Juan, afluente del Nazas.

Precauciones contra las socavaciones.

155. Se comprenderá fácilmente que este arroyo no puede tener en su parte superior un gasto actual, en los meses húmedos, igual al que pasará por el de la laguna de Santiaguillo. Por lo tanto el arroyo estará expuesto á socavaciones en alguna distancia aguas abajo, dependiendo esa longitud de la cantidad de agua que se envíe desde la laguna de Santiaguillo. Esta distancia se estima ser 9 ó 10 kilómetros para un gasto desde la laguna de 10 metros cubicos por segundo, pero la tendencia á la socavación debe ser pequeña en la parte más aguas abajo de esta longitud. Se ha calculado «in grosso moto» que con \$60,000.00 se tiene para limpiar el canal del arroyo y para algunas obras de protección necesarias.

El regulador.

156. El regulador se ha colocado bastante atrás en la cuchilla montañosa para permitir cualquiera sobre-elevación subsecuente en las aguas de la laguna, y un puente, para el tráfico de los carros, unido con el regulador.

Atravesando el canal para sacar el agua.

157. Para el lecho del canal, atravesando y saliendo de la laguna, se muestran dos líneas de diferentes alturas; la línea más baja es mucho más satisfactorio pues la laguna podrá ser drenada más aprisa cuando se deseara y el nivel más bajo sería, también, necesario para el mejor manejo cuando las aguas de la laguna se hayan hecho más profundas por los trabajos artificiales indicados en el párrafo 153.

Los materiales y la mano de obra, generalmente, deben ser de las clases indicadas en la parte VII de este informe; pero, al menos que pueda obtenerse cal mejor que la que ahora se usa en la localidad, sería necesario mezclarle arcilla quemada en la manera usual, para el mortero siendo las proporciones de 1 de cal por 1 de arcilla quemada por 1 de arena, á las que se le agregarían 4 partes de piedra quebrada para el concreto. La excavación del canal debe disponerse á cada lado, dejándose en los terraplenes de los despojos, claros de 20 metros de largo á intervalos de 100 metros, para facilitar el paso de las aguas de la laguna en el canal.

## NOVENA PARTE

### RESUMEN Y CONCLUSIONES

---

159. En ésta, última parte del informe, se propone resumir en la más breve manera las dificultades del caso y el remedio que es necesario y puede ser aplicado.

Riego actual 160. Se ha demostrado en las partes anteriores que la lluvia en La Laguna es tan deficiente que la agricultura, excepto tal vez para algún maíz "de temporal" en años buenos, sería imposible si solo tuviese que depender de la lluvia. Por otra parte, atendiendo á la existencia del río Nazas que drena regiones más húmedas y teniendo presente el uso de sus aguas en el riego, el crecimiento del maíz y hasta el del trigo ha sido excluído en favor del algodón que es mucho más provechoso.

161. Pero aunque el Nazas es un río de gran corriente media durante pocos meses del año, por el contrario, desde Diciembre hasta Junio su gasto es muy pequeño río arriba de la presa de San Fernando, y nulo río abajo de ese lugar. Por consiguiente, en La Laguna, el único riego posible por el río, hasta ahora, ha sido por medio de canales de inundación, los cuales han sido construidos de cuando en cuando por los distintos ribereños sin consideración de los intereses comunes por lo general.

162. Esos canales, en un principio, fueron manejados completamente independientes por sus propietarios, pero como la cantidad de agua traída por el río varía mucho año con año es inadecuada en to-

dos, excepto en años mayores que el promedio, para abastecer en total los deseos de todos los interesados, se suscitaron serias disputas y hasta disgustos, y el Gobierno Federal tuvo que intervenir y expedir reglamentos para la distribución del agua.

163. Dadas las condiciones de entonces, de manera de evitar pérdidas excesivas de agua durante los gastos pequeños del río y por otras razones manifiestas, los reglamentos se basaron general y muy naturalmente sobre el principio de que al primero se le sirve primero; ó en otros términos, los propietarios los más río arriba se les permitió tomar su cantidad primero que todos y solo después que habían recibido su tanto lo hacían los inmediatos según el modo permitido para recibir el agua, aplicándose el mismo principio sucesivamente, adelante río abajo, á cada una de las propiedades según su turno. En esto aparece que hay poca duda á cerca de la inexactitud de este arreglo, pero por otra parte no sería posible más allá del ingenio humano imaginar un arreglo, bajo las circunstancias actuales, que no fuese injusto con las propiedades de arriba ó de abajo ó ambas, durante algún tiempo ú otro. De cualquier manera el resultado neto hasta ahora ha sido que mientras los canales tomando en el río aguas abajo del vertedor del Coyote han recibido tan poco como el 6% de la corriente del Nazas de un año; por otra parte si el año de 1908 cuando prevalécieron arreglos especiales y si los años de 1896, 1897, 1905 y 1906 en los cuales el gasto del río fué superior al promedio, son excluidos para esta consideración, la proporción de agua tomada por los canales abajo del vertedor del Coyote fué de un cuarto del gasto total en los 8 años restantes del período de 1896 á 1908.

Dificultades en el sistema actual de riego.

164. Aparte de esta dificultad administrativa hay otras inherentes en la condición actual del asunto. Se han dado con cierta extensión en la parte III del informe pero son dignas de resumirse aquí. Así la corriente del Nazas varía tan extensamente año á año que los propietarios nunca pueden arreglar con certeza qué tanto de terreno para cultivarlo, se pierde el dinero, en años malos, preparando tie-

rras que no tienen la fortuna de ser regadas á causa de un gasto de agua totalmente inadecuado. Esta no está compensada en años buenos; en algunos de ellos, además, las crecientes son tan grandes para causar daño, si no la pérdida de la siembra existente.

Generalmente la época del año, cuando bajan las crecientes del río, es totalmente inoportuna pues mientras que el algodón se planta en Febrero ó Marzo y debe recibir el primer riego á principios de Junio por el contrario las crecientes en el río comienzan á fines de Junio ó Julio y son á menudo inadecuadas para proveer el riego á lo menos en gran parte del terreno del algodón existente. Más adelante las crecientes cesan muy temprano, meses antes de la época de siembra y por eso el terreno tiene que inundarse con una capa profunda de agua é incurrir en gastos para conservar el estado deseado del terreno hasta que la época de siembra llegue.

Finalmente hay una pérdida considerable de agua en el lecho del río y los canales actuales de los distintos propietarios que son necesariamente grandes y largos para satisfacer á las condiciones existentes. Esta pérdida es proporcionalmente mayor cuando las crecientes son pequeñas y el agua es más estimada.

Cómo se  
obviarán las  
dificultades. 165.

Las dificultades enumeradas en los párrafos 163 y 164 pueden obviarse con solo dos medios que son: el almacenamiento del agua de las crecientes en vasos de donde se le dejaría salir cuando fuese más útil y la sustitución de un canal en lugar del lecho del río para una distribución propia y económica del agua. En los vasos, mucho de las crecientes que ahora pasan inutilizadas á la laguna de Mayrán serían almacenadas para su uso en los años secos de manera de tener una cantidad media regular año á año. Esta cantidad se dejaría salir de los vasos y se distribuiría convenientemente por el canal sin el cual las pérdidas de agua serían todavía mayores en el lecho del río que en la actualidad, puesto que la corriente saliendo de los vasos sería dada durante un gran número de días, basado ésto en las necesidades actuales de la agricultura, y según ésto, sería relativamente peque-

ña. Aún más el canal sería al mismo tiempo que una fuente de economía para ahorrar mucha del agua perdida ahora en el lecho del río, una necesidad administrativa para la distribución exacta del agua.

166. No es irracional estimar que por la construcción de todo el proyecto, la producción de algodón en La Laguna sería aumentada con un 50% mientras el costo de la producción por libra sería reducido y en qué cantidad significa ésto para La Laguna puede medirse por el hecho que el precio de un solo riego (es decir el riego de inundación) se estima ser 15% de la cosecha producida en el terreno regado. Pero mientras ésto sería el último resultado del proyecto completo es completamente claro por los párrafos precedentes que la construcción de los vasos y la del canal aunque partes interdependientes del último proyecto podían ser emprendidas separadamente y dar beneficios correspondientes.

Donde serán situados los vasos futuros de almacenamiento.

167. El sitio natural para escogerlo para una cortina de una presa de almacenamiento sería la salida del Cañón de Fernández de donde partiendo un canal sería utilizado para el riego casi desde su origen. Pero una cortina en este lugar necesitaría tener una altura muy grande para que fuera de provecho y requeriría la mejor de las cimentaciones pues de otro modo sería una fuente de grave peligro para las ciudades situadas río abajo de ella; pruebas cuidadosas no han descubierto tal cimientto, no sólo en el Cañón de Fernández sino también en cualquier parte entre este lugar y la villa de Nazas. Según ésto la recomendación con este fin solo sería que sitios deben ser seleccionados más adelante aguas arriba en el río Nazas y sus afluentes. Estas regiones superiores no son bien conocidas, no habiendo sido visitadas por ingenieros con el objeto de inquirir sitios para vasos, pero las informaciones geológicas y topográficas tales como se tienen, podían indicar la probabilidad de que sitios adecuados para vasos fuesen encontrados.

Proyecto de obras propuesto para atender á las necesidades más inmediatas.

168. Aunque muchas de las ventajas se hubieran obtenido con la cortina en el Cañón de Fernández no hay que lamentarse mucho que el sitio haya demostrado ser completamente no apropiado. Pues, aparte de la amenaza á las ciudades y región río

abajo, si se construyera sobre cimientos de los que se tuviera duda, la construcción de una cortina tan grande es tarea difícil y prolongada durante varios años: mientras que, tal vez, las necesidades más urgentes son las de regularizar la distribución, reducir la pérdida del agua que ahora corre en el lecho del río y en los canales propietarios y llevar tal agua extra como es fácilmente obtenible de la laguna de Santiaguillo.

169. Dado ésto, es de complacerse que pueda formularse un proyecto que permita que se alcancen estos fines sin esperar la construcción de los vasos y sin ocasionar alteración ó costo extra cuando los vasos se construyan. Este proyecto consistiría en primer lugar de un vertedor de desviación situado á la salida del Cañón de Fernández abajo de dicho lugar principia ya el terreno cultivado; en segundo lugar de un canal con ramales atravesando y dominando la región que será regada, y en tercer lugar la utilización de las aguas que ahora van á perderse en la laguna de Santiaguillo.

La presa-  
vertedora de  
desviación.

170. Los objetos del vertedor de desviación, que ha sido proyectado con un canal de desfogue para conservar libre la toma del canal mayor, serán exactamente los mismos en la actualidad que cuando estén construidos los vasos. Por ahora derivará al canal tanto como sea posible de las crecientes y prácticamente, excepto en años muy superiores al promedio toda el agua de la corriente continua del río. No habrá diferencia en los servicios del vertedor cuando los vasos estén construidos, pero, es claro que á medida que se construya cada uno, la cantidad de agua de las crecientes que escapa por el río será reducida y la corriente continua aumentada. Y una proporción más grande de la corriente de cada año será entregada por el canal á las distintas tierras de riego y el cambio del sistema actual de regamiento por inundación al del sistema regular en tiempos más á propósitos será gradualmente llevado á cabo.

El nuevo  
sistema de  
canalización

171. El canal tomará toda el agua que baje por el río hasta un máximo de 80 metros cúbicos por segundo y la dará á alturas adecuadas á los canales propietarios. Esta agua sería distribuida según el sis-

tema de rotación, y es de recomendarse, en interés de los propietarios que para ahorrar el agua construyan canales nuevos y pequeños, que serían necesarios bajo el nuevo sistema, desde el canal principal hasta el lugar donde se llegue á las tierras de riego de cada propietario. En los proyectos se han provisto sifones para pasar á los grandes y actuales canales propietarios por abajo del nuevo canal principal. Los primeros, según ésto, continuarán usándose para toda el agua (que es en crecientes) que el canal nuevo no pueda tomar. A medida que se construya cada vaso la cantidad de las crecientes que se dejen bajar será menor y ésto será más infrecuente; pero como ya se estableció en el cuerpo de este informe, los grandes y actuales canales propietarios ya existen, probablemente todavía será provechoso conservarlos abiertos y así tomar ventaja de la parte de las grandes crecientes ocasionales que los vasos no pueden almacenar y que de otra manera irían á derramarse en la laguna de Mayrán.

Utilización  
de las aguas  
de la laguna  
de Santiaguillo.

172.

Las aguas de la laguna de Santiaguillo serían echadas en el río Nazas por un canal gobernado con compuertas. En años de fuerte creciente en el Nazas, las aguas de la laguna serían igualmente en gran cantidad y serían detenidas para su uso en la estación seca; pero en años de crecientes cortas, las aguas de la laguna de Santiaguillo aumentarían muy apreciablemente el gasto obtenible en el Nazas.

Resultados  
probables  
con la construcción de  
las obras propuestas.

173.

Ya se ha establecido en este resumen cuales serían los resultados probables con la construcción de todo el proyecto, los vasos inclusivos. Por regla general no es justo esperar que una parte de un proyecto deba dar resultados correspondientes á la parte que forma del todo. Pero en el caso presente las obras propuestas para su construcción inmediata pueden comportarse por sí mismas como obras aisladas puesto que, deben causar un aumento (sin exageración de alguna clase) de á lo menos un diez por ciento de la producción agrícola de la Laguna.

## SUPERFICIE DE TERRENOS ATRAVESADOS POR EL CANAL MAYOR.

PROPIETARIOS	PROPIEDADES	KILOMETRO		DIMENSIONES			BOCATOMA		OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	Longitud	Ancho	SUPERFICIE M. 2	Kilómetro	Sección	
Arriaga Hermanos	"Refugio y San Jacinto"	.000	6.840	6.840	64	437.760			
Arriaga Hermanos	"Refugio y San Jacinto"	6.840	19.300	12.460	90	1121.700			
Viuda de Tarin	"Goma"	19.300	20.350	1.050	90	97.500			
Feliciano Cobian	"S. Juan de Casta"	20.350	37.500	17.150	85	1202.750			
	"S. Fernando"	34.500	40.650	6.150	85	522.750			
Intdo. Ramón Luján	"Sta. Rosa"	40.650	44.84.85	4.171.85	77	308.717			
Pedro Badillo	"Cuba"	.000	3.840	3.840	65	249.600			
Intdo. Ramón R. Luján	"San Sebastián"	3.840	9.470	5.630	65	365.950			
Intdo. Donato Gutiérrez	"San José"	2.470	12.930	3.460	65	224.900			
Intdo. Ramón R. Luján	"Compás & Sta. Cruz"	12.930	16.600	3.670	65	238.550			
Intdo. Ramón R. Luján	"Compás & Sta. Cruz"	16.600	19.900	3.300	46	151.800			
Lic. Prajedés de la Peña	"El Pilar"	19.900	23.500	3.600	46	165.600			
Lic. Prajedés de la Peña	"El Pilar"	23.500	24.750	1.250	41	51.250			

PROPIETARIOS	PROPIEDADES	KILOMETRO		DIMENSIONES				BOCATOMA		OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	Longitud	Ancho	SURFICIE M. 2	Kilometro	Sección		
Intdo. Gonzalo Siller	"El Alamito"	24.750	27.780	3.030	41	124.230				
Jesús Calderón	"El Jaboncillo"	27.780	31.450	3.670	41	150.470				
Testría. Pedro Saurat	"Sto. Niño"	31.450	33.550	2.100	41	86.100				
Arocena y Urrutia	"Sta. Teresa"	33.550	34.000	450	41	18.450				
Arocena y Urrutia	"Sta. Teresa"	34.000	35.680	1.680	29	48.720				
Intdo. de David Ríos	"Dolores y Sn. Francisco"	35.680	36.800	1.120	29	31.480				
Intdo. de David Ríos	"Dolores y Sn. Francisco"	36.800	44.700	7.900	27	213.300				
Federico Ritter	"San Ignacio"	44.700	48.350	3.650	27	98.550				
Gil Ornelas		48.350	48.850	500	27	13.500				
Guillermo Purcell & Co.	"Varias"	48.850	53.860	5.010	27	135.270				
	<b>RAMALES DEL CANAL MAYOR</b>									
Arragia Hermanos	"Refugio"	0	1.400	1.400	10	14.000	2.800	2da.	Ramal de La Loma	
Feliciano Cobiar	"San Juan de Gasto"	0	2.300	2.300	10	23.000	19.800	2da.	Ramal de Avilez	
Feliciano Cobiar	"San Juan de Gasto"	0	1,446.05	1,446.05	10	14.460	25.100	2da.	Ramal de S. Carlos	
Intdo. Ramón Luján	"Sta. Rosa"	0	2.700	2.700	29	78.300	40.650	2da.	Ramal de Torreón,	
									Concepción y Coyote	
	"Margen del Río Nazas"	2.700	4.160	1.460	29	42.340			Concepción y Coyote	

PROPIETARIOS	PROPIEDADES	KILOMETRO		DIMENSIONES			BOCA-TOMA		OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	Longitud	Ancho	Superficie M <sup>2</sup>	Kilómetro	Sección	
	<b>RAMALES DEL CANAL MAYOR (Cont.):</b>								
Lic. Prajedés de la Peña	Pilar	0	1.580	1.580	10	15.800	30	3ra.	RAMAL DE GUADALUPE
Lic. Prajedés de la Peña	Pilar	0	1.100	1.100	10	11.000	33	3ra.	RAMAL DE SAN LORENZO

### R E S U M E N

Section No. 2 ..... 4587877 Metros cuadrados  
 Section No. 3 ..... 2367720 Metros cuadrados  
 Branch Lines ..... 198900 Metros cuadrados  
7154497 Metros cuadrados

ó sea 715½ hectaras

# PROYECTO DE IRRIGACION

PROYECTO PARA UNA PRESA VERTEDOR  
MAYOR de un largo de 98 kilómetros 681.85 metros  
nales ramales de un largo total de 12 kilómetros  
tiaguillo y un canal.

## PRESUPUESTO

Excavación en tierra (2ª sección y canales ramales) .....	
"    "    "    (3ª sección) .....	
"    "    "    tepetate .....	
"    "    "    roca .....	
"    "    "    la presa-vertedor y bocatoma .....	
"    "    "    "    "    "    (desaguando ó arreglos es- peciales) .....	
Concreto 1 : 3 : 6 (2ª sección) (concreto de cemento) .....	
Concreto 1 : 3 : 6 (3ª sección) (concreto de cemento) .....	
Concreto 1 : 3 : 6 (canales ramales) (concreto de cemento) .....	
Concreto 1 : 3 : 6 (presa-vertedor y bocatoma) (concreto de cemento) .....	
Lechada de cemento y pilotería de acero en el muro-cortina en la presa- vertedor y boca toma .....	
Renchido seco (2ª sección) .....	
Renchido seco (3ª sección) .....	
Renchido seco (canales ramales) .....	
Renchido y rellenado (presa-vertedor y bocatoma) .....	
Vigas de acero y puentes (2ª y 3ª secciones) .....	
Vigas de acero y puentes (canales ramales) .....	
Fierro galvanizado corrugado (2ª y 3ª secciones) .....	
Fierro galvanizado corrugado (canales ramales) .....	
Tubos de acero para sifones, etc. (2ª y 3ª secciones) .....	
Tubos de acero para sifones, etc. (canales ramales) .....	
Reguladoras y compuertas de escape: de una abertura de 0.60 .....	
"    "    "    "    0.90 .....	
"    "    "    "    1.22 .....	
"    "    "    "    1.53 .....	
"    "    "    "    1.83 .....	
"    "    "    "    4.20 .....	
"    "    "    "    5.20 .....	
Compuertas en las bocatomas..... 5 mts x 5 mts .....	
Casa de Administración .....	
Casa habitación de los empleados .....	
Casetas de los guarda-canales .....	
Cercado (ambos lados del canal) .....	
Línea de teléfono y aparatos .....	
Indicadores de distancia .....	
Terreno derecho-de-vía .....	
Bocatoma y canal de Laguna á Santiaguillo: Excavaciones en tierra } .....	
"    "    "    tepetate } .....	847,394 M <sup>3</sup>
Renchido en seco .....	205 M <sup>3</sup>
Concreto .....	643 M <sup>3</sup>
Compuertas 3M x 2.40m .....	4
Caseta para guardia .....	
Limpiando y asentando canal del arroyo de San Lucas á San Juan .....	

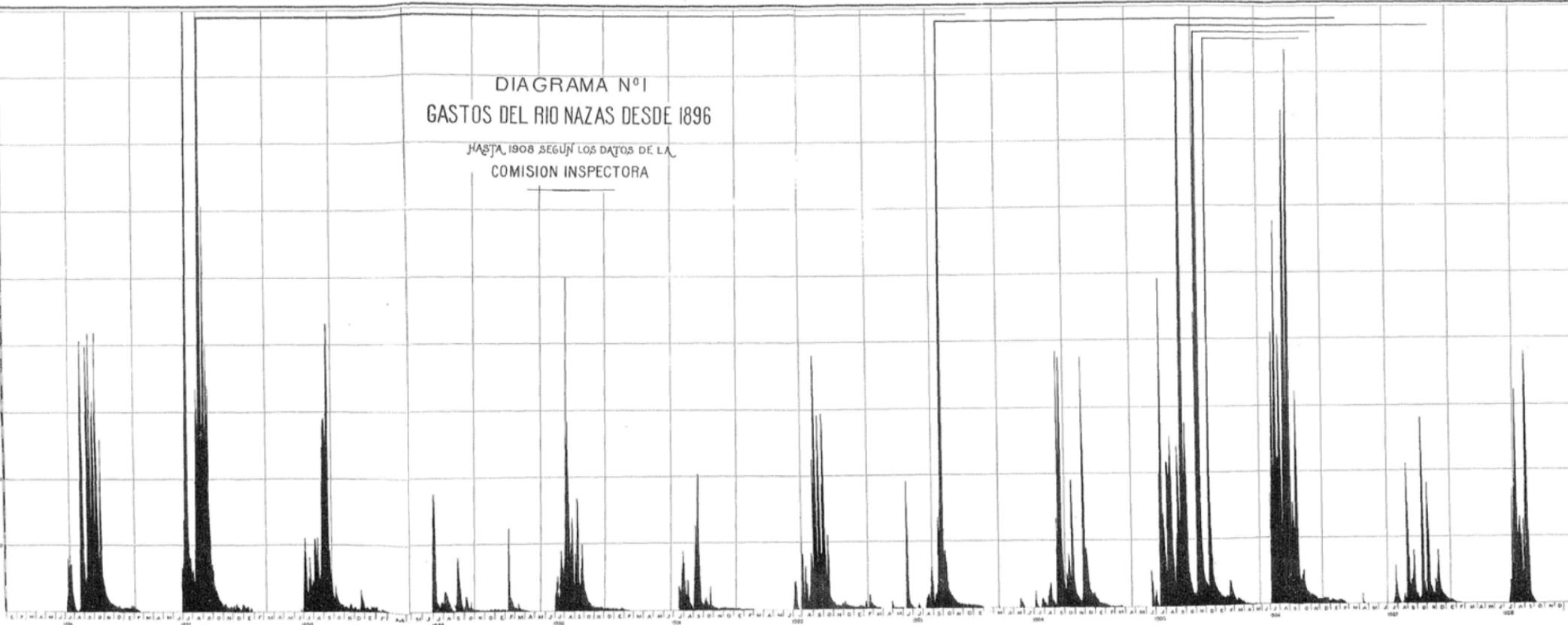
# CION DEL RIO NAZAS.

en la parte baja del Cañón de Fernández y un CANAL hasta cerca de San Pedro de las Colonias con seis ca- 49.10 metros, y una bocatoma en la Laguna de San-

## DEL COSTO.

2,508,741 M <sup>3</sup>			
1,339,015 M <sup>3</sup>			
572,917 M <sup>3</sup>			
594,175 M <sup>3</sup>			
	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL
	5,014,848 M <sup>3</sup>	\$ 0.79	\$3,961,729.92
	244,576 M <sup>3</sup>	0.90	220,118.40
.....	7,200 M <sup>3</sup>	5.00	36,000.00
.....	28,478 M <sup>3</sup>	28.50	811,623.00
.....	16,334 M <sup>3</sup>	28.50	465,519.00
.....	1,305 M <sup>3</sup>	28.50	37,192.50
.....	10,531 M <sup>3</sup>	28.50	300,133.50
.....	246 M <sup>L</sup>	1,700.00	418,200.00
.....	3,542 M <sup>3</sup>	7.00	24,794.00
.....	2,300 M <sup>3</sup>	11.50	26,450.00
.....	420 M <sup>3</sup>	9.00	3,780.00
.....	52,482 M <sup>3</sup>	5.75	301,771.50
.....	671.7 Tons.	275.00	184,717.50
.....	9.1 Tons.	275.00	2,502.50
.....	56.5 Tons.	230.00	12,995.00
.....	1.3 Tons.	230.00	299.00
.....	953.2 Tons.	320.00	305,024.00
.....	5769.5 Tons.	320.00	1,846,240.00
.....	28	398.19	11,149.32
.....	32	597.28	19,112.96
.....	7	858.58	6,010.06
.....	57	1,078.42	61,469.94
.....	25	1,501.49	37,537.25
.....	19	5,574.60	105,917.40
.....	16	69,01.88	110,430.08
.....	10	20,945.92	209,459.20
.....	1	100,000.00	100,000.00
.....	1	23,000.00	23,000.00
.....	12	3,000.00	36,000.00
.....	221.46 ks.	850.00	188,241.00
.....	110.73 ks.	160.00	17,716.80
.....	111	75.00	8,325.00
.....	7,154,497 M <sup>2</sup>	.05	357,724.85
\$ .70	\$593,175.80		
11.50	2,357.50		
28.50	18,325.50		
	11,945.58		
	3,000.00		
	60,000.00		
			688,804.38
			\$10,939,988.06
			Contingencias 5%
			546,999.40
			<u>\$11,486,987.46</u>

DIAGRAMA N°1  
GASTOS DEL RIO NAZAS DESDE 1896  
HASTA 1908 SEGUN LOS DATOS DE LA  
COMISION INSPECTORA



# DIAGRAMA DE GASTOS DEL RIO NAZAS

AÑO DE 1908

ESCALAS  $\left\{ \begin{array}{l} V-1'' = 4 M^3 \\ H-5'' = 2 \text{ Días} \\ S-1'' = 138,240 M^3 \end{array} \right.$

