FAC. DE CIENCIAS FISICAS Y MAT. - UNIV. DE CHILE - BIBLIOTECA CENTRAL - DEPTO. DE SERVICIO AL PUBLICO

Guillermo Jara Ríos

Aplicación del método hidrológico de Hazen al cálculo de embalses reguladores para regadío

(Conferencia leída en el Instituto de Ingenieros de Chile, el 18 de Abril de 1929).

SUMARIO

I.—Introducción.
II.—Sinopsis y fundamentos del método de Hazen.
III.—Definiciones y datos que se emplean en el desarrollo del método.
1.—Estadísticas que han servido de base.
2.—Gastos. Módulos de los gastos y definición de otros valores que se usan en conección con la ley normal del error.
3.—Definición de un año seco.
4.—Tasas de consumo.
A.—Definición y forma en que se consideran las tasas en el método original.
B.—Forma como se ha modificado el método para los estudios de riego, por medio de las tasas de consumo.
IV.—Almacenamiento mensual y diario.
1.—Formación del Diagrama Particular.
2.—Formación del Diagrama Normal.
V.—Almacenamiento anual.
VI.—Diagramas de la zona sur y de la zona norte con coeficientes de variación mayores que 0.60.
VII.—Aplicación de los diagramas normales a un rio dado.
1.—Determinación de los tipos de años que conviene considerar en el caso del riego.
2.—Uso del Diagrama Normal de los almacenamientos mensual y diario.
A.—Determinación de la constante.
B.—Determinación del almacenamiento requerido.
3.—Uso del Diagrama Normal del almacenamiento anual.
4.—Estudio de los almacenamientos obtenidos.
A.—Volumen que se debe atribuir a los derechos actuales del río.
B.—Elección del tranque más conveniente.
C.—Fijación del número de acciones en que se dividirá el costo del tranque y del volumen de agua que a cada una le corresponderá.
D.—Formación de las Asociaciones.

I.—INTRODUCCION

EL cálculo de Embalses Reguladores para Regadío, presenta, en Chile como en todos los países nuevos, dificultades derivadas de la falta de largos años de observación de las corrientes de agua, de los inherentes errores con que se practican las observaciones en todas partes del mundo y en especial de la falta de métodos para combinar los datos de las estadísticas.

Los métodos de cálculo hasta aquí empleados, son poco precisos y especialmente inadaptables a las condiciones de las grandes obras ejecutadas por el Estado.

El método directo de ver cómo se comporta un embalse de capacidad fijada a priori, por razones no hidrológicas, dados sus recursos de agua y sus servicios, supone un cálculo muy engorroso para cada capacidad.

Hechos, sin embargo, todos los cálculos de la regulación queda todavía su generalización. Esta no puede efectuarse sino por un método indirecto basado en las estadísticas de lluvias que, todo lo más, pueden permitir conclusiones acerca de lo que puede ocurrir en el futuro en un año de sequía tal, como el de tal otro año ya conocido.

El método de Rippel muestra un poco más claramente que el anterior, la capacidad del embalse que se habría requerido para salvar las variaciones del río y dar, a pesar de ellas, un servicio determinado, considerado este constante o variable. Pero, la generalización habría que basarla también en las estadísticas de lluvias con resultados semejantes al método esbozado anteriormente.

Ninguno de estos dos métodos directos, el autor no conoce otros que no sean variantes de estos mismos, permite establecer las condiciones de funcionamiento del embalse que son indispensables, en las grandes obras construídas, ya sea por el Estado como ocurre en Chile, o por grandes Empresas como en otros países y que estén ubicadas, como es el caso general, en ríos cuyas aguas son parcialmente usadas desde antiguo. En este caso es preciso establecer:

a) Las condiciones de almacenamiento a través del tiempo, en forma de determinar lo que ocurrirá en años buenos y malos para la agricultura, o sea, los volúmenes de agua que permiten aprovechar las obras en los diversos tipos de años.

b) Las cantidades o volúmenes de agua que será preciso respetar, en todos los casos, a los actuales regantes.

c) Las condiciones económicas del riego, esto es, el valor que tendrá para los regantes actuales el mejoramiento de sus riegos y para los dueños de terrenos de secano el agua para regarlos.

Ninguna de estas condiciones podría ser ajustada con relativa aproximación por los métodos ligeramente descritos y que se usaban en años anteriores en su estudio y de allí provino el que esta clase de obras de riego sufrieran un gran receso en los últimos 15 años, en que el Estado quiso tomar a su cargo la tarea de construirlas.

Las sequías que azotan periódicamente la Zona Norte de Chile, traían un clamor de amparo hasta el Supremo Gobierno, el que respondía con la aprobación de una u otra obra; pero, la naturaleza de éstas, exigía la aprobación de los que

debían aprovechar de sus beneficios, y éstos a su vez, exigían que se les demostrara cómo iba a funcionar el embalse en los años secos o muy secos, cómo en los años medios y, lo muy principal, no querían pagarlo todos por igual, porque unos necesitaban más agua que otros; además querían saber si se les iba o no a respetar sus derechos, qué cantidades se les asignaría sin costo alguno para ellos, esto es, qué agua se les reconocería como propia. Todas estas cuestiones que hoy, gracias al método de Hazen, se resuelven en forma sencilla, eran algo tan inextricable para los ingenieros, que hizo que las obras tan anhelantemente pedidas por los agricultores, fueran rechazadas por ellos mismos.

Involucraban las obras no solamente un problema de mejoramiento sino también de fomento. Cada una de ellas podía servir, dada su ubicación, para regar nuevos suelos; de aquí que, la cuestión de los derechos establecidos era una valla insalvable, que hacía que los que habían estado pidiendo durante años de años la construcción de una obra, se transformaran en sus peores enemigos al tratar en detalle de cómo se iba a distribuir el agua en el futuro.

¿Cómo determinar, pues, qué aguas provienen de la regulación del embalse y cuáles pertenecen a los actuales regantes?

Este problema se les presentaba a los ingenieros con caracteres absolutamente desconocidos. En la Cátedra de Hidráulica Agrícola de nuestras universidades no se hablaba de la palabra «derecho». De modo, pues, que pasaron varios años, antes que se pudiera concretar el problema allegando todas las variables; fué preciso primeramente conocer la legislación vigente, compuesta de disposiciones legales y reglamentarias que forman un todo inconexo, y a veces contradictorio, y también la jurisprudencia sentada al respecto por los tribunales de justicia; después el riego mismo, no ya solamente en sus formas de detalle, cuales son las que se estudian en los textos, sino aquellas generales que hacen un solo organismo de todos los canales de un mismo río o de una sección de río, organismos latentes, vivos, pero cuya organización no sintetizada en ninguna parte, hacía sumamente difícil su estudio; por último, había que encontrar el método de cálculo que arraigara en la tierra misma, en su composición agrológica, en su clima, en sus cultivos, en las necesidades de agua de éstos, en su producción, ubicación y, finalmente, determinar lo que la regulación significaría en pesos chilenos, no ya en globo sino para cada regante en particular.

Tal método debía ser flexible y después de resumir en las tres condiciones enumeradas o enunciadas el problema, debía poder estudiarlas a través del tiempo.

Todas estas condiciones las cumple el método de Hazen para calcular embalses reguladores de gran capaoidad, basado en la conexión que tienen las variaciones del gasto con la ley normal del error y que ideado por su autor para abastecimiento de agua potable, puede ser aplicado a otros problemas, como él mismo lo dice al terminar su estudio.

«Los métodos de análisis aquí propuestos, parecen aplicables a otros proble-
« mas de ingeniería y su empleo llevará a un conocimiento más exacto de los fenó-
« menos que tienen muchos y muy inexplicados elementos variables».

El conferencista tiene el honor de presentar ante sus colegas del Instituto, la aplicación hecha por él del Método de Hazen al cálculo de Embalses Reguladores

para el regadío de grandes extensiones, tales como las que el Supremo Gobierno se ha propuesto regar con los tranques de la Zona Norte del País.

Los primeros cálculos se hicieron a base de los diagramas confeccionados por el mismo Hazen y que se encuentran en la exposición del Método, en el tomo correspondiente al mes de Diciembre del año 1914 de la publicación denominada «Transactions» de la Sociedad de Ingenieros Civiles de los EE. UU. de Norte América y cuya traducción al castellano tengo el honor de poner a disposición de los miembros del Instituto, por medio de una copia que he cedido a la Biblioteca.

Con posterioridad a las primeras aplicaciones, y no habiendo sido sus conclusiones satisfactorias para los técnicos que intervienen en el estudio de estas obras, como así mismo con el afán de ajustar más y más a la realidad, las conclusiones, se tentó una primera aplicación a base de los ríos de Chile, eligiéndose solamente 2 de ellos: el Copiapó, al comienzo de la Zona Norte regada y el Aconcagua, a su término. Siempre mejorando las aplicaciones, se combinaron las estadísticas de los 6 principales ríos de la Zona Norte, hasta el Aconcagua inclusive.

A pesar de que cada nueva aplicación era un avance evidente en los estudios y apreciaciones hechas, no se habían desprendido de la condición esencial que caracteriza al método ideado para abastecimientos de Agua Potable, esto es, los servicios exigidos a los embalses eran constantes a lo largo del año y no variables como lógicamente deben ser en regadío.

Antes de terminar esta introducción debo dejar establecido que la aplicación del método de Hazen a los problemas del riego fué sugerida por el Profesor don Leonardo Lira, y sus primeras aplicaciones controladas por el ex Consejo de Obras Públicas, el cual nombró para estudiarlas una comisión de su seno, formada por el Director del Departamento de Riego, profesor Sr. Alberto Decombe y los profesores señores Leonardo Lira, Carlos Hoerning y Guillermo Agüero. Esta comisión después de un arduo estudio de varios meses, dió su aprobación a las aplicaciones hechas; tanto por estar de acuerdo con las conclusiones basadas en los métodos directos, como por estar sus resultados tangibles, conformes con la realidad.

Posteriormente el conferencista, como ingeniero del Departamento de Riego, ha perfeccionado el método modificándolo para las exigencias de la agricultura en las distintas zonas del país, y sus aplicaciones y conclusiones han sido seguidas y controladas por el Departamento.

Por otra parte, este estudio se presenta a la consideración de mis colegas después de haber sido sancionado ampliamente por aquellos a quienes debían afectar sus conclusiones en forma directa, me refiero a los agricultores mismos. A base de él ha sido posible formar las siete grandes Asociaciones de Canalistas de los ríos Longaví, Copiapó, Huasco, Elqui, Illapel y Grande o Limarí y sus afluentes; siendo esta última, se podría decir, de importancia extraordinaria, porque ella tendrá la administración de los dos grandes embalses denominados de Cogotí y Recoleta, y además de los ríos Hurtado, Grande o Limarí, Los Molles, Rapel, Pama, Combarbalá y Guatulame.

Los estudios hidrológicos hechos a base del Método de Hazen han permitido conciliar los intereses actuales de aquellos ríos entre sí, y entre éstos y los creados por las nuevas obras. Se puede afirmar, pues, que los resultados obtenidos han sancionado las conclusiones del método mejor que cualquiera otro sistema de análisis.

Después de un receso de diez años estos resultados han sido alcanzados en menos de tres años, durante los cuales se han estudiado por el Método de Hazen los Embalses de Lautaro en el río del mismo nombre, Recoleta en el Río Hurtado, Cogotí en el Río Cogotí, Huintil en el Río Illapel y Bullileo en el Bullileo, etc.

II.—SINOPSIS Y FUNDAMENTOS DEL MÉTODO DE HAZEN

El método de Hazen está ideado para calcular la capacidad que debe tener un embalse en un río para que se pueda extraer de este río un gasto determinado y constante, a pesar de las fluctuaciones o variaciones del caudal o gasto del río.

Si la curva de gasto diario de un río la reemplazamos en cada año por el valor medio correspondiente, y en seguida, usando esta nueva curva de gastos medios anuales determinamos los volúmenes que habrían faltado para que hubiéramos podido disponer de un gasto constante a través de los años, que esté comprendido entre esos gastos, veremos que estos volúmenes no toman en cuenta todas las variaciones; esto es, que hay deplesiones del gasto que no han sido consideradas. Estas son todas las que quedan por debajo de los valores medios anuales.

Si promediamos mensualmente los gastos y agregamos a los almacenamientos requeridos por los promedios anuales los que indican los promedios mensuales menores que los gastos medios anuales, veremos que quedan aun deplesiones del gasto que no han sido consideradas, estas son aquellas menores que los gastos medios mensuales. De modo, pues, que solamente sumando los almacenamientos que estos requieren a los que requieren los promedios mensuales y a los que requieren los promedios anuales se tendría el total de los almacenamientos requeridos para mantener a través de los años el gasto dado en forma constante.

Hazen analiza separadamente cada una de estas tres partes constitutivas del almacenamiento total y llama a la de los promedios mensuales, almacenamiento mensual y a los otros almacenamiento diario y anual. A los dos principales mensual y anual le dedica, se puede decir, todo su trabajo, y respecto del almacenamiento diario se reduce a establecer que, habiendo hecho estudios especiales con los valores diarios y a base de las estadísticas de varios ríos, este almacenamiento puede ser considerado en cualquier río agregando al mensual cierta cantidad fija, de la cual hablaremos más adelante.

En este trabajo se denominará tasa de consumo el gasto que se propone mantener.

La relación que existe entre el volumen del embalse o almacenamiento requerido y la tasa de consumo depende de una gran cantidad de factores. Pero, estos factores se pueden dividir en dos: unos que tienen valores más o menos fijos y definidos, como el tamaño de la hoya, el gasto medio anual y el tipo de corriente de que se trata, etc. y otros que varían año a año, como ser los gastos anuales, y por tanto, los almacenamientos requeridos para un propósito cualquiera. Estos últimos siguen, por regla general, la ley normal del error en sus variaciones y pueden ser tratados en conexión con esta ley, aun cuando se han advertido algunas desviaciones bien definidas respecto de ella.

Se puede decir que el método de Hazen está dividido en dos partes: una es el

método gráfico de cálculo que se detalla en este trabajo lo más minuciosamente posible y que es por demás ingenioso y sencillo, y la otra es la asimilación de los valores hidrológicos variables a la ley normal del error.

Ambas partes pueden subsistir independientemente, o sea, que se habrían podido calcular los almacenamientos por el Método de Hazen sin tener que recurrir para nada a la ley normal del error. Y siempre se habría dispuesto del método más racional y lógico de cálculo de embalses reguladores; sólo que no se habría podido determinar la precisión de los resultados alcanzados.

Esta última condición es la que ha hecho a Hazen esforzarse por encontrar la ley de variación de los gastos, y se puede decir que dió con ella, al asimilar sus variaciones a las de los errores de observación.

Establecida la similitud, todos los módulos y coeficientes de la teoría de las probabilidades pueden ser aplicados al caso de los ríos, con ligeros cambios de sus valores numéricos. De aquí que se pueda determinar, por ejemplo, el error probable con que se ha determinado el gasto medio, los almacenamientos, etc.

Para hacer la demostración empleó Hazen los gastos de varios ríos y los almacenamientos requeridos por algunas tasas de consumo, cuyas variaciones redujo a un valor único de variación para cada río, que denominó variación standard. Contando las variaciones de mayor valor que la variación standard de los gastos y almacenamientos de cada río, y cuyos valores quedan entre 0 y + 0,5 + 0,5 y + 1, + 1 y + 1.5, etc. de su respectiva variación standard, como asimismo las variaciones menores que la standard, encasilladas también en valores equivalentes, probó que estas variaciones cumplían con la ley normal del error, siempre que se consideraran en conjunto las variaciones bajo y sobre el valor medio; pero, consideradas independientemente, se vió que había cierta desviación que puede sintetizarse diciendo que los valores del gasto sobre el valor medio son menos frecuentes, pero mayores que los valores bajo el valor medio.

Esto, sin embargo, no resta valor al procedimiento de Hazen porque, como ya lo hemos dicho, su método podría independizarse completamente de la teoría en que se basa y subsistir, sin embargo, como el más racional de todos los conocidos hasta hoy para el cálculo de embalses.

Por otra parte nadie, ni el mismo Hazen, ha pretendido establecer una similitud perfecta. Tan es así, que él mismo ha establecido posteriormente coeficientes especiales que denomina Coeficientes de Desviación, para precisar la diferencia entre la ley normal del error y la de las variaciones de los ríos.

La conexión establecida por Hazen entre el método de cálculo y la ley normal del error ha permitido establecer límites para los valores, o sea, determinar los errores que se cometen y resolver el problema de los almacenamientos requeridos, en forma tal, como ninguna estadística, por más larga que sea, lo permite.

El análisis de todos los valores hidrológicos proporcionados o deducidos de las estadísticas, lo realiza Hazen en forma de determinar su probabilidad de ocurrencia, para lo cual los ordena de menor a mayor. Esto hace que se tenga para el caso de los almacenameintos requeridos, tanto por las variaciones mensuales cuanto por las anuales una especie de curva integral de probabilidad de tales valores.

Y para que estos valores representen en la mejor forma posible la variación de un número infinito de valores los encasilla, dividiendo el espacio total que re-

presenta las probabilidades de ocurrencia comprendidas entre 0% y 100% en tantos espacios como valores haya, y colocando cada valor al centro del espacio correspondiente. De esta manera las líneas que unen los puntos de los valores sacados de las estadísticas, representan en la mejor forma que es posible lo que puede ocurrir dentro del espacio comprendido entre punto y punto, o sea, que la línea que los une representa en la mejor forma posible, las variaciones desconocidas. Como notare que las curvas representativas de los almacenamientos requeridos por las fluctuaciones mensuales, tenían una forma de S, esto es, de gran curvatura en los extremos unidas por un trozo más o menos recto, y que esta curvatura perjudicaba la precisión de los problemas que deben utilizar estos extremos, ideó trazar los valores sobre un papel de rayado especial hecho a base de la integral de la curva de Gaus, de tal modo que, puesta esta curva sobre el rayado especial, resulta una línea recta. Este rayado practicamente estira las divisiones que se alejan del centro y, por tanto, las curvas de forma de S de los almacenamientos, se rectifican; pero se rectifican a base de la ley que más o menos siguen las variaciones de los valores considerados y, por tanto, las líneas que representan estas variaciones son por este capítulo lasque mejor las pueden representar.

Queda todavía el reemplazo de las líneas que unen los puntos entre valor y valor sacado de las estadísticas por las curvas suaves correspondientes. Este trabajo lo hace Hazen en el caso de los almacenamientos mensuales, estudiando a base de todos los ríos las variaciones en función de la variación standard respectiva, como se explicó anteriormente. En seguida, trazando el gráfico de las variaciones y de sus respectivos porcentajes de ocurrencia (Fig. 29 del texto original) obtiene 4 razones entre las variaciones y la V. S. (variación standard) para 4 porcentajes de ocurrencia, o sea, para 4 tipos de años. : 1, 20, 50 y 99% que le sirven después de base para trazar las curvas suaves.

Así por ejemplo, el almacenamiento medio para un consumo o tasa de consumo de 600 000 galones por día del Río Wachusett es de 57 días; la razón para el año 99% es $\frac{v}{V.\ S.} = 2{,}5$ y la Variación Standard de los almacenamientos requeridos por la tasa 600 000 = 34.8. Se deduce que el valor de la variación v es $2{,}5 \times 34{,}8 = + 87$ días, luego, agregando este valor al almacenamiento medio de la tasa de 600 000 galones, se tiene que el almacenamiento del año 99% es de 144 días. Este valor se puede comprobar en el gráfico N.° 2 del texto original correspondiente al Río Wachusset, en donde aparece el almacenamiento aquí calculado pero reducido a millones de galones. La reducción se hace recordando que la tasa de consumo es de 600 000 galones por día, o sea, que un día de la tasa significa 0,6 millones de galones y, por tanto, 144 días significan 86,4 millones de galones. Tal es el valor que aparece en el gráfico que se acaba de citar.

No es mi ánimo alargar indefinidamente esta sinopsis, de modo que para terminarla diré que uno de los puntos oscuros del método es el siguiente: Se ha demostrado que las estadísticas de pocos términos cumplen más o menos con las curvas desviadas de probabilidad. ¿Estarán también de acuerdo con ellas, los valores de las estadísticas largas?

No es posible, por ahora, contestar a tal pregunta; será necesario esperar unos 100 o más años, Hoy por hoy debemos aceptar que si las variaciones de las esta-

dísticas de pocos términos cumplen más o menos con la ley normal del error también lo harán las Estadísticas largas de cientos de años. Esto es, por lo menos, lo que dice Hazen.

III.—DEFINICIONES Y DATOS QUE SE EMPLEAN EN EL DESARROLLO DEL MÉTODO HAZEN

1. ESTADÍSTICAS QUE HAN SERVIDO DE BASE

Allen Hazen empleó las estadísticas de 14 ríos de los Estados Unidos de Norte América cuyos coeficientes de variación están comprendidos entre 0.15 y 0.50. El número de años controlados por estas estadísticas varía entre 11 y 23 años, habiendo además un río con 8 años y otro con 45 años. Casi todos los ríos pertenecen a sistemas orientales de los EE. UU., pero, también se han incluído ríos del Oeste. Los hay con hoyas hidrográficas de 62 millas cuadradas, como el Pequannock River y con 4634 como el Merrimac.

En la aplicación hecha para la Zona Norte se emplearon 7 ríos con los años de observación que se indican: el Copiapó con 7, el Huasco con 8, el Elqui con 12, el Hurtado con 9, el Cogotí con 9, el Illapel con 8 y el Aconcagua con 14 años. En total, 67 observaciones.

En la aplicación hecha para la zona Sur, se emplearon 5 ríos con los años de observación que se indican : el Aconcagua con 14 años, el Maipo con 12, el Cachapoal con 9, el Maule con 12, y el Longaví con 6 años. En total, 53 observaciones.

Los coeficientes de variación de los ríos de Chile, desde el Bío-Bío al Norte, son todos mayores que los de EE. UU., variando entre 0.50 y 1.00.

Pocos ríos de los que entran en los cálculos norteamericanos, tienen estadísticas diarias. La mayoría dispone solamente de estadísticas mensuales. En Chile la Sección de Hidrometría del Departamento de Riego, realiza observaciones diarias en todos los ríos del país. Las observaciones se hacen dos veces al día, en la mañana y en la tarde. En algunos ríos de EE. UU en los que se hacen las observaciones de la misma manera, se ha comprobado por medio de aparatos automáticos, que se comete un error hasta de 25%, entre otras causas, debido a que se hacen solamente una o dos observaciones diarias y a que el promedio de estas observaciones no da un valor exacto del gasto. En Chile no se ha podido encontrar aún un aparato automático que se adapte a las condiciones de nuestros ríos.

2. GASTOS. MÓDULOS DE LOS GASTOS Y DEFINICIÓN DE OTROS VALORES QUE SE USAN EN CONEXIÓN CON LA LEY NORMAL DEL ERROR

El Cuadro N.° 1 es un ejemplo de los cuadros de gastos medios mensuales que han servido de base para los cálculos. Este cuadro corresponde al Río Hurtado que seguirá exponiéndose a través de la Conferencia, para demostrar la forma en que se desarrolla el método. Todos los cuadros y gráficos particulares, que se expondrán, hechos para el Río Hurtado, lo han sido también para los demás ríos.

Lo primero que se hace con las cifras del Cuadro N.° 1, es reducirlas a una superficie base. El Sr. Hazen tomó como base la milla cuadrada; en mis aplicaciones he tomado los 1000 kilómetros cuadrados.

Cuadro N.° 1

IO HURTADO

(Sección Puangue)

Superficie de la Hoya = 2 000 kmts. DATOS HIDROLÓGICOS Gasto Medio del Río = 8.24 m3|seg.

Coeficiente de Variación del Gasto = 0.87

Año	GASTOS MEDIOS MENSUALES EN M3|SEG.												Gastos medios anuales m3|seg.
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciemb.	
1918.....	12.12	7.10	5.94	5.19	6.5	6.98	1.18	1.36	2.63	2.18	2.38	3.29	4.74
1919.....	2.5	2.2	1.6	1.6	16.8	16.8	32.—	24.4	14.3	8.2	36.—	99.6	21.36
1920.....	68.9	36.3	28.8	23.1	17.3	12.5	8.3	6.33	6.4	5.3	10.6	11.3	20.27
1921.....	6.2	3.5	3.1	3.5	4.5	4.9	4.3	6.4	7.4	4.9	5.3	4.4	4.38
1922.....	3.2	2.6	2.6	3.2	3.2	2.	4.—	3.4	2.1	2.7	3.8	3.5	3.10
1923.....	3.5	3.—	3.—	2.7	2.8	2.9	2.7	2.6	2.7	2.3	1.7	1.7	2.63
1924.....	1.7	2.—	1.9	1.9	2.1	2.—	2.—	1.9	6.4	5.3	10.6	19.3	4.76
1925.....	1.7	2.01	2.05	2.—	2.—	5.4	13.6	5.5	11.6	11.3	18.9	17.2	7.82
1926.....	.922	5.2	4.1	3.4	3.3	8.4	6.1	4.99	4.9	5.3	6.4	5.7	5.55
													8.24

Superficie de la Hoya 1 000 Kmts.

CUADROS DE GASTOS DEL AÑO DE RIEGO EN M3|SEG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciemb.	Gastos medios anuales
1918.....	6.06	3.55	2.97	2.09	....	....	....	0.68	1.31	1.09	1.19	1.64	2.29
1919.....	1.25	1.09	0.95	0.81	....	....	....	12.20	7.16	4.10	18.—	49.80	10.59
1920.....	34.45	18.15	14.40	11.55	....	....	....	3.16	3.21	2.66	5.32	5.64	10.95
1922.....	3.10	1.75	11.55	1.75	....	....	....	3.20	3.70	2.45	2.65	2.—	2.46
1923.....	1.60	1.30	1.30	1.60	....	....	....	1.70	1.05	1.35	1.90	1.75	1.61
1924.....	1.75	1.50	1.50	1.35	....	....	....	1.30	1.35	1.16	0.85	0.65	1.29
1925.....	0.85	1.—	0.95	0.95	....	....	....	0.95	3.21	2.66	5.32	9.64	2.84
1926.....	0.38	1.01	1.67	1.03	....	....	....	2.78	5.80	5.85	9.45	5.60	4.05
1927.....	4.61	2.62	2.08	1.71	....	....	....	2.49	2.09	2.62	3.21	2.85	2.70

Gasto Medio del Río = 4.30

En el cuadro N.° 2 están reducidas las cifras a la unidad de hoya hidrográfica. Este y los demás correspondientes a él son los equivalentes a la Tabla N.° 1 de Allen Hazen.

Aquí se inician las modificaciones introducidas por el que habla para la adaptación del sistema a los problemas del riego; en estos últimos cuadros (N.° 2), se han reducido las estadísticas a los meses del año de riego de la Zona correspondiente de cada río. Así por ejemplo en el Río Hurtado, se han suprimido los meses de Mayo, Junio y Julio, en que no se riega. Por estas razones los cuadros correspondientes al Río Copiapó tienen 12 meses; los ríos intermedios entre éste y el Aconcagua tienen de 9 a 10 meses; el Aconcagua 9 y, siguiendo hacia el Sur, el último de esta zona, el Longaví, tiene 6 meses de año de riego.

Antes de seguir adelante, caben aquí las definiciones que se necesitan respecto de los gastos.

Se llama gasto medio mensual, el promedio del gasto diario observado durante el mes. El Sr. Hazen consideró todos los meses iguales; pero nosotros sin ningún esfuerzo y sólo porque así se llevan las estadísticas en la Sección de Hidrometría, tomamos cada mes según sus días.

Se llama gasto anual, el promedio aritmético de los gastos medios mensuales.

Se denomina gasto medio del río, el medio aritmético de los gastos medios anuales.

Determinado el gasto medio de un río, se pueden determinar las diferencias respecto de este gasto medio, de los demás gastos. Estas diferencias las ha denominado Hazen «variaciones». Como se ve estas variaciones vienen a ser lo que en la teoría de los errores de observación llamamos «residuos».

Continuando con la ley normal del error, el error medio es la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los residuos. Cambiando en esa frase la palabra «residuos» por «variaciones», tenemos la definición de la variación Standard, término que emplea Hazen, para expresar en función de ella, varios de los valores que se usan en el desarrollo del método ideado por él. El principal de éstos es el denominado, coeficiente de variación, cuyo valor se determina dividiendo la variación Standard, de los gastos de un río, por el gasto medio de ese río.

Llamando V la variación de un gasto cualquiera de un río, respecto de su gasto medio G., tenemos que la variación Standard queda expresada por la fórmula

$$V.\ S. = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n}}$$

en que n es el número de años observados, y el coeficiente de variación es

$$C.\ V. = \frac{V.\ S.}{G}$$

Cuando el número n es pequeño para calcular la variación Standard, se pone n-1 en lugar de n.

Pueden estudiarse las variaciones de los gastos así como las de cualquiera otra serie de términos; en general, la definición es la misma que se acaba de dar: la varia-

ción de cualquier término, es la diferencia entre el término medio aritmético y ese término y la variación Standard, es la raíz cuadrada del término medio aritmético de los cuadrados de las variaciones de todos los términos. Así, por ejemplo, Hazen, emplea los almacenamientos requeridos, por las fluctuaciones de los ríos, para mantener determinados gastos y sus variaciones en la demostración de la conexión que tienen las variaciones de las corrientes naturales, con la ley normal del error, como se estableció al explicar los fundamentos del método.

Hay todavía otras definiciones en conexión con esta ley, que se usan, tales como: el medio (median) que es el término colocado al medio o centro de la serie; el error probable que es la variación que es excedida por una mitad de las variaciones o es el medio de las variaciones.

3. DEFINICIÓN DE UN AÑO SECO

Los años secos se repiten a intervalos, mientras más seco es el año más largo es el probable intervalo de su repetición. Es necesario para continuar en este trabajo, definir un año seco en términos que determinen el grado de su sequedad. Tal objeto se ha obtenido, ordenando los años en series, según el orden de su sequedad y definiendo enseguida los años de la siguiente manera: el año medio de tales series se denomina año 50%; el año de tal grado de sequedad que el 90% de los años es más húmedo y el 10% más seco que él, se denomina año seco 90%.

Tales años no se refieren a ningún año determinado, sino que se consideran años tipos.

En esta aplicación hemos considerado, como se verá al tratar del empleo de los diagramas normales, cuyo establecimiento vamos a explicar en esta conferencia, tres tipos de años, por considerar que ellos representan mejor que otros, todas las condiciones que deban preverse en el caso del regadío. Tales años son el año 50%, el año 80% y el año 95%.

4. TASAS DE CONSUMO

A. *Definición y forma en que se consideran las tasas en el método original*

Se denominan tasas de consumo a los servicios que se exigen de los ríos y para mantener los cuales, se determinan los almacenamientos requeridos por los diferentes ríos.

Estos servicios o tasas de consumo son en el método original, de 100 000, 200 000, 400 000, 600 000, 800 000 y 1 000 000 de galones por día y por milla cuadrada y se consideran constantes durante todo el año, como lo exigen los servicios de agua potable.

Puestas en esta forma las tasas corresponden a valores de 0,20. 0,30, 0,40 del gasto medio de los ríos.

En las primeras aplicaciones nosotros hicimos también los cálculos a base de cifras redondas, próximas también a las fracciones decimales, 0,10, 0,20, etc., del gasto del río; así por ejemplo, para un río de 45 m3.|seg. elegimos los valores 5, 10, 15, etc., m3|seg. como valores de las tasas, los que correspondían entonces a las fracciones 0,101, 0,222, etc., del gasto; esto nos facilitó los cálculos de los almacenamientos

porque como se verá más adelante para calcular éstos, basta con restar las tasas de los gastos; pero, cuando hicimos variar la tasa a través del año, para adaptar el método a las condiciones del riego, esta forma de las cifras redondas de las tasas nos era absolutamente inútil, desde que cada mes debía tener un valor distinto, y por tanto optamos por tomar como base de cada tasa un porcentaje redondo del gasto medio y hacerlo enseguida variar a través del año conforme a las necesidades de la agricultura.

B. *Forma como se ha modificado el método para los estudios de riego, por medio de las tasas de consumo*

a) Se han practicado estudios agrológicos de los suelos.

Se empezó por estudiar agrológicamente cada uno de los valles de los ríos nombrados, que como es sabido, son los principales de Chile. Los trabajos se han llevado a efecto por la Sección de Agrología, creada recientemente en el Departamento y por la de Hidrometría, en conjunto

Los detalles de los estudios agrológicos correspondientes, se encuentran en las memorias de las obras que se han proyectado; allí se puede consultar en detalle y están a disposición de las personas que deseen conocerlos en la oficina del Departamento de Riego, Bandera 46.

En las respectivas memorias, hay constancia de los estudios hechos, respecto de la naturaleza de los suelos. Ninguna fuente de información se ha desechado. Gracias a los archivos completos de los Servicios Agrícolas y a las correspondencia especial que siempre se ha mantenido con estas Oficinas, es que han podido concretarse las características de los distintos valles, incrementando por supuesto estos datos, con visitas directas de los Ingenieros y Agrónomos a los valles. El Sr. Augusto Opazo, Jefe de nuestra Sección de Agrología, fué durante largos años Ingeniero Agrónomo residente, en las provincias del Norte y con su larga experiencia y conocimiento de esa zona, nos ha proporcionado en sus libros de divulgación datos que nos han sido muy útiles.

Para dar idea de los trabajos hechos, copio parte de las conclusiones de un informe del Sr. Opazo, sobre los llanos de la Chimba y San Julián, comunidades que se encuentran en el valle del Río Grande o Limarí y que se regarán con el embalse de Cogotí.

Pág. 10-12. «*Terrenos de la comunidad de la Chimba*».—Pozos N.° 10 a 16.—«Los suelos de la Comunidad de la Chimba, tienen dos características; los que están al pie de los cerros, se prestan mucho para el cultivo de árboles frutales y al mismo tiempo su composición física es muy apropiada para el cultivo de la alfalfa. El resto del terreno de la Comunidad que deslinda con el río, tiene un suelo arcilloso que se presta para el cultivo de cereales, alpiste, trigo y maíz que son los más apropiados y productivos».

Pags. 12-16.—«*Terrenos de San Julián*».—Pozos 17 a 22.—Por el momento el cultivo de estos suelos debe ser de cereales y chacras, no prestándose para el cultivo de la alfalfa y siendo muy poco apropiados para los árboles frutales. El cultivo, la

encaladura y el trabajo repetido, la propiedad de los terrenos arcillosos, los transformarán rápidamente y los dejará aptos para los cultivos de la alfalfa y de los árboles frutales, gracias a que tienen sub-suelos permeables».

Los análisis de las tierras extraídas de los pozos aquí enumerados hechos por los Laboratorios de los Servicios Agrícolas, han servido de base para estas conclusiones. Estos análisis son de dos clases, físicos y químicos, y tanto del suelo como del subsuelo, se practican sobre las muestras que se extraen de pozos de 2.00 m. de hondura, en los que se ha coincidido con el acuerdo tomado por el Congreso de Pedología de Washington del año 1926.

b) Se han estudiado los cultivos actuales y los cultivos que deberán emplearse en el futuro.

Por medio de los Boletines de la Oficina Central de Estadística, se han estudiado los cultivos actuales. Así por ejemplo, para la Zona regada por el Río Hurtado, se tomaron como base las informaciones que se encuentran en los boletines para el Departamento de Ovalle, respecto de los cultivos que se mantienen y que son los siguientes, referentes a la superficie total regada:

Viñedos y arboricultura, entre	2,5% y 3,5%
Alfalfa o trébol, entre	38,0% y 47,0%
Cereales, entre.....	11,0% y 25,0%
Otros pastos, entre	20,0% y 37,0%
Chacarería, entre	5,0% y 10,9%

Como se vé hay de 58% a 84% de la superficie regada dedicada a los pastos o mejor dicho, a las praderas artificiales o naturales y solamente 2,5% a 3,5%, dedicada a la fruticultura.

Tomando como base los cultivos actuales de la zona, las conclusiones de los informes agrológicos y muy especialmente la seguridad en los riegos que van a introducir las nuevas obras, las que generalmente pueden asegurar en forma absoluta el regadío de un 20% de la superficie que ellas comprometen, así como por otra parte, los proyectos del Gobierno actual de propender al desarrollo de la fruticultura, es que se establecen nuevos porcentajes en los cultivos de cada zona, para tomarlos como base para calcular el agua necesaria en el valle para mejorar los riegos y para regar los nuevos suelos. Estos porcentajes son, para los suelos que se regarán con el río Hurtado, por medio del embalse de Recoleta los siguientes:

Arboricultura.....	15%
Viñedos.....	5%
Cereales	15%
Chacarería.....	25%
Alfalfa y trébol.....	40%

Desaparecido el rubro otros pastos, se considera que se mantiene debido a los cultivos rotativos.

c) Se han estudiado las necesidades de agua de los cultivos previstos a base de una hectárea media.

Cuadro N.° 3

EMBALSE DE RECOLETA

Distribución de los riegos

Mes	Lluvia Media en milímetros	ARBORICULTURA		VIÑEDOS		CEREALES		CHACARERÍA		ALFALFA	
		N.° de riegos	m3 por riego	N.° de riegos	m3 por riego	N.° de riegos	m3 por riego	N.° de riegos	m3 por riego	N.° de riegos	m3 por riego
Agosto	19.8	1	500	1	280	1	500	1	400	1	800
Septiembre	8.3	1	500	2	280	1	500	2	400	1	800
Octubre	4.2	1	500	4	280	1	800	2	400	1	800
Noviembre	0.0	1	500	4	280	1	800	3	400	2	800
Diciembre	0.0	2	500	4	280	..	...	3	400	2	800
Enero	0.0	2	500	4	280	..	...	3	400	2	800
Febrero	0.0	1	500	4	280	..	...	1	400	2	800
Marzo	0.0	1	500	..	...	..	...	..	...	1	800
Abril	0.0	1	500	..	...	..	...	..	...	1	800
Mayo	41.6	..	...	..	...	..	...	..	...	..	...
Junio	29.5	..	...	..	...	..	...	..	...	..	...
Julio	33.2	..	...	..	...	..	...	..	...	..	...

Cuadro N.º 4

EMBALSE DE RECOLETA

CANTIDAD DE AGUA CONSULTADA PARA LOS DISTINTOS CULTIVOS

MESES	Lluvia caída en milímetros	ARBORICULTURA	VIÑEDOS	CEREALES	CHACARERÍA	ALFALFA
Agosto	19.3	500 m3	280 m3	500 m3	400 m3	800 m3
Septiembre	8.3	500 »	560 »	800 »	800 »	800 »
Octubre	4.2	500 »	1.120 »	800 »	800 »	800 »
Noviembre	0.0	500 »	1.120 »	800 »	1.200 »	1.600 »
Diciembre	0.0	1.000 »	1.120 »	.....	1.200 »	1.600 »
Enero	0.0	1.000 »	1.120 »	.....	1.200 »	1.600 »
Febrero	0.0	500 »	1.120 »	.....	400 »	1.600 »
Marzo	0.0	500 »	.....	.....	.....	500 »
Abril	0.0	500 »	.....	.....	.....	500 »
Mayo	41.6	.....	.....	.....	.....	.....
Junio	29.5	.....	.....	.....	.....	.....
Julio	33.2	.....	.....	.....	.....	.....
TOTALES	136.6	3.500 m3	6.440 m3	2.900 m3	6.000 m3	10.100 m3

EMBALSE DE RECOLETA

Cuadro N.º 5

NECESIDADES DE AGUA DE 1 Ha. MEDIA EN M3. POR MES Y DOTACIÓN ANUAL DE ESTA Ha. EN M3. POR TEMPORADA, CALCULADOS SUS VALORES A BASE DE LOS % QUE SE INDICAN DE LOS DISTINTOS CULTIVOS DE LA ZONA

MESES	Lluvia caída en milímetros	ARBORICULTURA	VIÑEDOS	CEREALES	CHACARERÍA	ALFALFA	Ha. MEDIA
		15%	5%	15%	25%	40%	100%
Agosto	19.8	75	14	75	100	320	584
Septiembre	8.3	75	28	120	200	320	743
Octubre	4.2	75	56	120	200	320	771
Noviembre	0.0	75	56	120	300	640	1.191
Diciembre	0.0	150	56	....	300	640	1.146
Enero	0.0	150	56	....	300	640	1.146
Febrero	0.0	75	56	....	100	640	871
Marzo	0.0	75	....	....	....	320	335
Abril	0.0	75	....	....	....	200	275
Mayo	41.6	....	....	....	....	....	....
Junio	29.5	....	....	....	....	....	....
Julio	32.2	....	....	....	....	....	....
TOTALES	136.6	Suma o dotación de la hectárea media					7.122

Respecto de las necesidades de agua de los distintos cultivos, el análisis ha debido ser más laborioso, por cuanto no hay datos experimentales al respecto. El ex-director del Instituto Agronómico, Sr. Valenzuela, en años anteriores practicó algunas experiencias en la Quinta Normal de Santiago que publicó en un folleto, hoy agotado; pero, estas experiencias fueron muy escasas y no se han vuelto a repetir, sin embargo han sido utilizadas.

Hay a este respecto una verdadera anarquía, de ideas entre agricultores, agrónomos e ingenieros, y ha habido necesidad de recurrir a encuestas entre los agricultores, para obtener datos concretos y por supuesto que no en lts|seg,|Ha, porque para ellos esto es casi imposible de saber; pero sí el número de los riegos y la altura de agua que se les dá, según los cultivos. Con esta base y las observaciones recogidas por el Sr. Opazo y otros ingenieros se ha logrado promediar valores que se dan en los estudios de las obras, así por ejemplo: siguiendo en el caso de los terrenos regados por el tranque de Recoleta, se fijaron como dotaciones netas en los suelos mismos, (a los que hay que agregar después, las pérdidas en la red de canales y en el río), las siguientes:

Arboricultura	5 500 m3.|Ha.|año
Viñedos	6 400 m3.|Ha.|año
Cereales	2 900 m3.|Ha.|año
Chacarería	6 000 m3.(Ha.|año
Alfalfa	10 000 m3.|Ha.|año

En el cuadro N.° 3, denominado «Distribución de los Riegos» y en el N.° 4, llamado «Cantidades consultadas para los distintos cultivos», se detallan estos valores. Nótese que se ha agregado a estos cuadros una columna de la distribución mensual media de las lluvias de la región.

Los valores que aparecen en estos cuadros no reflejan bien las oportunidades en que se deben verificar los riegos, porque han debido encasillarse, mes por mes, para continuar los cálculos en la forma que se están esponiendo; por otra parte la fecha en que se realizan los riegos, son esencialmente variables con el grado de humedad, del año.

Ahora bien, con los porcentajes correspondientes a los distintos cultivos y los volúmenes del cuadro N.° 4, se ha formado el cuadro N.° 5, que proporciona las necesidades de agua de una hectárea media en metros cúbicos por mes y en último término la dotación de esta hectárea media en metros cúbicos por temporada de riego o año agrícola. Como se vé ha sido considerado este de 9 meses.

Nótese que en los meses de Mayo, Junio y Julio, la lluvia media de la región agregaría a la dotación media de los riegos 416, 295 y 322 mts. cúbicos respectivamente, elevando el total de 7 122 m3.|Ha. y por año agrícola a más de 8 000m3

d) Valor variable que toman las tasas de consumo, elegidas como fracciones decimales del gasto a través del año, en la aplicación del método

Para seguir adelante con el procedimiento de Hazen, no nos queda ya sino exponer la forma como, a base de las cifras del último cuadro, hacemos variar la tasa de riego a lo largo del año. Esto se hace introduciendo lo que hemos llamado «Variación de la Intensidad de los Riegos», o sea adoptando una escala de variación en propor-

ción de la cifra media mensual, que en este caso es igual a $\frac{7122}{9} = 791$ m3. Resultan así los siguientes porcentajes de la intensidad de los riegos:

Agosto	75%
Septiembre	94%
Octubre	97%
Noviembre	150%
Diciembre	145%
Enero	145%
Febrero	110%
Marzo	50%
Abril	35%

Esta variación calculada, es corregida después ligeramente para facilitar los cálculos, agrupando los valores más o menos iguales y adoptando para ellos el promedio. Así, en el ejemplo que estoy detallando, la variación adoptada de la intensidad de los riegos para el caso del río Hurtado es:

Agosto	75%
Septiembre	96%
Octubre	96%
Noviembre	150%
Diciembre	150%
Enero	150%
Febrero	110%
Marzo	40%
Abril	40%

Entonces, como el valor del gasto medio del año de riego del río Hurtado es 4,30 m3|seg., el valor de la tasa 0,90 es de 3,87 m3|seg., la que distribuída a lo largo del año de riego, toma los siguientes valores:

Meses	Porcentaje de variación de los riegos	Valores de la tasa 0,90=3,87 m³/ seg. a lo largo del año
Enero	1,50	5,80 m3.|seg.
Febrero	1,10	4,26 » »
Marzo	0,40	1,55 » »
Abril	0,40	1,55 » »
Mayo	....	....
Junio	....	....
Julio	....	....
Agosto	0,75	2,90 » »
Septiembre	0,96	3,71 » »
Octubre	0,96	3,71 » »
Noviembre	1,50	5,80 » »
Diciembre	1,50	5,80 » »

Cuadro N.° 6

RIO HURTADO

Cuadro de las tasas de consumo

Variación de la tasa respecto de su valor medio.		1.50	1.10	0.40	0.40	....	....	....	0.75	0.96	0.96	1.50	1.50
Tasas en forma de fracción decimal del gasto	Valor medio en m3|seg.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
0.90	3.87	5.80	4.26	1.56	1.55	....	....	....	2.90	3.71	3.71	5.80	5.80
0.80	3.44	5.16	3.78	1.37	1.37	....	....	....	2.58	3.30	3.30	5.16	5.16
0.70	3.01	4.52	3.31	1.20	1.20	....	....	....	2.26	2.89	2.89	4.52	4.52
0.60	2.58	3.87	2.84	1.03	1.03	....	....	....	1.94	2.48	2.48	3.87	3.87
0.50	2.15	3.23	2.37	0.86	0.86	....	....	....	1.61	2.06	2.06	3.23	3.23
0.40	1.72	2.58	1.89	0.68	0.68	....	....	....	1.29	1.65	1.65	2.58	2.58
0.30	1.29	1.94	1.42	0.52	0.52	....	....	....	0.97	1.24	1.24	1.94	1.94
0.20	0.80	1.29	0.95	0.34	0.34	....	....	....	0.65	0.83	0.83	1.29	1.29
0.10	0.43	0.65	0.47	0.17	0.17	....	....	....	0.32	0.43	0.43	0.65	0.65

E
da río

E
las tas
mensu
zen «a
ran los
ma N
E
es dec
dad d
talló e

E
se nec
duran
E
mes p
que se
En nu
cada r
de ver
C
cada r
nitud,
seguid
según
tantos
L
namie
años c
de los
L
de año
P
de año
la fórr
observ
grama
y Cog

En esta forma se han confeccionado cuadros para las tasas 0,10 a 0,90, para cada río, tales como el cuadro N.° 6.

IV.—ALMACENAMIENTO MENSUAL Y DIARIO

Esta parte del sistema estudia los almacenamientos requeridos para mantener las tasas de consumo o fracciones decimales de los gastos a pesar de las fluctuaciones mensuales y diarias; como lo hemos visto, este estudio ha sido denominado por Hazen «almacenamiento mensual». Para estudiar el almacenamiento mensual se preparan los Diagramas Particulares de los ríos y, en seguida, a base de éstos, un Diagrama Normal que los envuelve a todos.

El diagrama particular de un río se hace a base de los datos propios de este río, es decir, a base de los cuadros de gastos medios mensuales de éste, referidos a la unidad de hoya hidrográfica y del respectivo cuadro de tasas establecidas como se detalló en la primera parte.

1. FORMACIÓN DEL DIAGRAMA PARTICULAR

El diagrama particular tiene por objeto indicar los almacenamientos en m^3 que se necesitan para mantener una tasa dada, a pesar de las fluctuaciones mensuales durante años de diversos grados de sequedad.

El procedimiento consiste en anotar las diferencias entre las tasas y los gastos, mes por mes y reducirlas enseguida a millones de m^3, multiplicando estas diferencias que se tienen en metros cúbicos por segundo, por los segundos del mes correspondiente. En nuestro caso, para abreviar los cálculos se sumaron las diferencias mensuales de cada mes y se multiplicaron por 2,68 millones de segundos. En el cuadro N.° 7 puede verse lo que se ha hecho en el caso de la tasa 0.90 del Río Hurtado.

Como se comprende, con 9 tipos de tasas hay 9 cuadros iguales al anterior para cada río. A los resultados así obtenidos se les fija un número de orden según su magnitud, de menor a mayor, como se vé en la última columna del Cuadro N.° 7. En seguida, los resultados anuales de cada tasa se llevan a un cuadro único, ordenándolos según su número de orden. Tal es el cuadro N.° 8 para el río Hurtado; hay, pues, tantos cuadros semejantes a este como ríos entran en el estudio

Los números de orden permiten calcular el grado de ocurrencia de los almacenamientos, que son los porcentajes de estos números respecto del número total de años observados; los porcentajes así establecidos determinan los grados de sequedad de los años en que se requieren los almacenamientos apuntados.

Llevando ahora en ordenadas los almacenamientos y en abcisas los porcentajes de años, se dibujan los gráficos que se denominan Diagramas Particulares de los ríos.

Para hacer un diagrama más ajustado a los valores que daría un mayor número de años observados, en lugar de determinar los porcentajes simples que resultan de la fórmula $P = \frac{m}{n}$ en que m es un número de orden cualquiera y n el número total de observaciones, se emplea la fórmula $P = \frac{2m-1}{2n}$. Las figuras 1 a 8 representan los Diagramas Particulares de los ríos Aconcagua, Illapel, Copiapó, Elqui, Huasco, Hurtado y Cogotí.

Cuadro N.° 7

RIO HURTADO

ALMACENAMIENTOS NECESARIOS PARA LA TASA 0.90

Año	Enero m3|seg.	Marzo m3|seg.	Abril m3|seg.	Mayo	Junio	Julio	Agosto m3|seg.	Septiem. m3|seg.	Octubre m3|seg.	Noviem. m3|seg.	Diciem. m3|seg.	Sumas anuales en m3|seg.	Almacenamientos en millones de m3.	N.° de orden
1918....	0.—	0.71	0.—	....	....	....	2.22	2.40	2.62	4.61	4.16	16.72	44.37	7
1919....	4.55	3.71	0.60	....	....	....	0.—	0.—	0.—	0.—	0.—	9.06	24.37	2
1920....	0.—	0.—	0.—	....	....	....	0.—	0.50	1.05	0.48	0.16	2.19	5.81	1
1922....	2.70	2.51	0.—	....	....	....	0.—	0.01	1.26	3.15	3.80	13.43	35.64	6
1923....	4.20	2.96	0.25	....	....	....	1.20	2.66	2.36	3.90	4.05	21.58	57.27	8
1924....	4.05	2.76	0.05	....	....	....	1.60	2.36	2.56	4.95	4.95	23.48	62.32	9
1925....	4.95	3.26	0.60	....	....	....	1.95	0.50	1.13	0.48	0.—	13.39	35.34	5
1926....	4.92	3.25	0.52	....	....	....	0.12	0.—	0.—	0.—	0.—	9.33	24.76	3
1927....	1.19	1.64	0.—	....	....	....	0.41	1.26	1.03	2.59	2.95	11.43	30.33	4

Cuadro N.º 8

RIO HURTADO

RESUMEN DEL ALMACENAMIENTO EN MILLONES DE M3 PARA LAS DIFERENTES TASAS

N.º de orden	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	Posición decimal
1	5.81	1.92	0.61	0.—	0.—	0.—	0.—	0.—	0.—	6.6
2	24.04	20.11	12.42	6.08	1.05	0.—	0.—	0.—	0.—	16.7
3	24.76	20.51	16.27	12.39	6.79	1.91	0.—	0.—	0.—	27.8
4	30.33	20.94	16.66	12.74	8.78	5.43	2.34	0.—	0.—	38.9
5	35.54	27.31	20.73	13.22	9.83	6.84	2.70	0.10	0.—	50.—
6	35.64	28.16	21.28	15.75	11.70	7.86	3.90	0.26	0.—	61.1
7	44.37	36.67	29.64	23.16	16.66	10.19	3.95	1.09	0.—	72.2
7	57.27	47.40	37.84	23.40	19.18	10.56	4.06	1.17	0.—	83.3
9	62.32	52.35	42.89	33.44	23.99	14.54	6.53	2.32	0.—	94.4

Como se vé están dibujados sobre un papel de rayado especial. Estos diagramas pueden ser trazados en el papel cuadriculado simple, pero las líneas que representan los almacenamientos para cada tasa tienen curvaturas muy pronunciadas en los extremos (Véase Fig. 1 del texto original) de modo que Hazen prefirió trazarlos para tener una mayor precisión de los valores extremos, sobre el papel de rayado especial que llamó papel de probabilidades por estar trazado a base de la curva integral de probabilidades.

Las curvas suaves que reemplazan en estos diagramas a las observaciones directas las traza Hazen como, lo indica en el Transactions en el capítulo que trata de la aplicación de la Ley Normal del error a los datos de gastos y almacenamientos, usando las razones de la Tabla 12, obtenidas de la línea de la fig. 29 (Del Transactions). Yo he preferido trazar curvas compensadas conforme a la teoría de los cuadrados mínimos y además haciendo una distribución o variación armónica de los espacios entre las curvas.

El reemplazo de los valores obtenidos directamente, por estas curvas suaves, eliminan por la forma en que se han trazado, en gran parte, los errores de los resultados directos y ellas representan los datos, así como la probabilidad de ocurrencia de los valores que ellas mismas determinan con la mayor exactitud que es posible obtener.

2. FORMACIÓN DEL DIAGRAMA NORMAL

Para formar el Diagrama Normal, Hazen extrae de los Diagramas Particulares de los ríos, los almacenamientos requeridos por todas las tasas para dos tipos de años: el año 50% y el año 95%. Hazen toma estos dos tipos de años como base debido a que encontró que el aumento que se requiere sobre el almacenamiento del año 50% para tener el de otros años más secos, no difiere mucho para los distintos ríos. También sucede que el almacenamiento requerido por la tasa 0,50 del gasto de un río, expresado en días, sufre aumentos aproximadamente constantes al considerar distintos ríos y tasas más altas de consumo, como así mismo, sufre disminuciones de igual carácter con tasas menores.

Estas circunstancias son las que le han permitido trazar un Diagrama Normal que sirva para todos los ríos, tomando como base esos dos tipos de años.

Esos valores que están expresados en millones de m3, los reduce a una unidad nueva de almacenamiento llamada día. Así pues, el Diagrama Normal da los almacenamientos en días para las tasas 0,90, 0,80, etc. de los gastos. La unidad día de almacenamiento es variable para cada río y para cada tasa y corresponde al almacenamiento de un día de la tasa de que se trata. Ejemplo, un día de la tasa 0,90 del Río Hurtado corresponde a $86\,400 \times 3{,}47$ m3|seg. $= 299\,808$ m3 $= 0{,}3$ millones de m3.

En el cuadro N.° 9 se han establecido los almacenamientos en millones de m3, para las distintas tasas deducidas del Diagrama Particular del Río Hurtado para los años 50% y 95%.

En el mismo cuadro se han reducido estos almacenamientos a días y, por fin en las últimas columnas de este cuadro se han corregido los días de almacenamientos en nueve días que se han agregado en cada caso para considerar las fluctuaciones diarias de los gastos.

CuadroN ° 9

ALMACENAMIENTOS EN DÍAS REQUERIDOS POR LAS FLUCTUACIONES DIARIAS Y MENSUALES PARA LAS DIFERENTES TASAS EN LOS AÑOS 50% Y 95%

TASAS	m3]seg. H. H.	Almacena-miento de un día	Almacenamientos en en millones		En días.		+ 9 días.		Variación Standard
			50%	95%	50%	95%	50%	95%	
0.9	3.47	0.30	62	53	107	176	116	185	
0.8	3.09	0.27	25	43	93	159	102	162	
0.7	2.70	0.23	19	34	83	148	92	156	
0.6	2.31	0.20	14	26	70	130	79	139	
0.5	1.93	0.17	10	18	59	106	68	115	
0.4	1.64	0.13	..	11	38	85	47	94	13.4
0.3	1.15	0.10	..	6	22	60	31	69	21.8
0.1	0.77	0.07	..	2	1	29	8	38	16.5

Cuadro N.° 10

CUADRO DE DIFERENCIAS DEL AÑO 50%

DIFERENCIAS, EN DÍAS, DE LOS ALMACENAMIENTOS REQUERIDOS POR LA TASA 0.50 DE LOS RÍOS Y LAS DEMÁS TASAS ESTUDIADAS

RÍOS	Años observados	TASA 0.20		TASA 0.30		TASA 0.40		TASA 0.60		TASA 0.70		TASA 0.80		TASA 0.90	
Aconcagua	14	38	532	27	378	16	224	13	182	14	386	37	518	68	852
Choapa	8	56	448	29	232	16	120	10	80	28	224	39	512	36	448
Illapel	8	65	320	40	310	21	168	19	152	35	280	43	344	49	392
Hurtado	9	60	540	37	333	21	169	11	99	24	216	54	306	48	432
Cogotí	8	34	272	23	184	8	64	13	134	25	120	24	192	35	280
Elqui	12	49	568	44	528	23	276	14	168	22	264	32	304	42	504
Huasco	9	26	208	22	174	44	88	12	96	35	200	40	320	51	408
Copiapó	7	..	..	..	..	1	7	2	14	4	28	7	49	9	63
SUMAS	67		3108		2151		1119		881		1640		2376		3416
Promedios de las Diferencias		46		32		17		13		24		35		51	

N. B.—Para obtener los promedios de las diferencias se han tomado en cuenta los años de las estadísticas de los diversos ríos, para lo cual aparecen las cifras colocadas a la derecha de las columnas.

Ctadro N.° 11

CUADRO DE DIFERENCIAS DEL AÑO 95%

DIFERENCIAS, EN DÍAS, DE LOS ALMACENAMIENTOS REQUERIDOS POR LA TASA 0.50 DE LOS RÍOS Y LAS DEMÁS TASAS ESTUDIADAS

RÍOS	Años observados	TASA 0.20		TASA 0.30		TASA 0.40		TASA 0.60		TASA 0.70		TASA 0.80		TASA 0.90	
Aconcagua	14	98	1672	67	938	27	378	20	280	25	364	44	618	58	81
Choapa	8	115	950	74	592	28	224	12	96	26	208	29	232	40	320
Illapel	8	52	416	20	160	15	120	12	96	30	240	50	400	56	448
Hurtado	9	77	693	46	414	21	189	24	216	41	369	53	477	70	630
Cogotí	8	49	374	32	256	16	126	12	96	20	160	34	272	53	424
Elqui	12	93	1116	35	660	27	444	23	276	36	432	48	576	53	636
Huasco	8	37	696	53	424	29	232	24	192	27	216	55	240	65	520
Copiapó	7	..	.....	..	1	7	3	21	6	42	10	70	14	98	
Sumas	67		5587		3414		1715		1252		1989		3015		3790
Promedios de las diferencias			83		51		25		19		28		45		56

N. B.—Para obtener los promedios de las diferencias se ha tomado en cuenta los años de las estadísticas de los ríos, para lo cual aparecen las cifras colocadas a la derecha de las columnas.

En efecto, los valores de los Diagramas Particulares están hechos a base de los gastos medios mensuales y por las razones que expone en el texto, Hazen suma a esos resultados una corrección equivalente a 9 días de almacenamiento, corrección que denomina «*almacenamiento diario*».

Ahora, formando el Diagrama Normal, a base de las cifras corregidas, éste será válido tanto para las fluctuaciones mensuales como para las diarias.

Continuando en la formación del Diagrama Normal, con los almacenamientos de todos los ríos, para los dos tipos de años apuntados, formamos los dos cuadros de Diferencias N.° 10 y N.° 11, de los cuales uno corresponde al año 50% y el otro al año 95% Estas diferencias se refieren a los almacenamientos requeridos en estos dos tipos de años por las tasas 0.50 de cada río y todas las demás tasas. Además formamos en los dos casos y para cada tasa los promedios de las diferencias o diferencias medias.

Por otra parte, formamos también el cuadro N.° 12 de los almacenamientos requeridos por las tasas 0 50 de cada río, tanto en el año 50% como en el año 95% y hacemos las diferencias de los almacenamientos requeridos, por esta Tasa en ambos tipos de años; como podemos verlo en el cuadro N.° 12, el promedio de estas diferencias es 109.

Ahora tenemos ya todos los elementos para formar un río ideal a base de todos los ríos. Este río participará de las características de todos los que han entrado en su formación. Para la formación del Diagrama llamado Normal porque da los almacenamientos requeridos por este río ideal, se eligen 100 días de almacenamiento de la tasa media y del año medio y se determinan los almacenamientos requeridos por este río ideal, sumando o restando las diferencias medias de esta tasa, respecto de cada una de las otras, obtenidas de los cuadros N.° 10 y 11. Esto se hace tanto para

Cuadro N.° 12

ALMACENAMIENTOS, EN DÍAS, REQUERIDOS POR LA TASA 0.50, EN LOS AÑOS TIPOS 50 Y 95%

RIOS	Años observados	Año 50%	Año 95%	Diferencia	
Aconcagua	14	47	162	115	1610
Choapa	8	41	195	154	1232
Illapel	8	48	179	131	1048
Hurtado	9	68	115	47	423
Cogotí	8	118	275	157	1256
Elqui	12	69	152	83	996
Huasco	8	36	129	93	744
Sumas	67				7309

Diferencia media ..... 109 días

el año 50% como para el año 95%. En este último tipo de año a los 100 días de almacenamiento de la tasa media del año medio, corresponden 209 días de almacenamiento. Es, pues, de este número que se suman o se restan los promedios de las diferencias de las demás tasas, en este tipo de año. Por lo demás en las tablas anteriores, se le ha dado su debido peso al número de años de la estadística.

Como resumen de esta parte sigue a continuación un cuadro de los almacenamientos requeridos por el río ideal en días.

ALMACENAMIENTOS, EN DÍAS REQUERIDOS POR EL RÍO IDEAL

TASAS	AÑOS	
	50%	95%
0.90	151	265
0.80	135	254
0.70	124	237
0.60	113	228
0.50	100	209
0.50	83	184
0.40	83	184
0.30	68	158
0.20	54	126

Como se vé en este cuadro figuran los 100 días que se han tomado como base para la tasa media, el año medio y los 209 para esta misma en el año 95%.

Los 100 días de la tasa media para el año medio, que se han tomado como base, no tienen ningún significado especial. Se puede elegir entre tomar un valor medio de los almacenamientos del año medio que, como vemos en el cuadro N.° 12 oscilan entre 36 y 118 días o tomar una envolvente de estos valores. Si se eligiera como base el promedio, resultarían ríos con almacenamientos mayores que los requeridos, por este río ideal y, como veremos enseguida, al emplear el Diagrama Normal resultarían, en estos casos, números negativos. De aquí que resulte mejor que el río ideal sea una envolvente de todos los demás ríos. Hazen empleó 100 días a pesar de que el río que requería mayor almacenamiento de los por él considerados requería 106 días; estimando que este pequeño exceso no comprometía la envolvente por tratarse de una cantidad muy pequeña que quedaba dentro de los límites del error probable. En la aplicación que estoy explicando ha pasado algo análogo desde que el río que excede los 100 días requiere 118 y con el número de años de nuestras estadísticas el error probable es 15%, pero sucede, además, que todos los demás ríos requieren menos de 100 días

Como lo dije ya, los valores así determinados son los almacenamientos requeridos por un río ideal formado a base de todos los demás ríos en esos 2 tipos de años. Con el objeto de obtener los valores para otros tipos de años, se llevan estas cifras a un diagrama Fig. N.° 9 en que se ponen como abcisas los porcentajes de años y como ordenadas los almacenamientos requeridos para cada tasa en días. De este diagrama

se extraen los valores con que se forma el Diagrama Normal de los ríos de una zona dada para determinar los almacenamientos requeridos por una tasa cualquiera del gasto, a pesar de las fluctuaciones diarias y mensuales (Fig. n° 10).

Almacenamiento anual

Para estudiar los almacenamientos requeridos por las fluctuaciones anuales se prepara también un Diagrama Normal, hecho a base de las estadísticas de los gastos anuales de los ríos

Los gastos anuales que ahora se usan son los del año agrícola o de riego, expresados en función de los promedios de estos mismos gastos anuales. Resulta así que los promedios de estas nuevas estadísticas de los ríos cuyos términos se denominan «gastos relativos» son iguales entre sí e iguales a la unidad.

Así como en el almacenamiento mensual se eligió la unidad «día» de almacenamiento, ahora se elige como unidad, la variación Standard de los gastos anuales.

Como lo vimos en la primera parte la Variación Standard es uno de los conceptos introducidos por Hazen y su equivalente en la teoría de los errores es el error medio. Para calcular la Variación Standard de los gastos se determinan las diferencias respecto del gasto medio, de cada uno de los gastos anuales, estas diferencias equivalentes a los residuos en la teoría de los errores de observación se denominan variaciones; entonces, la Variación Standard se determina por la fórmula:

$$\text{Variación Standard} = \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}$$

en que v es la variación de cualquier término y n el número de ellos.

Se forman pues, para cada río, cuadros como el siguiente del río Hurtado.

RÍO HURTADO

Gastos relativos	Diferencias o variaciones respecto del promedio	Cuadrado
0.53	0,47	0,22
0.57	0,43	0.18
2.46	1,46	2,13
2.55	1,55	2,40
0.35	0,65	0,42
0.30	0,70	0,49
0.66	0,34	0,12
0.94	0,06	0,004
0.63	0,37	0,14
Suma. 8.99		6,10
Promedio = 1,00		

De aquí resulta que V. S. = $\sqrt{\frac{6.10}{8}} = 0.87$ porque n = 9.

Como vimos también Hazen introduce además un coeficiente que caracteriza el grado de variabilidad de los ríos porque es igual a la variación Standard de los gastos del río dividida por su gasto medio La fórmula es:

$$\text{C. V.} = \text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Variación Standard}}{\text{Gasto medio.}}$$

Como se comprende con los gastos que se usan en esta parte del método el coeficiente de variación y la variación Standard son iguales.

La introducción del año que impropiamente hemos llamado agronómico o agrícola, pero que expresa bajo este nombre la idea de abarcar el año calendario, sin considerar los meses en que no se riega, nos obliga en esta parte a practicar una modificación en el sistema, para considerar los gastos de estos meses.

Para tomar en cuenta esos gastos que son generalmente los de invierno hemos hecho la suposición de que los gastos acumulados del invierno se distribuyen en los meses en que se riega, de una manera uniforme y determinamos enseguida unos nuevos gastos relativos que son con los cuales calculamos los almacenamientos requeridos para las distintas tasas. Así por ejemplo en el cuadro N.° 13 tenemos que las columnas siguientes significan:

1. Gastos medios anuales del año de riego (véase cuadro N.° 2).

2.ª Gastos relativos del año de riego.

3.ª Gastos acumulados de los meses de Mayo, Junio y Julio que se pueden calcular del cuadro N.° 1 dividiendo los valores correspondientes por 2 para reducirlos a la unidad de Hoya Hidrográfica, en este caso del río Hurtado por tener este 2 000 Kmts2 de Hoya Hidrográfica.

4.ª Valor que corresponde a un mes del año de riego, del valor de la columna 3.

5.ª Gasto que se supone que excurre en los meses de riego y que es la suma de las columnas 1 y 4, o sea, que se distribuye en los meses de riego, el gasto de los meses en que no se riega.

6.ª Gastos relativos corregidos y referidos al gasto medio del año de riego

Preparados en la forma ante dicha, los gastos de los ríos, se ordenan las estadísticas unas al lado de las otras según sus respectivos coeficientes de variación, poniendo las de menores coeficientes al principio de la serie. Esta serie artificial de gastos así formada se considera como un río único. La razón es muy sencilla: todos los trozos, podríamos decir, de que se compone el río tienen un mismo gasto medio (la unidad). Las variaciones de este gasto son variaciones naturales que tanto pudieran ocurrir en un río como en otro, La objeción de los ciclos que se le hace a esta forma de tratar los ríos no resiste el menor examen porque tales ciclos no son sino convenciones que aceptamos para otros órdenes de cosas, pero no para establecer las variaciones probables que pueden ocurrir de un año para otro, ni al determinar los almacenamientos probables.

Respecto de la unidad de almacenamiento, se elige como tal la variación standard de los gastos de cada río.

Cuadro N.° 13

RIO HURTADO

DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS RELATIVOS PARA CALCULAR LOS ALMACENAMIENTOS REQUERIDOS POR LAS FLUCTUACIONES ANUALES

Gastos medios anuales	Gastos relativos del año de riego	Gasto acumulado de los meses en que no se riega	Valor que se le atribuye a cada mes del año de riego	Suma	Gastos relativos corregidos
2.29	0.53	7.83	0.81	3.10	0.72
10.59	2.46	32.82	3.65	14.24	3.31
10.95	2.55	19.05	2.12	13.07	3.04
2.46	0.57	6.85	0.76	3.22	0.75
1.61	0.35	5.05	0.56	2.07	0.48
1.29	0.30	4.20	0.47	1.76	0.40
2.84	0.66	3.05	0.34	3.18	0.74
4.05	0.94	10.50	0.12	4.17	0.97
2.70	0.63	8.94	0.99	3.69	0.85
Promedios 4.30	1.—				

debido a que, dado un sistema de variaciones, ésta no varía, aunque varía el gasto medio. Es muy fácil demostrar esto y cada cual puede hacerlo dándose una curva de variación anual de un río; digamos unos 7 valores anuales del gasto. Calcúlese la variación standard y después prolónguese hacia abajo todas las ordenadas a las cuales, por supuesto, se les ha atribuído diversos valores. Esto es como si hiciéramos una traslación paralela del eje de las x en una cantidad dada cualquiera, digamos 10 por ejemplo; la curva de variaciones se conserva la misma pero los gastos han cambiado; son ahora, todos mayores en 10 unidades. Sin embargo, la Variación Standard no varía, no así el coeficiente de variación que cambia, pues, por definición éste es la razón entre la variación standard y el gasto medio.

De aquí que la tasa se ponga también en función de la variación standard, haciéndola igual al gasto medio menos 0,2, 0,4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 de la variación standard.

La ecuación es: Tasa = gasto medio—K Variación Standard. Y como en el caso de los gastos relativos cuyo promedio es 1 la variación standard es igual al coeficiente de variación, se puede poner Tasa = 1—KC. Luego, para hacer variar la tasa se hace variar el valor de K.

Así, pues, la tasa y la unidad de almacenamiento se calculan separadamente pa-

ra cada río y con ellas se examinan los términos de la serie que se forma con los gastos derivados de las estadísticas de los ríos.

El almacenamiento requerido, es decir, la depresión calculada de un embalse infinito que se considera que existe al comienzo, se establece para el fin de cada año, restando la tasa de los gastos establecidos y anotando que se requiere un almacenamiento igual a cero cuando el gasto del río es mayor que la depresión del año que se está considerando, o sea que el embalse infinito se ha llenado.

Para considerar nosotros el caso del regadío, en el cuadro 14, he agregado unas 2 columnas a la única de gastos que debería haber y que son, las de los gastos corregidos como se explicó más adelante y la diferencia entre ambos gastos. Computado el almacenamiento requerido dentro del año de riego (6.ª columna) para la tasa 1-0,2c, para pasar al año siguiente le restamos a ese valor el de la diferencia de los gastos o sea compensamos con el agua del invierno parte del almacenamiento requerido, de modo que el almacenamiento del final de año que debe ser aumentado, disminuído o anulado por el gasto del año siguiente y que en el cuadro 14 hemos llamado saldo compensado del año anterior (columna 7) para la tasa 1-0,2c es disminuído en las diferencias establecidas en la columna 5. Lo que significa que la escasez de unos años se compensa con la abundancia de otros o sea que se usan aguas de años lluviosos para compensar las deficiencias de años secos. Lo mismo se hace para cada una de las tasas. En el cuadro 14 se vé que se han estudiado 7 tasas distintas. Los valores acumulados al final de cada año (columna 8 para la tasa 1-0,2c) se dividen por la variación Standard respectiva para ponerlos en función de la unidad de almacenamiento elegida (columna 9) y en seguida se ordenan de menor a mayor y fijándoles el número de orden se determina su porcentaje de ocurrencia (véase cuadro N.° 15).

Por último, las cifras de este cuadro se llevan en un gráfico Fig. N.° 11, poniendo en ordenadas los almacenamientos y en abcisas los porcentajes de años; determinados como anteriormente por la fórmula $P = \frac{2m-1}{2n}$. Para terminar, del gráfico, Fig. N.° 11 se obtiene el Diagrama Normal de los almacenamientos anuales, llevando en ordenadas los almacenamientos y en abcisas los valores de K (Fig. 12).

Diagramas de la zona sur y de la zona norte con coeficientes de variación mayores que 0.60

Antes de explicar la forma en que se deben utilizar los Diagramas Normales, anotaré aquí que las figuras 13 a 21 son los gráficos correspondientes a la aplicación hecha para los ríos de la Zona Sur de Chile. El río Aconcagua se incluyó en las dos aplicaciones y, en cada caso con curvas de consumo distintas de modo que los Diagramas Particulares de este río aparecen también distintos. También se estudiaron separadamente los Ríos Cogotí, Huasco, Hurtado y Elqui por ser de coeficientes mayores que 0.60. En este caso no varía la parte del almacenamiento mensual y diario cuyo diagrama para la Zona Norte sirve, pero, no así el diagrama Normal del almacenamiento anual, el cual fué trazado especialmente para estos ríos, véanse las Figs. N.° 22 y 23.

VII.—APLICACIÓN DE LOS DIAGRAMAS NORMALES A UN RIO

Los cálculos de los almacenamientos requeridos en definitiva para mantener una tasa dada de gasto a pesar de las fluctuaciones del río se hacen, como es lógico, sumando los almacenamientos mensuales y diarios con los almacenamientos anuales.

1. Determinación de los tipos de años que conviene considerar en el caso del riego

Para resolver un problema de regulación es preciso fijar ciertas condiciones. Entre otras, por ejemplo, hay que fijar la sequía que se quiere suprimir. Para los efectos del riego he sintetizado la cuestión en tres tipos de años: el año medio o 50%, el año 80% y el año 95%.

El año medio se ha fijado para determinar el límite máximo de la tierra que se puede mejorar de riego o regar con las aguas del tranque y que debe pagar las obras. Es cierto que hay 50 años más abundantes en agua que éste; pero es más lógico dejar el financiamiento a cargo de una superficie que se puede regar en el promedio de los años que cargarlo a una superficie que, por ejemplo, va a tener agua para regarse totalmente 1 vez cada cinco años como pasaría si se tomara como base un año 20%, para este efecto.

Se considera enseguida un tipo de año cuya sequía está más o menos de acuerdo con los ciclos meteorológicos de Chile que, en promedio, son de 11 años, en los cuales hay 6 años secos y 5 no secos, es decir, que hay la probabilidad de que más o menos cada 5 años haya un año de sequía especial; este tipo de año queda representado por el año 80% en el que solamente 20 años son más secos que él en 100 años, o sea, que puede producirse una vez cada 5 años.

Y, por último, he considerado el año 95%, es decir el año más seco que se debe considerar en el mejoramiento o regulación de un río porque ir más allá resultaría muy costoso para las tierras que se pretendiera mejorar de riego o regar con las obras.

En efecto, estudiando como se verá más adelante, lo que ocurre en Ovalle en las tierras regadas por el Río Hurtado, se ve que estas disponen actualmente de 8 800 metros cúbicos por Ha. y por año de riego en el año 50% y de 6 200 y 4 500 respectivamente en los otros dos tipos de años. Estas cifras están ya, como veremos, disminuídas en un 12 a 15% por pérdidas por evaporación en el río y en la red de canales.

Si por otra parte y, como ya lo vimos, se necesitan 7 100 m3 por hectárea y por año para regar en buenas condiciones, resulta que si se quiere regularizar el riego actual hasta para el año seco 80% con la dotación prevista por nosotros, se necesitan 900 m3 por hectárea y, si se quiere regularizar el año 95% se necesitan 2 600 m3 por hectárea. Como se ve con esta clasificación de los años se puede precisar, más o menos el agua que se necesita y ver el costo que resulta y demostrar de un modo tangible que mientras más seco es el año que se desea regularizar más costosa resulta la regularización.

Tenemos, pues, que hemos fijado en tres tipos de años los que se deben estudiar para los problemas de riego: años 50, 80 y 95 por ciento. Fijados estos tres tipos

de años se utilizan los diagramas particulares y normales para calcular el volumen del embalse necesario.

2. USO DEL DIAGRAMA NORMAL DE LOS ALMACENAMIENTOS MENSUAL Y DIARIO

La única corrección que es necesario hacer a los resultados del Diagrama Normal de las variaciones diarias y mensuales es la de un valor constante para cada río, que se determina para cada tipo de año.

Este valor constante proviene de haber calculado los almacenamientos del Diagrama Normal a base de 100 días de almacenamiento de la tasa 0,50 del año 50%, introduciendo así un desplazamiento respecto de los valores de cada uno de los ríos; este desplazamiento debería ser constante para todas las tasas de cada uno de los ríos, en cada tipo de año (véase gráficos núm. 22 y 23 Transactions), pero como en realidad no lo es, se toma un promedio de los valores que resultan para cada tasa.

Para determinar este promedio se restan simplemente los almacenamientos del Diagrama Particular del río de los del Diagrama Normal y las diferencias se promedian. El primero de estos diagramas está expresado en millones de metros cúbicos y el segundo en días, hay pues que hacer las reducciones correspondientes y recordar además que uno da solamente los almacenamientos de las variaciones mensuales, y el otro el de las mensuales y de las diarias.

A.—DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE

Por lo expuesto anteriormente, determinamos la constante para los tres tipos de años que vamos a estudiar y para las tasas 0,10 a 0,90.

Así por ejemplo, refiriéndonos siempre al río Hurtado, la tasa 0,90 en el año 50%, cuadro núm. 17 (II) cuyo valor en m3|seg. es 3,87 m3|seg. (puesto que en los diagramas se tiene los valores de los gastos reducidos a 1 000 Kmts2. y al año de riego, cuyo promedio en este caso es 4,30 m3|seg.), necesita según el diagrama particular del río (Fig. núm. 7) 37,5 millones de ms3. Para reducir este almacenamiento a días, lo dividimos por los millones de ms3. que significa un día de la tasa que estamos considerando, esto es, por:

$$\frac{3{,}87 \times 86\,400}{1\,000\,000} = 0{,}334$$

Haciendo la división resultan 112 días. Todavía debemos recordar que el Diagrama Normal nos da junto con el almacenamiento de las variaciones mensuales el de las diarias, sintetizado en 9 días; así pues antes de hacer la diferencia entre los resultados de los dos diagramas agregamos a los almacenamientos en días que nos da el diagrama particular 9 días. Resulta así que la tasa 0,90 requiere según el diagrama particular para salvar las fluctuaciones diarias y mensuales 121 días. Por otra parte, examinando el Diagrama Normal (Fig. N.° 10) vemos que la tasa 0,90 para el año 50% requiere 152 días. Hacemos pues la diferencia entre los resultados de los dos diagramas 152—121 = 31 días y a este valor, que debería ser el mismo para todas

las demás tasas sería el que denominamos constante. Pero sucede que por las condiciones naturales de los ríos no resulta constante; entonces llamamos constante al promedio de los resultados obtenidos para las 9 tasas. En este caso ese promedio es 30,7, valor que redondeamos a 31.

De igual manera procedemos para la constante de los otros dos tipos de años, cuadros N.° 18 (II) y 19 (II).

B.—DETERMINACIÓN DEL ALMACENAMIENTO REQUERIDO

Entramos ahora al cálculo del almacenamiento efectivo mensual. Desde ahora las tasas toman su verdadero valor porque lo que se trata de regularizar es el río total, de modo que la tasa 0,90 se refiere al total del gasto del río con su hoya hidrográfica completa. El total del gasto del río del año de riego es de 8,60 m3|seg. de modo que la tasa 0,90 significa ahora 7,74 m3|seg. (Todos estos cálculos se pueden ir siguiendo en el cuadro N.° 17, en el cual las 3 primeras columnas son las tasas puestas en tres formas distintas)

En la primera columna de este cuadro correspondiente a los almacenamientos requeridos aparecen otra vez los valores dados por el diagrama normal en días; en la segunda estos mismos valores a los cuales se les ha restado el valor de la constante y en la tercera columna están los días reducidos a millones de metros cúbicos, para lo cual previamente hemos determinado lo que significa un día de la tasa 7,74 m3|seg, por ejemplo:

$$\frac{7{,}74 \times 86\,400}{1\,000\,000} = 0{,}668 \text{ millones de m3.}$$

3. USO DEL DIAGRAMA NORMAL DEL ALMACENAMIENTO ANUAL

Como vimos al tratar de la formación de este Diagrama Normal (Fig. N.° 12) los almacenamientos están expresados en función de la variación Standard de los gastos medios anuales del año de riego de cada río.

Por definición tenemos que

$$V.\ S. = G. \times C.$$

esto es que la variación Standard es igual al coeficiente de variación multiplicado por el gasto medio, pero como en nuestros cálculos hemos empleado los «gastos relativos» en cuyo caso G = 1 y, por tanto, V. S. = C, debemos para tener el valor del almacenamiento anual requerido por el río completo multiplicar el valor de C por el valor del gasto medio anual del año de riego para 1 000 Kmts2 y, enseguida por el valor de la superficie de la hoya, expresada también en esta unidad, y, por fin, por los segundos del año de riego.

Ahora bien, recordando que en realidad hemos empleado los «gastos relativos corregidos», con el agua de los otros meses del año para calcular el verdadero valor de unidad de almacenamiento elegida empleamos el gasto medio anual del río y los segundos del año calendario, con lo cual los almacenamientos nos resultan un poco mayores que los efectivos pero los cálculos se simplifican. Resulta así que la unidad

Cuadro N.° 17 (II)

DETERMINACION DE LA CONSTANTE DEL AÑO 50%

Unidad de la Hoya Hidrográfica = 1000 Kmts2. Promedio de las diferencias o constantes = 30.7∽31

TASAS		Almacenamiento requerido según el Diagrama Normal. en días	Almacenamiento requerido según el Diagrama Particular del Río, en días y agregados 9 días para considerar las variaciones diarias.	Diferencia entre el Diagrama Normal y el Diagrama Particular, en días.
La p. p. g. m. año de riego	En metros cúbicos por seg.			
0.9	3.87	152	(37.5 : 0.334 = 112 + 9) = 121	31
0.8	3.44	139	(28.2 : 0.297 = 95 + 9) = 104	35
0.7	3.01	126	(23.8 : 0.26 = 87 + 9) = 96	30
0.6	2.58	112	(17.5 : 0.22 = 80 + 9) = 89	23
0.5	2.15	97	(11.5 : 0.185 = 62 + 9) = 76	26
0.4	1.72	83	(6.8 : 0.148 = 46 + 9) = 55	28
0.3	1.29	69	(3.0 : 0.111 = 27 + 9) = 36	33
0.2	0.86	54	(0.4 : 0.074 = 5 + 9) = 14	40

Cuadro N.º 18 (II

DETERMINACION DE LA CONSTANTE DEL AÑO 80%

Unidad de la Hoya Hidrográfica = 1000 Kmts. Promedio de las diferencias o constantes = 48

TASAS		Almacenamiento requerido según el Diagrama Normal, en días	Almacenamiento requerido según el Diagrama Particular del Río, en días y agregados 9 días para considerar las variaciones diarias.	Diferencia entre el Diagrama Normal y el Diagrama Particular, en días.
La p. p. g. m. año de riego	En metros3 por seg.			
0.9.....	3.87	206	(50.— : 0.334 = 150 + 9) = 149	47
0.8.....	3.44	191	(41.6 : 0.297 = 140 + 9) = 149	42
0.7.....	3.01	180	(33.6 : 0.28 = 129 + 9) = 138	42
0.6.....	2.58	166	(25.2 : 0.32 = 114 + 9) = 123	42
0.5.....	2.15	150	(17.6 : 0.155 = 95 + 9) = 104	46
0.4.....	1.72	132	(10.95 : 0.148 = 74 + 9) = 83	49
0.3.....	1.29	112	(4.95 : 0.111 = 45 + 9) = 54	58
0.1.....	0.86	87	(1.45 : 0.074 = 20 + 9) = 58	58

Cuadro N.º 19 (11)

DETERMINACION DE LA CONSTANTE DEL AÑO 95%

Unidad de la Hoya Hidrográfica = 1000 -mts2.—Promedios de las Diferencias o Constantes = 69.6 70

TASAS		Almacenamiento requerido según el Diagrama Normal, en días	Almacenamiento requerido según el Diagrama Particular del Río. en días y agregados 9 días para considerara las variaciones diarias.	Diferencia entre el Diagrama Normal y el Diagrama Particular, en días.
La p. p. g. m año de riego	En metros3 por seg.			
0.90	3.87	266	(64.0 : 0.334 = 192 + 9) = 201	65
0.80	3.44	255	(54.2 : 0.297 = 187 + 9) = 196	59
0.70	3.01	242	(44.4 : 0.26 = 171 + 9) = 180	62
0.60	2.58	226	(33.9 : 0.22 = 154 + 9) = 163	63
0.50	2.15	208	(24.25 : 0.185 = 130 + 9) = 139	69
0.40	1.72	134	(15.30 : 0.148 = 104 + 9) = 113	71
0.30	1.29	158	(7.00 : 0.111 = 63 + 9) = 72	86
0.20	0.86	126	(2.60 : 0.074 = 35 + 9) = 44	82

Uuadro N.° 17

EMBALSE DE RECOLETA

Río HURTADO)

Superficie de la Hoya Hidrográfica = 2000 Kmts.²
Coeficiente de Variación = C = 0.87
Variación Standard Anual = 8.37 × 0.87 × 31.5 = vs = 227 mills. de m3.

Gasto Medio del Año Calendario G = 8.37
Gasto Medio del Año de Riego con Hoya de 1000 Kmts.2 = 4.30 m3|seg.

AÑO 50 %

TASAS				ALMACENAMIENTO REQUERIDOS					
				Por las Fluctuaciones Mensuales Diarias			Por las fluctuaciones anuales		Totales
En proporción del gasto medio	En función de C.	En metros cúbicos por segundo	En millones de metros cúbicos.	Diagrama Normal, en días	Diagrama Normal menos constante en días.	Id. anterior, en millones d metros cúbicos	Diagrama Normal en V.S.A.	Id. anter ior, en millones de metrós cúcos	En millones de metros cúbicos
0.90.....	1—0.115 C	7.740	203.2	152	121	80.8	Indeter.	Indeter.	Indeter.
0.80.....	1—0.230 C	6.880	180.7	139	108	64.1	0.28	63	127.1
0.70.....	1—0.345 C	6.020	158.1	126	95	49.4	0.08	18	67.4
0.60.....	1—0.460 C	5.160	135.5	112	81	35.6	0.00	0	35.6
0.50.....	1—0.575 C	4.300	112.9	97	66	24.4	0.0	0	24.4
0.40.....	1—0.690 C	3.440	90.3	83	52	15.4	0.0	0	15.4
0.30.....	1—0.805 C	2.580	67.7	69	38	8.4	0.0	0	8.4
0.20.....	1—0.920 C	1.720	45.2	54	23	3.4	0.0	0	3.4
0.10.....	1—0.032 C	0.860	22.6	35	4	0.3	0.0	0	0.3

Cuadro N.° 18

EMBALSE DE RECOLETA

(Río Hurtado)

Superficie de la Hoya Hidrográfica = 2000 Kmts2.
Coeficiente de Variación = C = 0.87.
Variación Standard Anual = 8.37 × 0.87 × 31,5 = 227 mills. de m3.

Gasto Medio del Año Calendario = G = 8.37 m3|seg.
Gasto medio del Año de Riego con Hoya de 1000 Kmts.2 = 4.30 m3|seg.

Año 80 %

TASAS				ALMACENAMIENTO REQUERIDOS					Totales
				Por las fluctuaciones mensuales diarias			Por las fluctuaciones anuales		
En proporción del gasto medio	En función de C	En m3. por seg.	En millones de m3.	Diagrama Normal en días	Diagrama Normal menos constante en días	Id. anterior en millones de m.3	Diagrama Normal en V. S. A.	Id. anterior en millones de m3	En millones de m3.
0.90.....	1—0.115 C	7.740	203.2	206	158	105.5	Indeter.	Indeter.	Indeter.
0.80.....	1—0.230 C	6.880	180.5	191	143	84.9	1.04	236	320.9
0.70.....	1—0.345 C	6.020	158.1	180	132	68.6	0.50	159	227.6
0.60.....	1—0.460 C	5.160	135.5	166	118	52.0	0.70	114	166.0
0.50.....	1—0.575 C	4.300	112.9	150	102	37.7	0.32	72	109.7
0.40.....	1—0.690 C	3.440	90.3	132	84	24.9	0.15	34	58.9
0.30.....	1—0.805 C	2.580	67.7	112	64	14.2	0.02	4	18.2
0.20.....	1—0.902 C	1.720	45.2	87	39	5.8	0.—	0.—	5.8
0.10.....	1—0.032 C	0.860	22.6	60	12	0.9	0.—	0.—	0.9

Cuadro N.° 19

EMBALSE DE RECOLETA

(Río Hurtado)

Superficie de la Hoya Hidrográfica = 2000 Kmts2.
Coeficiente de Variación = C = 0.87.
Variación Standard anual = 8.37 × 0.87 × 315 = 227 mills de m3.

Gasto Medio del Año Calendario = g = 8 37 m3.|seg.
Gasto Medio del Año de Riego con Hoya de 1000 Kmts2 = 4.30 m3|seg.

Año 95 %

En proporción del gasto medio	TASAS			ALMACENAMIENTOS REQUERIDOS					Totales en millones de metros cúbicos
				Por las fluctuaciones mensuales diarias			Por las fluctuaciones anuales		
	En función de C.	En m3. por seg.	En millones de m3	Diagrama Normal de días	Diagrama Normal menos constante en días	Id. anterior en millones de metros cúbicos	Diagrama Normal en V. S. A.	Id. anterior en millones de metros cúbicos	
0.90.....	1—0.115 C	7.740	203.2	267	197	133	Indeter.	Indeter.	Indeter.
0.80.....	1—0.230 C	6.880	180.7	255	185	110	1.67	375	485
0.70.....	1—0.345 C	6.020	158.1	241	171	89	1.26	286	375
0.60.....	1—0.460 C	5.160	135.5	227	157	69	0.94	213	282
0.50.....	1—0.575 C	4.300	112.9	209	139	51	0.70	159	210
0.40.....	1—0.690 C	3.440	90.3	185	115	34	0.51	116	150
0.30.....	1—0.805 C	2.580	67.7	158	88	20	0.33	75	95
0.20.....	1—0.902 C	1.720	45.2	126	56	8	0.20	45	53
0.10.....	1—0.032 C	0.860	22.6	82	12	1	0.05	11	12

de los almacenamientos anuales del río Hurtado es $31,5 \times 8,37 \times 0.87 = 227$ millones de m3.

Por otra parte, el Diagrama da los almacenamientos en función de K. Estos valores se obtienen para cada tasa de la ecuación.

$$\text{Tasa} = 1 - K \times V. \quad S. = 1 - K \times C$$

de modo que si se trata por ejemplo de la tasa 0.90 del gasto del río Hurtado se tiene:

$$0.90 = 1 - K \times 0.87$$

de donde resulta $K = 0,115$.

Los valores de K correspondientes a las distintas tasas se pueden ver en la segunda columna de los cuadros números 17, 18 y 19 y los valores extraídos del Diagrama Normal (Fig. 12) están en la 4.ª columna, correspondientes a los almacenamientos de esos mismos cuadros.

4. ESTUDIO DE LOS ALMACENAMIENTOS OBTENIDOS

Para terminar los cálculos de los almacenamientos requeridos se suman los resultados obtenidos para los almacenamientos mensuales y diario y para el almacenamiento anual. Esta suma se encuentra en la última columna de los cuadros antes citados.

A.—VOLUMEN QUE SE DEBE ATRIBUIR A LOS DERECHOS ACTUALES DEL RÍO

Hecho los cálculos para el río Hurtado los resultados son los siguientes en los tres tipos de años estudiados:

Tasa en función del gasto medio, del año de riego	Almacenamientos requeridos en millones de m³ para poder disponer de las tasas que se indican		
	Año 50%	Año 80%	Año 95%
0.90	127	321	484
0.80	67	227	376
0.70	36	167	369
0.60	24	110	211
0.50	15	59	149
0.40	8	18	94
0.20	3	6	53
0.10	0	1	12

Estos almacenamientos significan que para poder disponer de tal o cual tasa en los tipos de años que se indican se requiere en el río el almacenamiento correspondiente; así por ejemplo, para poder disponer de la tasa media 0.90 del gasto del año de riego del Hurtado cuyo volumen significa en el año de riego:

$0.90 \times 8.60 \times 2.68 \times 9 = 207$ millones de m3, se requiere un tranque cuya capacidad es de 127 millones de m3, si este volumen se quiere tener en el promedio de los años; de 321 millones, si en un año seco 80% y de 484 millones de m3 si se desea tener hasta en un año 95%.

Naturalmente que estos almacenamientos tienen sus límites, en primer lugar, en la descarga anual del río y según la cual no es lógico construir tranques que no han de llenarse nunca; también la tienen en muchas ocasiones en la capacidad de las hoyadas o pantanos posibles de construir.

Se deduce que, el volumen de que se dispone en el río sin tranque, pero en forma util para el riego, desde que estos volúmenes han sido determinados bajo esta condición, es en el año 50% el que corresponde a la tasa determinada por el almacenamiento 0 y lo mismo para los otros tipos de año.

Con el objeto de poder precisar estos valores se construye un gráfico, tal como el de la figura N.° 24 en el cual se estudian los extremos de las curvas de almacenamiento, para fijar lo más exactamente posible el valor en que estos cortan el eje en que se dan los porcentajes del gasto.

Los valores que se deducen de este gráfico son los siguientes:

Año 50%	0.14 del gasto medio = 1.204 m3|seg.
Año 80%	0.10 del gasto medio = 0.860 m3|seg.
Año 95%	0.075 del gasto medio = 0,645 m3|seg.

Lo que significa en millones de m3 en el año de riego de 9 meses, o sea, de 24,1 millones de segundos:

Año 50%	29,0 millones de m3
Año 80%	20,7 millones de m3
Año 95%	15,6 millones de m3

Para hacer ver de un modo tangible que estas cifras están de acuerdo con la realidad nos basta determinar a base de ellas las tasas de riego de la superficie que se riega con estas aguas, y que como puede verse en la Memoria del Embalse alcanza a 2 886 Has.

Resultan las siguientes tasas de riego a las cuales se les ha descontado 12, 13 y 15% según el tipo de año para pérdida por evaporación tanto en el río como en la red de canales:

Año 50%	8 800 m3|Ha.
Año 80%	6 200 m3|Ha.
Año 95%	4 500 m3|Ha.

Estas cifras han sido aceptadas por los agricultores, al tratar con ellos los actuales derechos. De aquí que, como lo adelanté al tratar de los tipos de años que conviene estudiar, si nosotros hemos determinado por medio de los estudios agronómicos que se necesitan 7 100 m3|Ha. y por año de dotación neta, esta superficie actualmente regada necesita mejorarse en los años secos 80% y 95% a razón de 900 y 2 600 m3|año| Ha., respectivamente.

B.—ELECCIÓN DEL TRANQUE MÁS CONVENIENTE

Para elegir el tranque más conveniente se procede por tanteos, se determina, por ejemplo, el agua que produce un tranque de 100 millones interpolando entre las cifras de los Cuadros N.° 17, 18 y 19 o leyéndolo en el gráfico de la fig. 24, este tranque da:

Tipos de años	% del gasto que regulariza	Gasto en m³/ seg.	Volumen total regularizado por el tranque en millones de m³/ año
50%	77%	6,623	160,0
80%	50%	4,300	103,7
95%	31%	2,666	64,5

Descontando a estas cantidades los volúmenes que hemos atribuído al río, se obtienen los que proporcionará la regulación del río por medio del tranque.

En este caso resultan:

Año 50% ..... 131.0 millones de m^3
Año 80% ..... 83.0 » » »
Año 95% ..... 48.9 » » »

Con estas cifras se calculan a base de una tasa fija de 7 100 y las mismas pérdidas anteriormente establecidas, las hectáreas que podrán ser regadas con el tranque:

Año 50% ..... 16 000 Has.
Año 80% ..... 10 150 Has.
Año 95% ..... 6 000 Has.

El promedio que resulta es de 13 000 Has.

Por otra parte, se hace un ante proyecto del tranque de 100 millones de m3 de capacidad para determinar su costo. Supongamos que este sea de 10 millones de pesos. En tal caso resulta un precio de 752 pesos por hectárea.

Con varios valores así determinados se puede trazar una curva de gasto y enseguida la curva derivada de ésta y buscar en ella el punto determinante del tranque

más económico; pero hay otras razones que se deben atender y casi siempre se presenta el caso de elegir la mejor solución basado en estas otras razones. Supongamos que otro tranque de 70 millones y que da 11 mil quinientas HAS. tenga un costo de 8 millones 500 mil, el costo por HA. sería 740 pesos

Aparentemente debería preferirse el tranque de 70 millones, pero sucede que éste no sólo riega 1 800 HAS. menos que el otro con muy poca diferencia de precio sino que en un año seco de 95% solamente riega 1 500 HAS. en total mientras que, como lo hemos visto, el otro riega 6 000. De aquí que prefiera el tranque de 100 millones.

C.—FIJACIÓN DEL NÚMERO DE ACCIONES EN QUE SE DIVIDIRÁ EL COSTO DEL TRANQUE Y DEL VOLUMEN DE AGUA QUE A CADA UNA LE CORRESPONDERÁ

El número de acciones depende más que de cualquiera otra condición del volumen de agua que se elija para cada acción. Este volumen se puede elegir con varios criterios: el primero sería el de la dotación que puede tener una HA. pero teniendo presente que no solamente se dedicará la obra a regar terrenos nuevos o actualmente de secano, se puede fijar esta dotación igual al volumen que se necesita para mejorar de riego una hectárea en uno cualquiera de los tres tipos de años. También se puede tomar como base el agua que actualmente tiene una HA. regada.

Esta última ha sido la condición que se ha tenido en vista en el caso del tranque de Recoleta en el Río Hurtado. Es preciso saber que entre las bases con que se establecen las Asociaciones está la estipulación de reducir a m3 anuales la dotación de os derechos actuales, tanto permanentes como eventuales. Este trabajo es muy complejo; hoy día estos derechos se especifican en puntos, cuadras, hectáreas minutos, días, centímetros cuadrados de compuertas, pulgadas de altura de agua de las mismas, etc. de aquí que, para facilitar la unificación de todas las unidades y su reducción a m3 anuales se elija en las obras nuevas como dotación de una acción la dotación actual de una HA. regada por el Río principal de la Hoya Hidrográfica.

En el caso del Embalse de Recoleta en el Río Hurtado que se está construyendo para la Asociación del Río Grande o Limarí o sus Afluentes había ya otro tranque estudiado y comprometido con la misma Asociación y que es el de Cogotí.

Cuando se estudió este tranque que podía mejorar el riego de los terrenos regados por el Río Grande se determinó que estos terrenos tienen como dotación 6 400 m3|HA. en el año medio. De aquí que se tomara este número como dotación de una acción de este tranque. De modo que al tratar después el tranque de Recoleta la dotación no podía ser otra.

Por otra parte el año determinante del número de acciones es el 50%; teníamos que el volumen regularizado por el tranque es:

Año 50%	131.0 mill. de m3
Año 80%	83.0 mill. de m3
Año 95%	48.9 mill. de m3

La pérdida por evaporación y filtración en la red de canales se ha estimado en

10% y las del río, compensadas por el agua de la quebrada de Higuerilla, se deduce que el volumen determinante del número de acciones es 131—13 = 118 millones que, repartidos de 7 100 m3 hacen 16 630 acciones.

D.—Formación de las asociaciones

Para la formación de las asociaciones la determinación de los volúmenes de agua que pertenecen a los ríos o actuales regantes y los que pertenecen a las obras nuevas, es indispensable.

El número de directores que representa a cada río, de los que forman la Asociación y a cada obra que ésta va a construír deben estar en proporción de esos volúmenes. Es así que la Asociación del Río Grande o Limarí y sus afluentes tiene 3 directores por el Río Grande, 2 por el Hurtado, 2 por los Ríos Pama y Mostazal y Rapel, 1 por el Guatulame, 2 por el tranque de Cogotí y 3 por el de Recoleta,en total 13 directores.

Diagrama Particular del Rio Aconcagua.

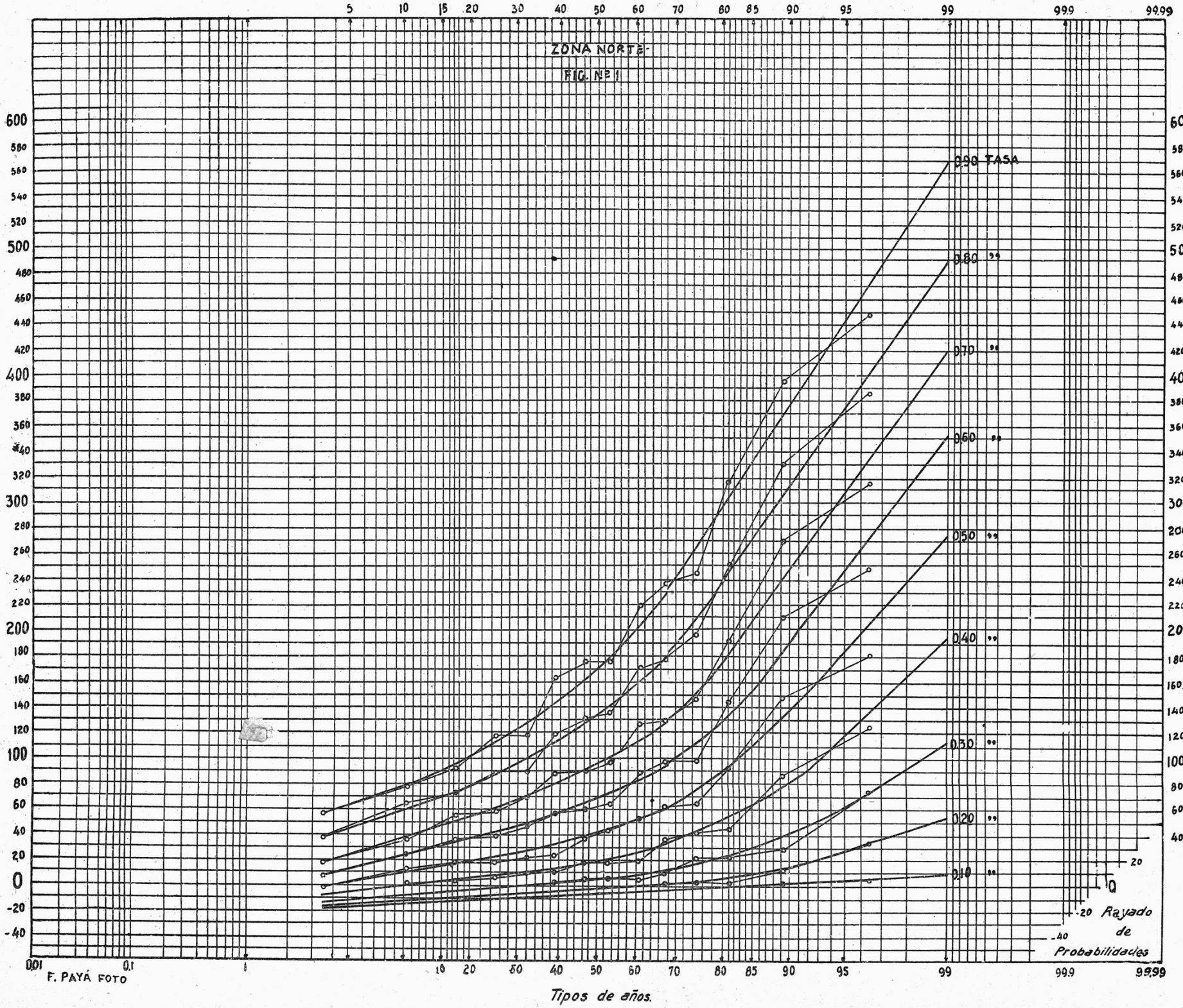


Diagrama Particular del Rio Choapa

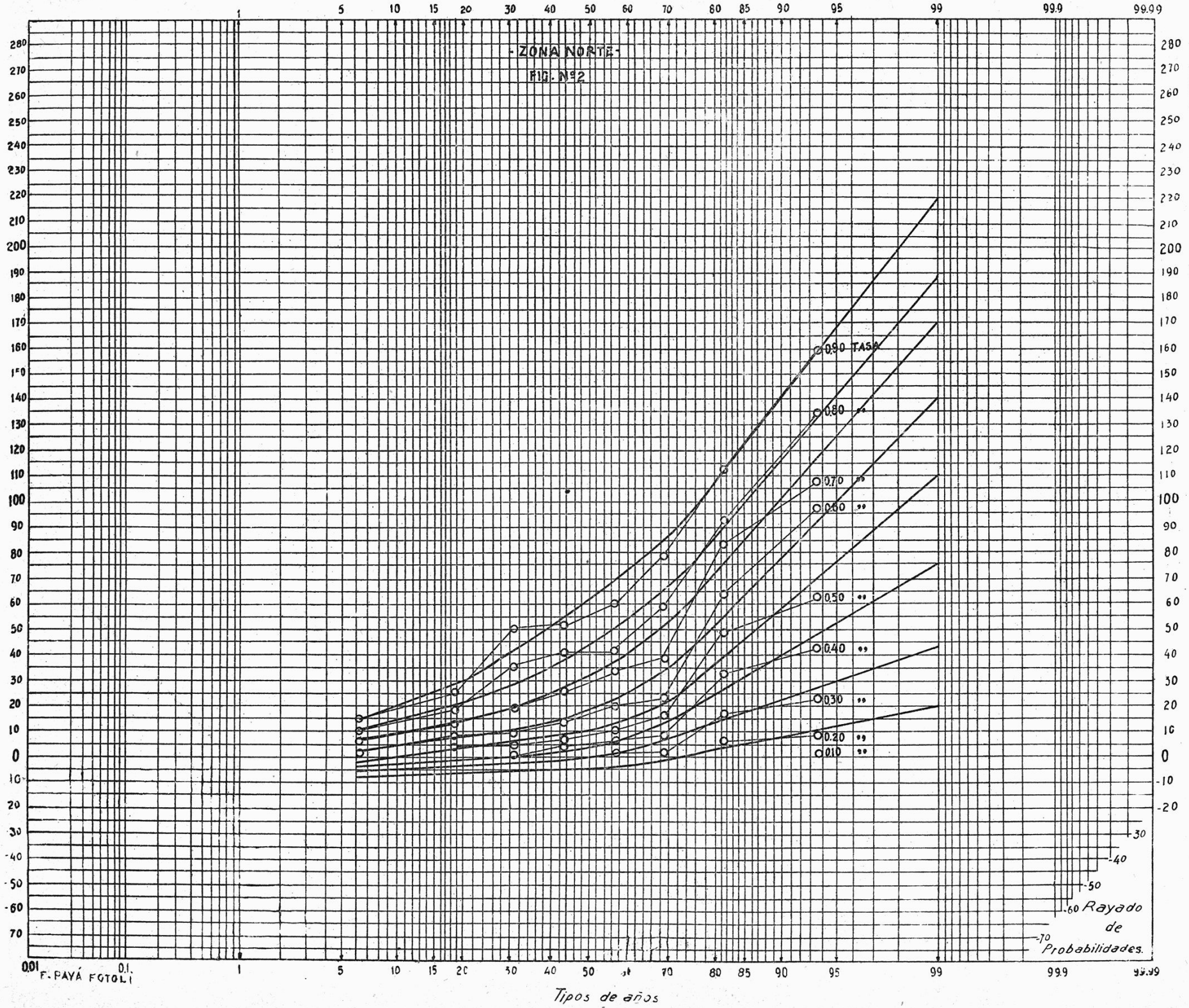


Diagrama Particular del Rio Illapel.

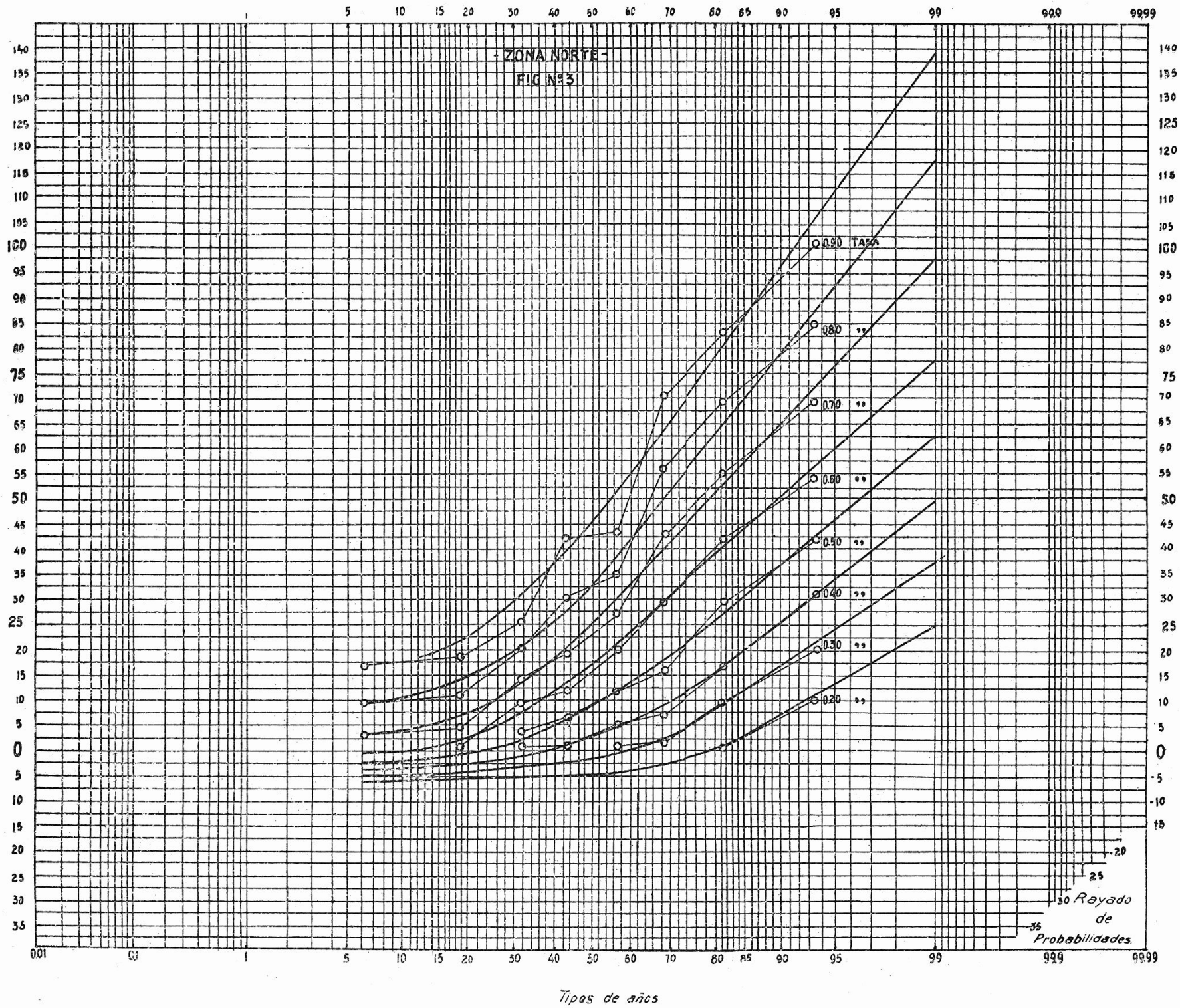
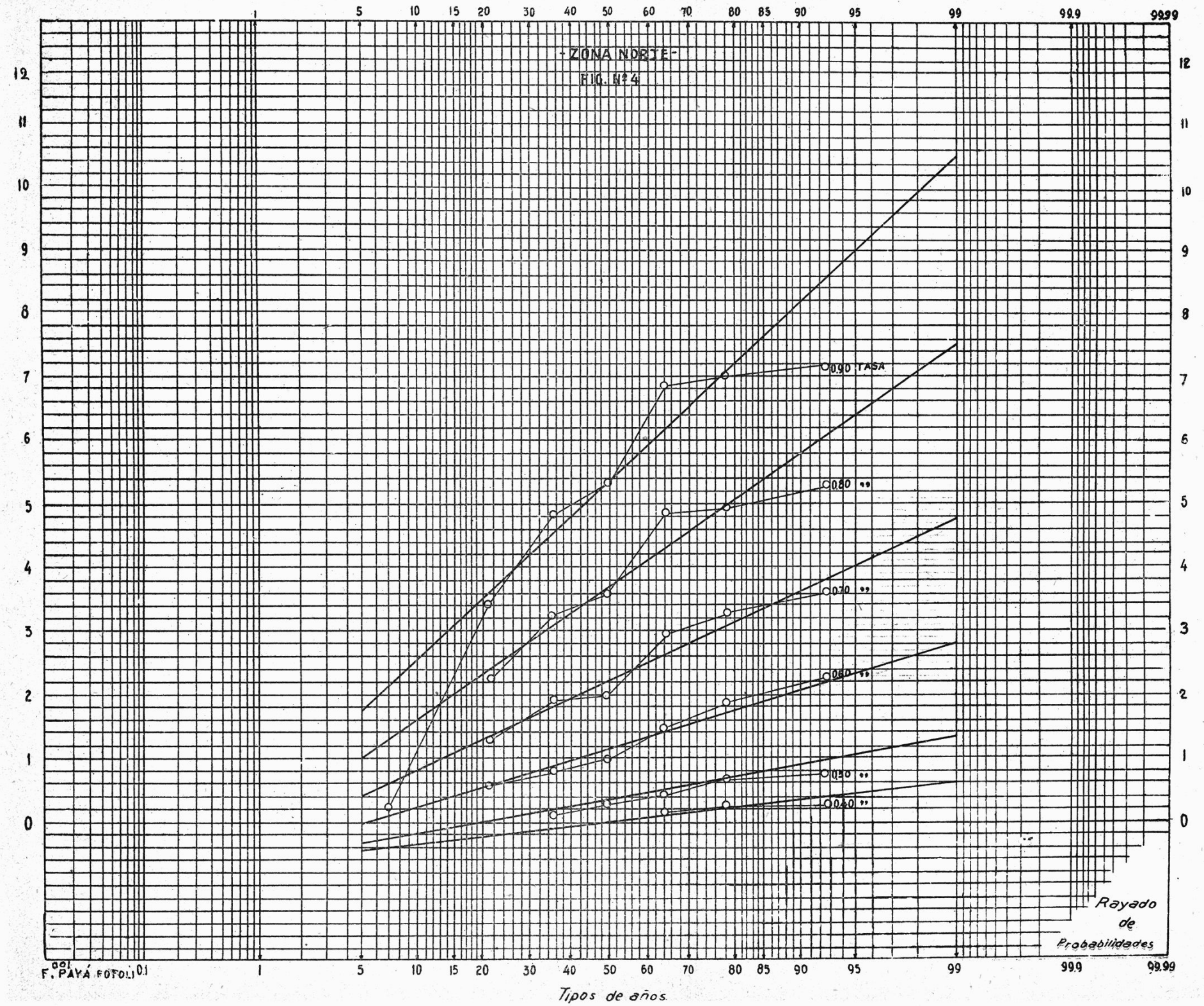


Diagrama Particular del Rio Copiapo.



Tipos de años.

F. PAYÁ FOTOLI

Diagrama Particular del Rio Elqui.

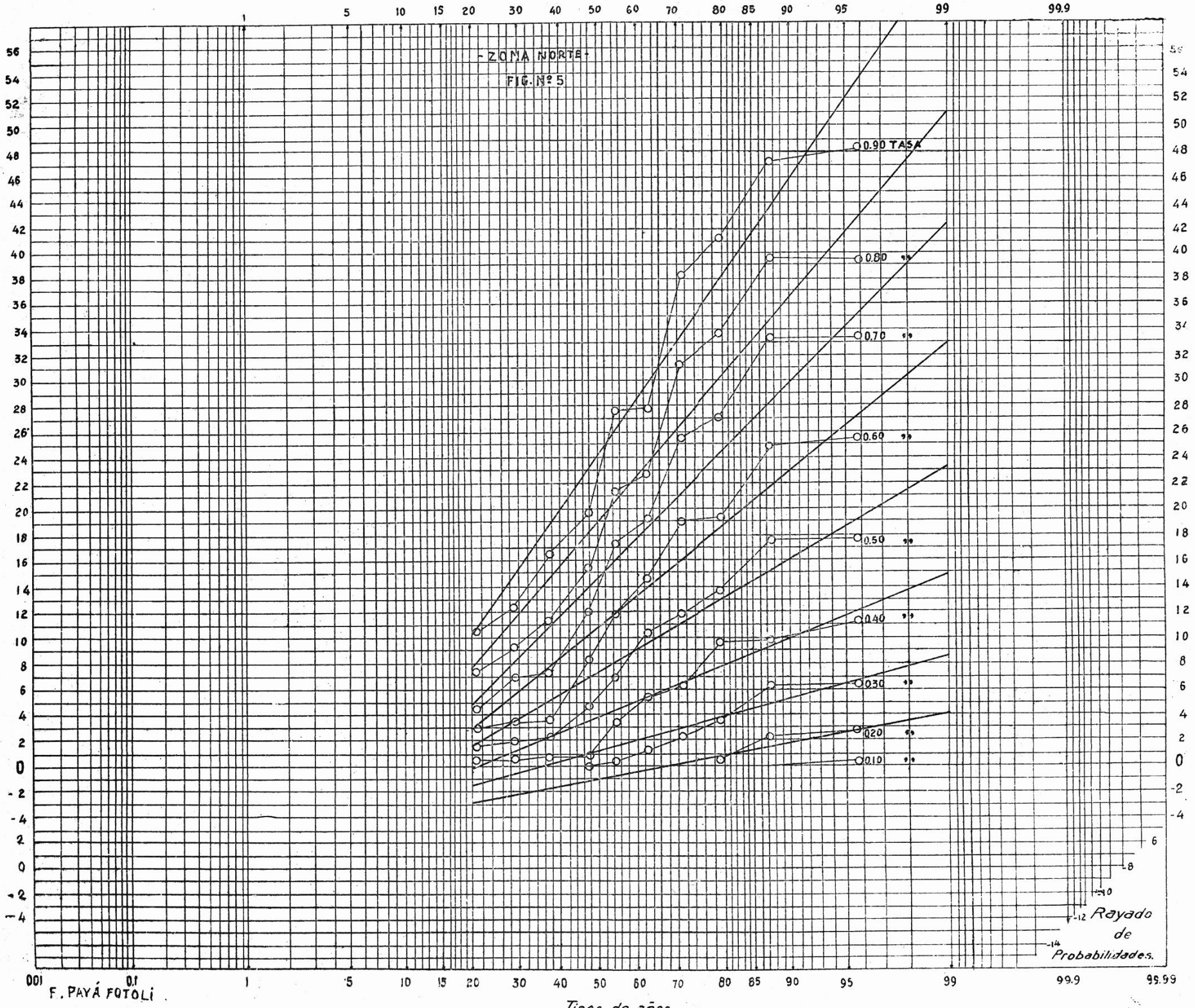


Diagrama Particular del Rio Huasco.

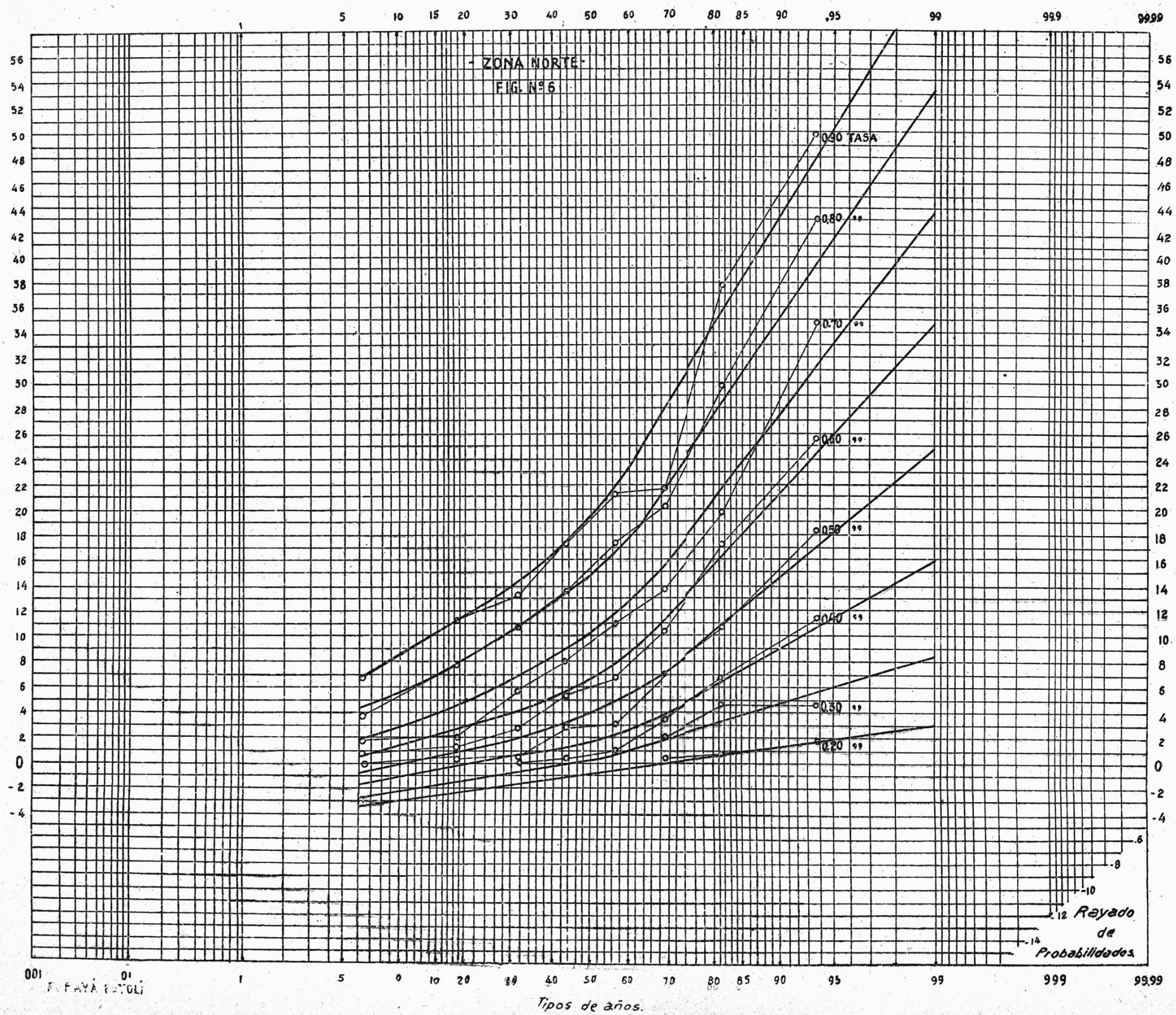


Diagrama Particular del Rio Hurtado

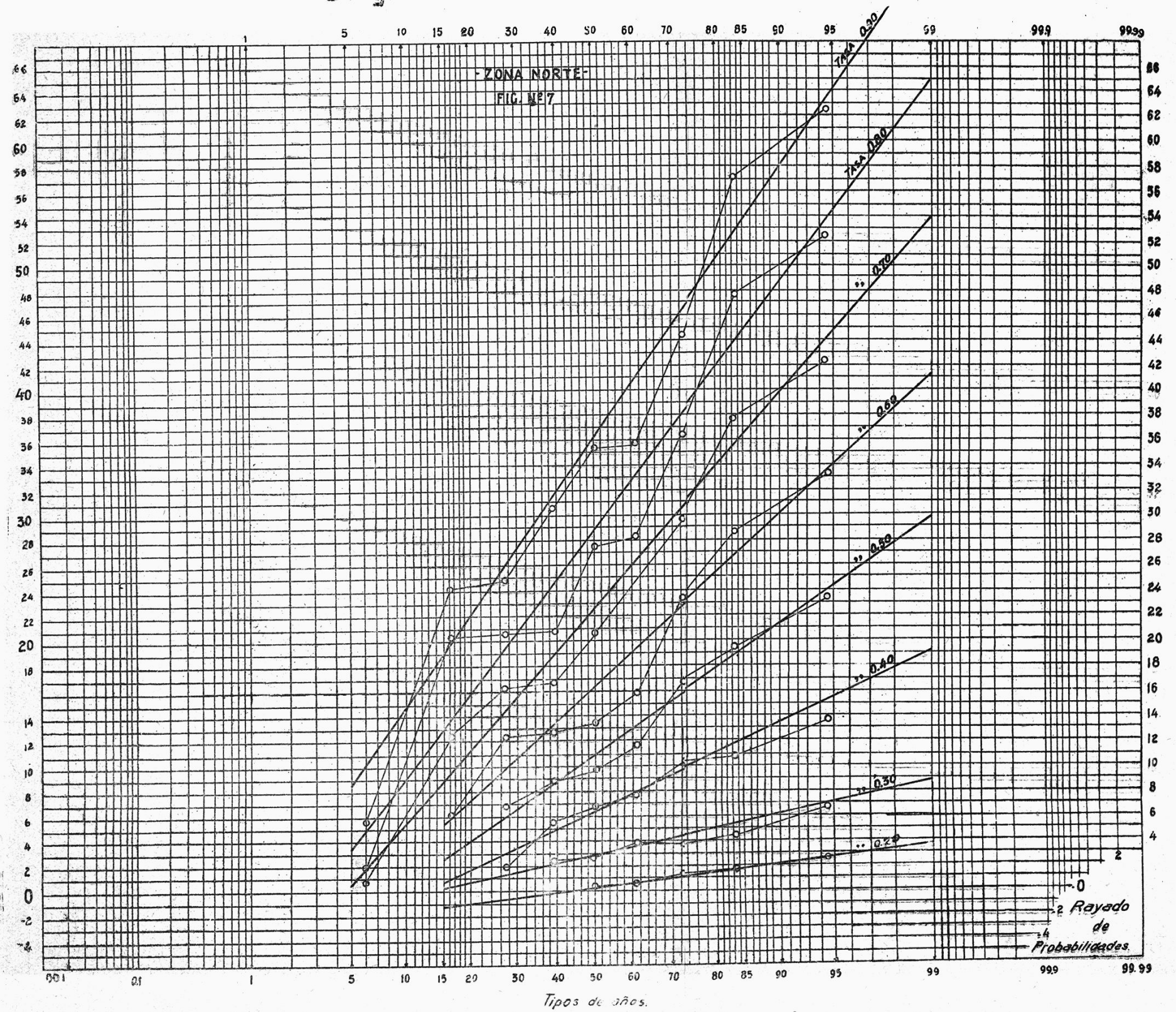
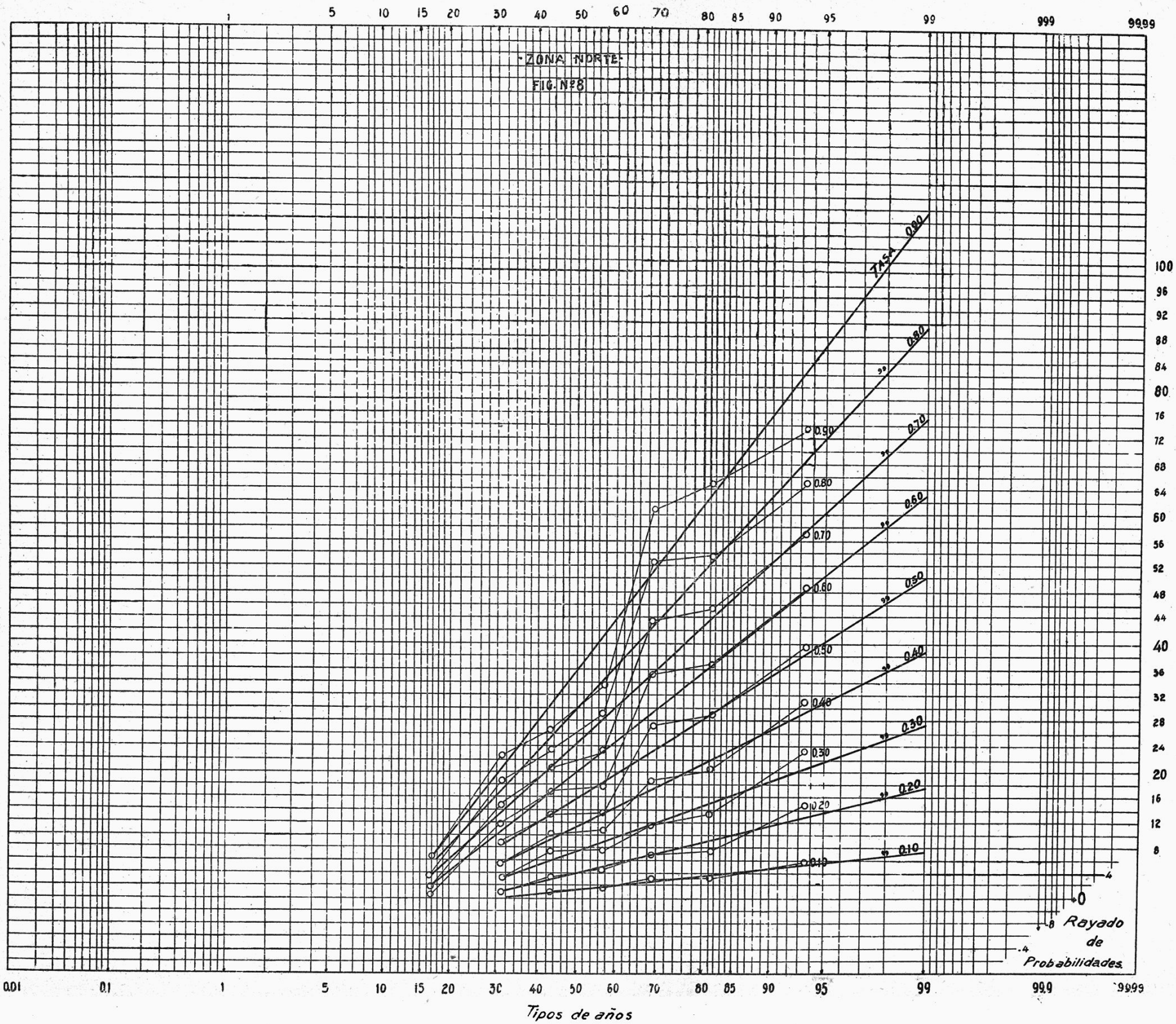
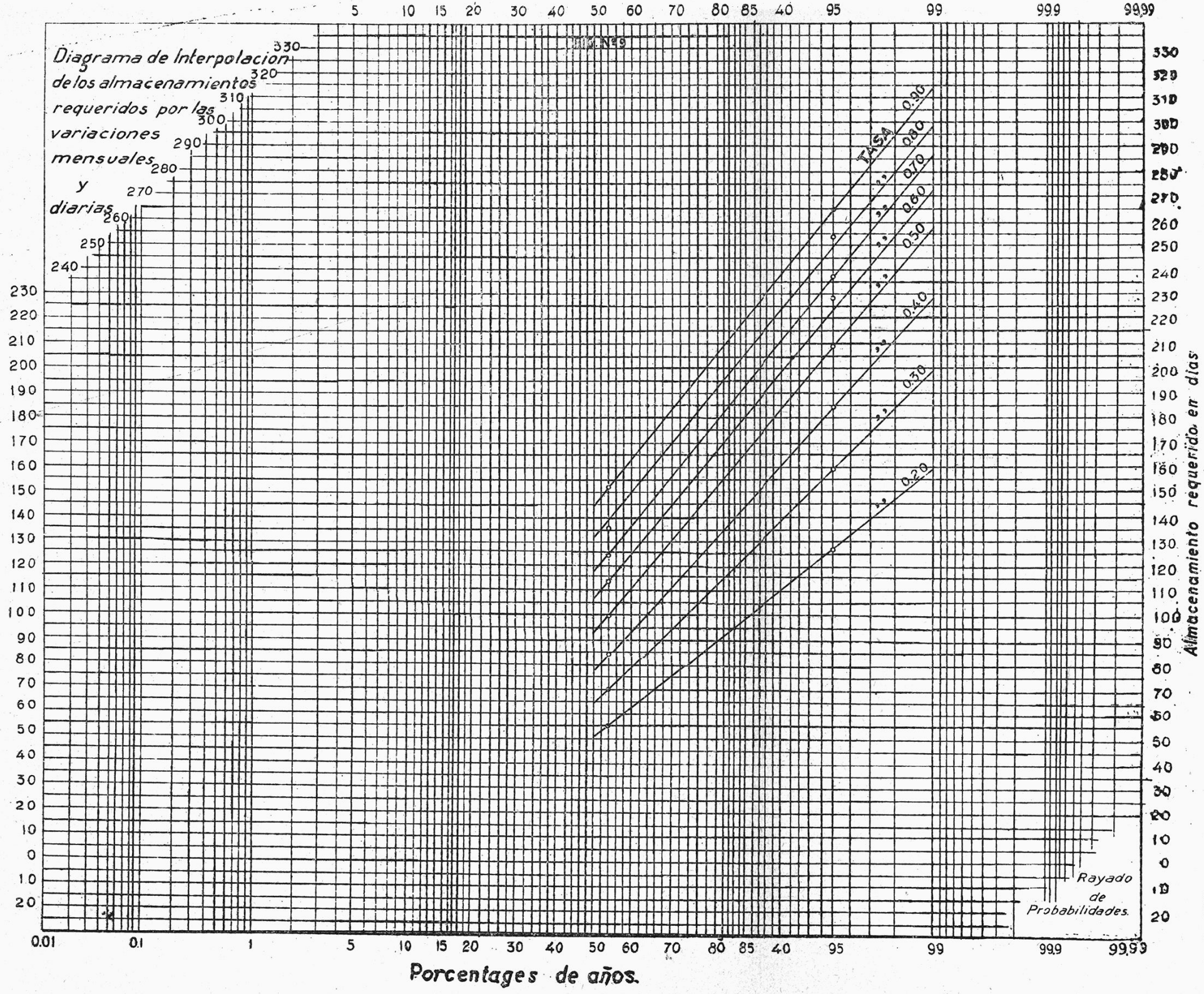


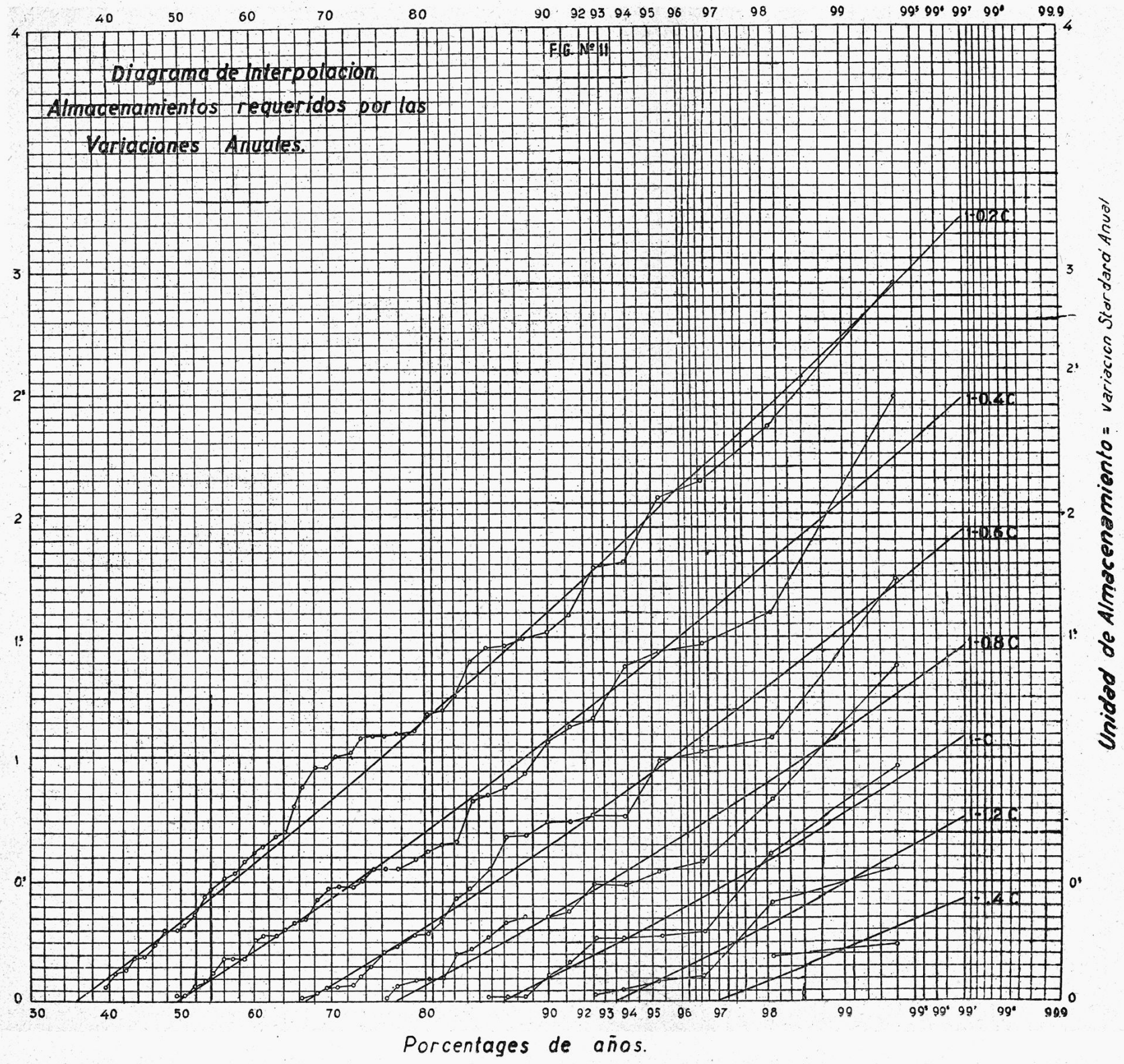
Diagrama Particular del Rio Cogoti.



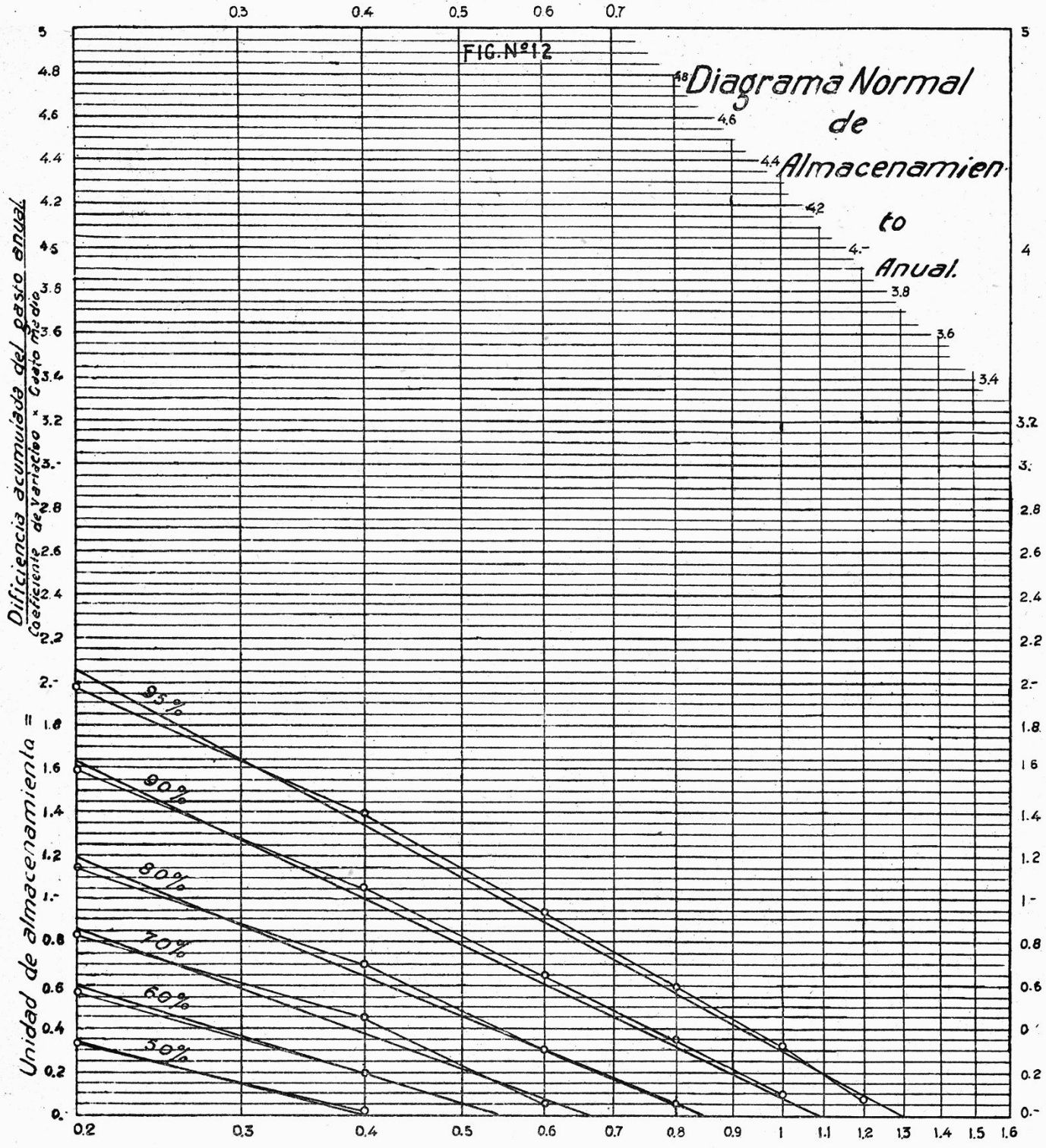
Rio Normal Zona Norte de Chile.



Rio Normal Zona Norte de Chile.



Rio Normal de la Zona Norte de Chile.



Valores de K.

Valores de "K" en (1 K c)

Consumo = (1-K x Coef. de Variacion) = Proporcion del Gasto Medio Usado

Diagrama Particular del Rio Aconcagua.

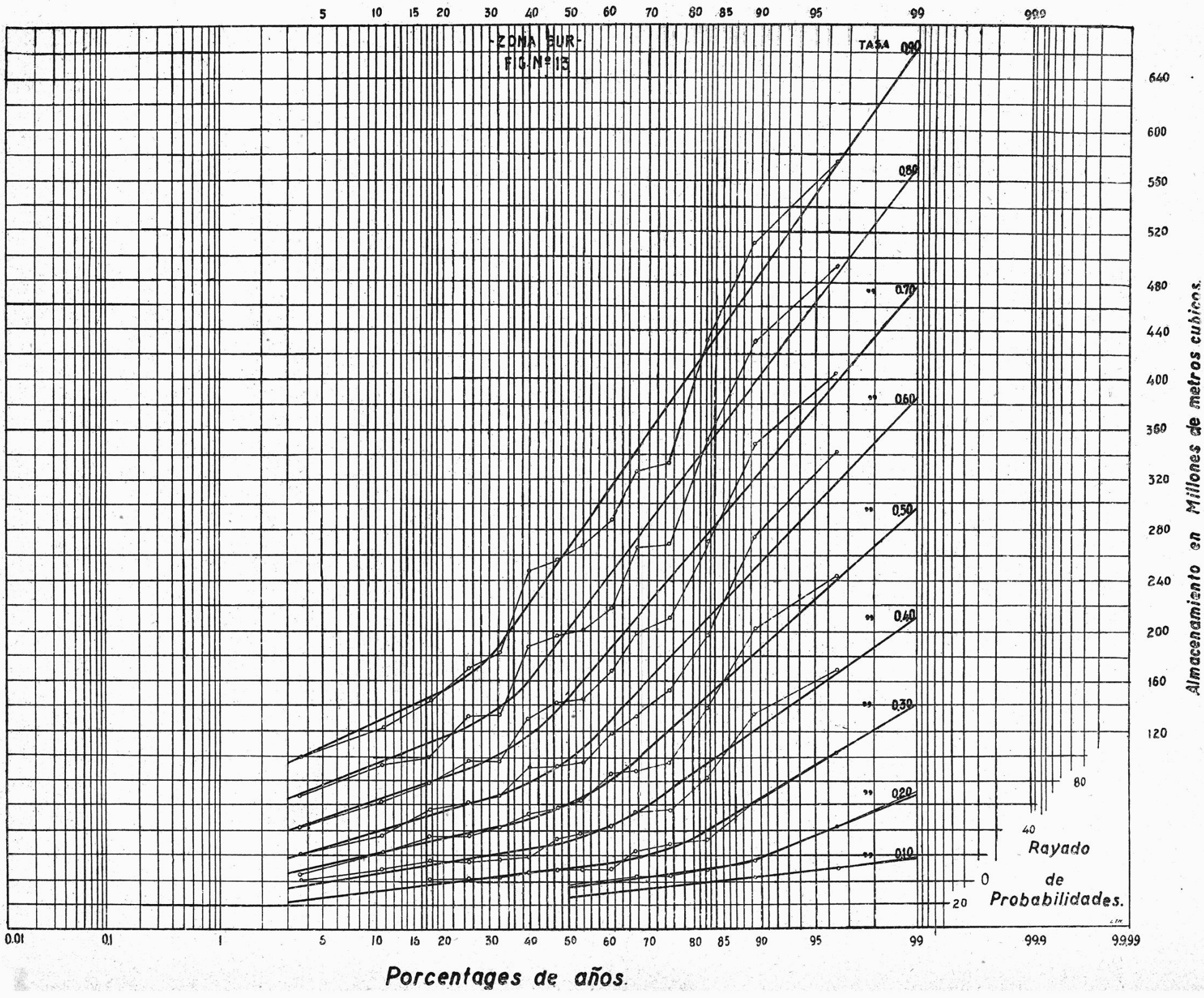


Diagrama Particular del Rio Maipo

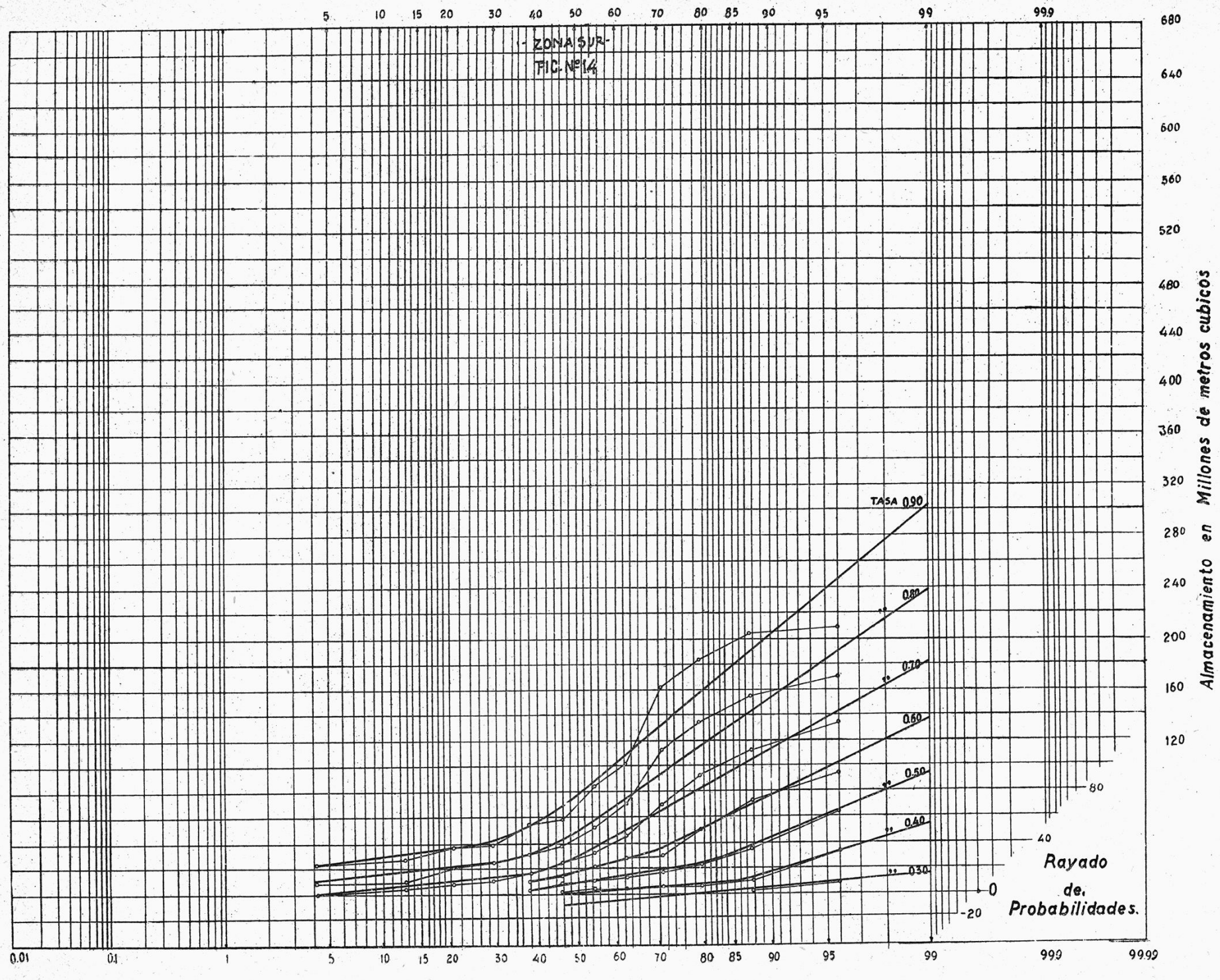
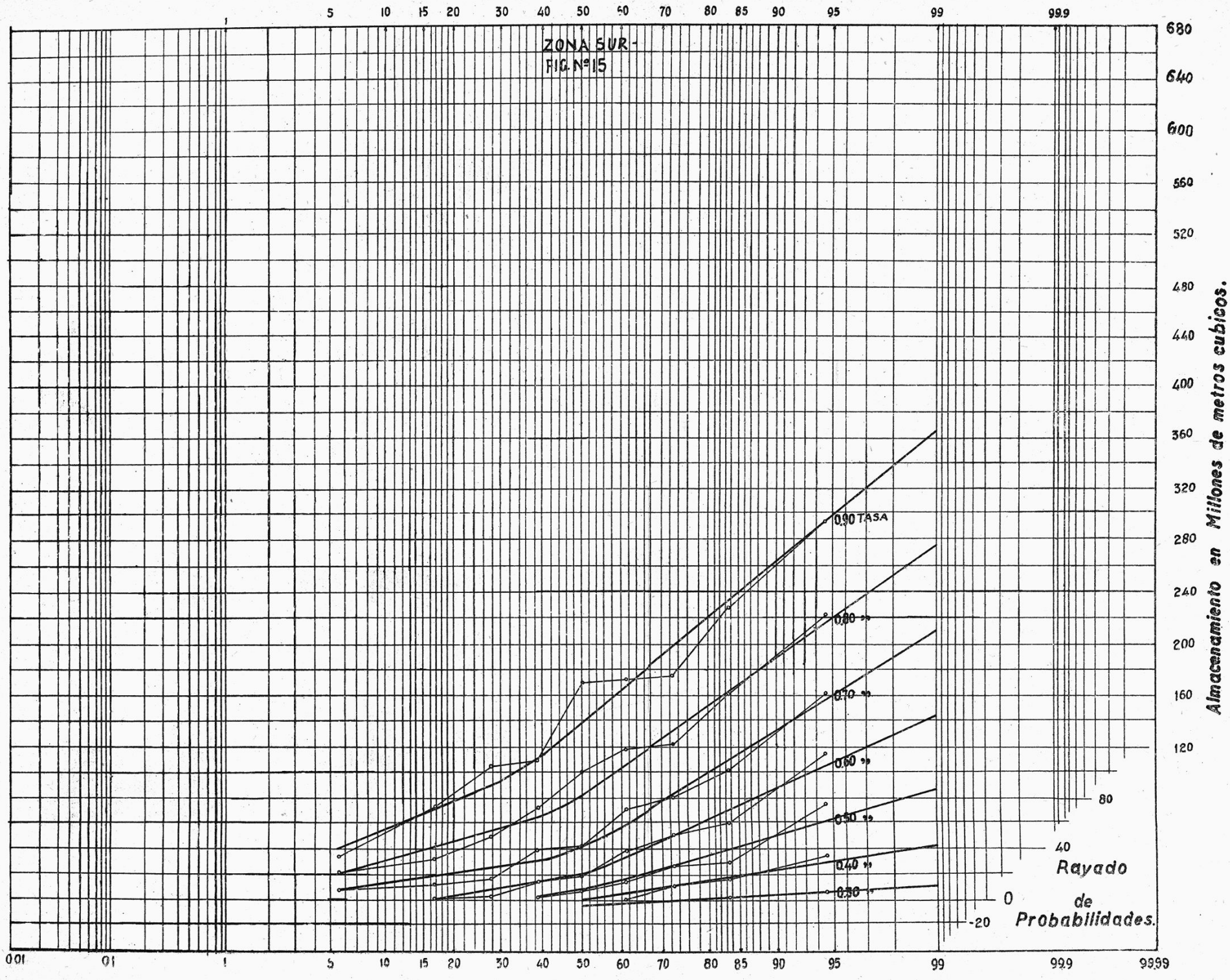


Diagrama Particular del Rio Cachapoal.



Año de sequedad en %.

Diagrama Particular del Rio Longavi.

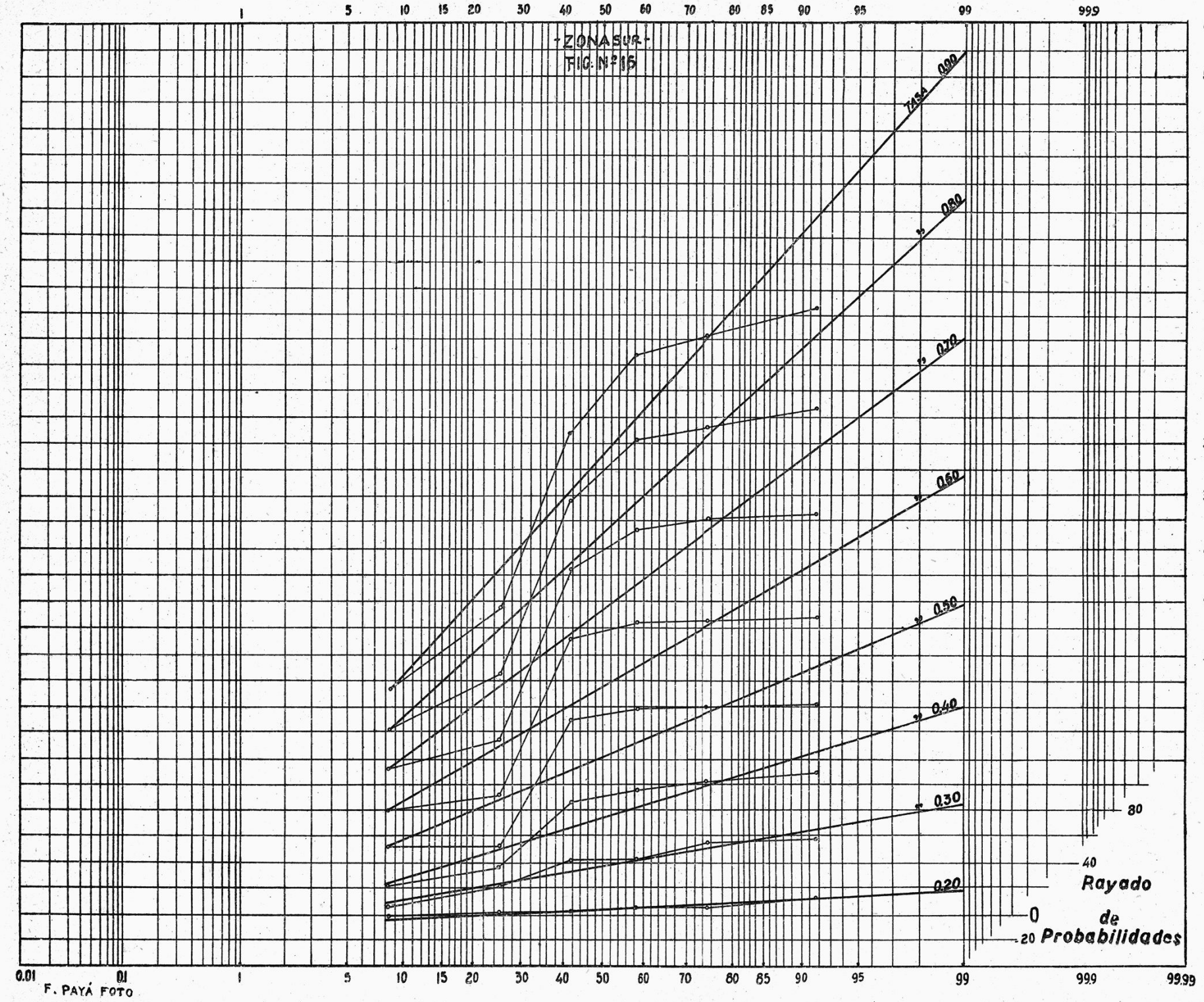
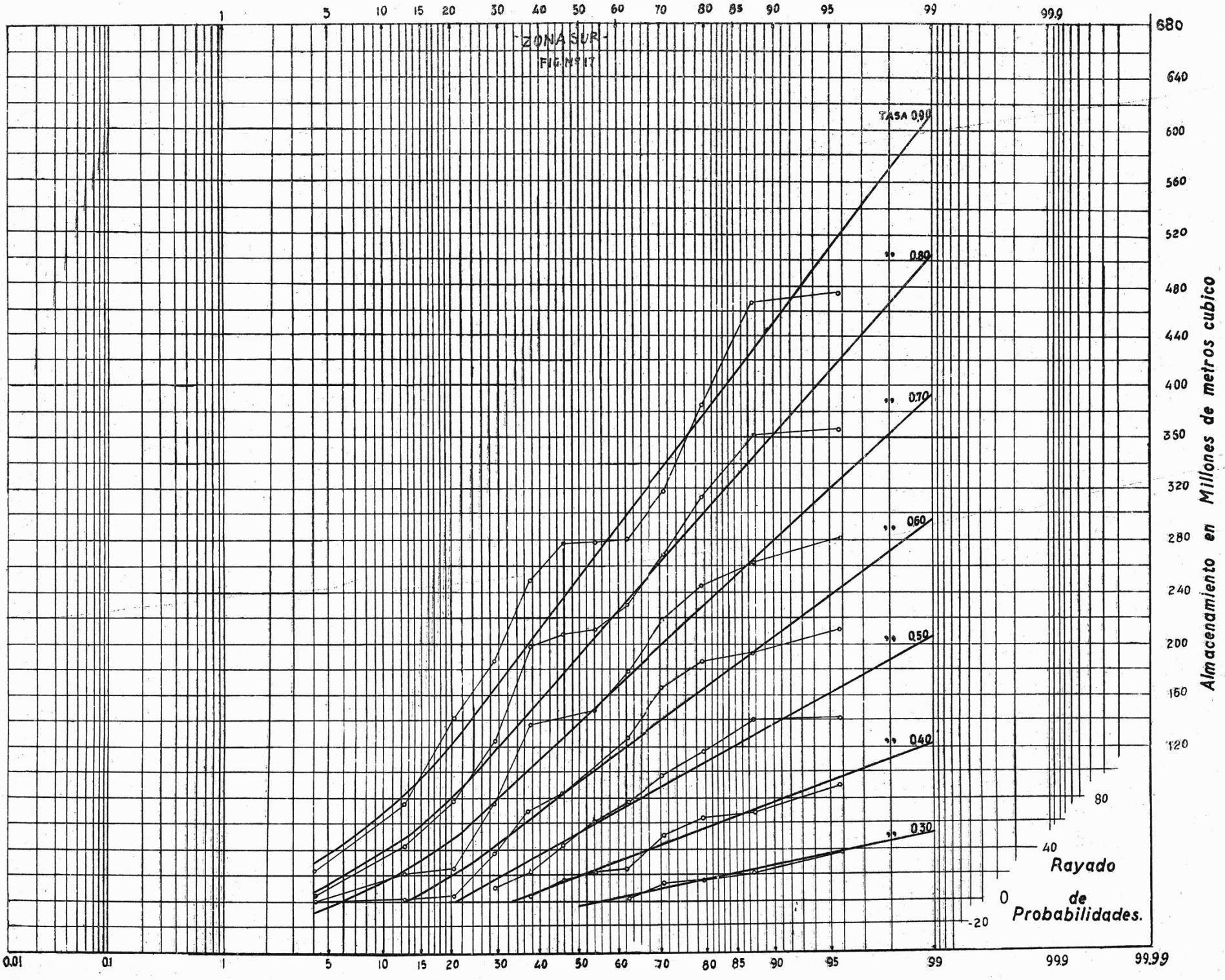
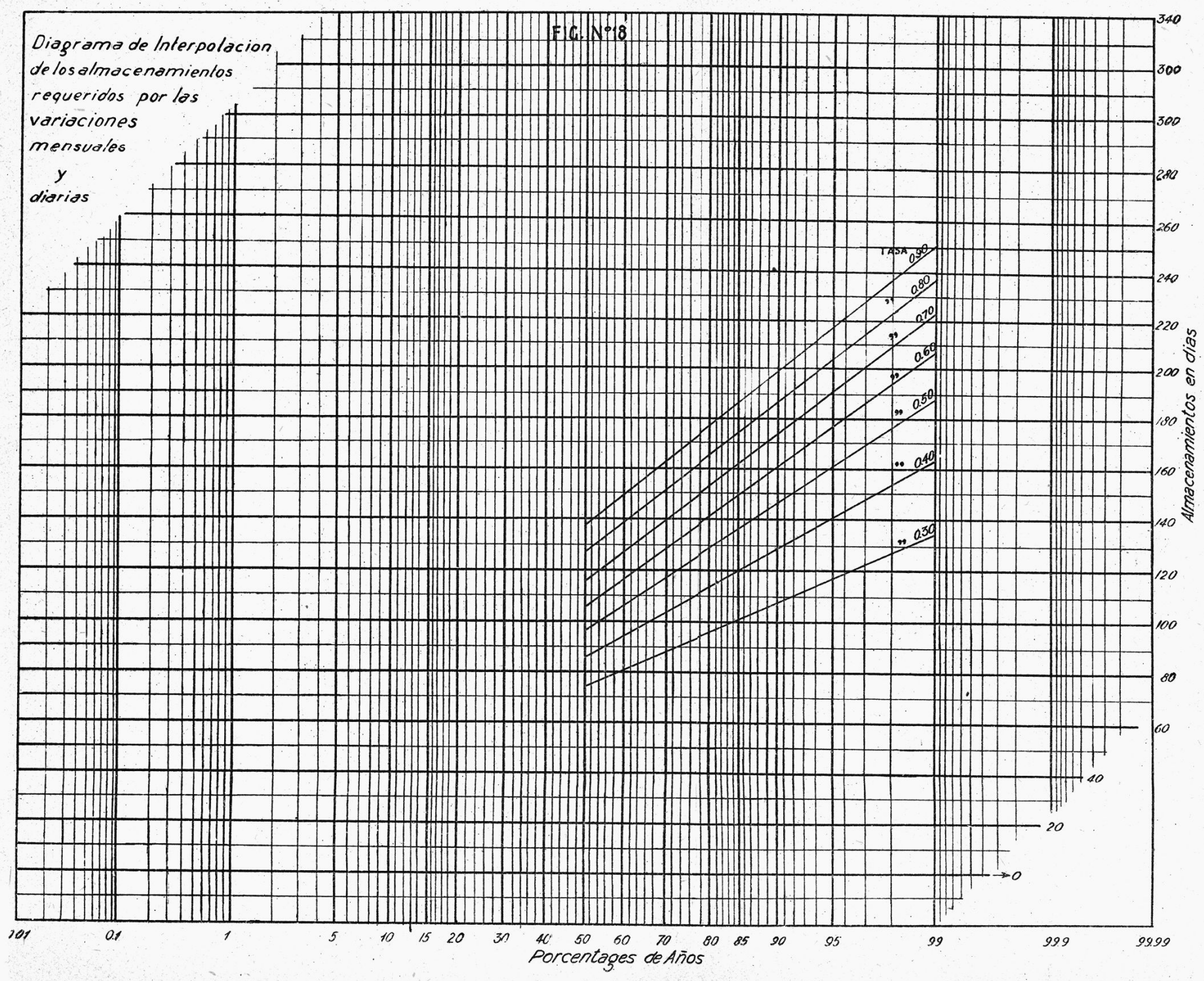


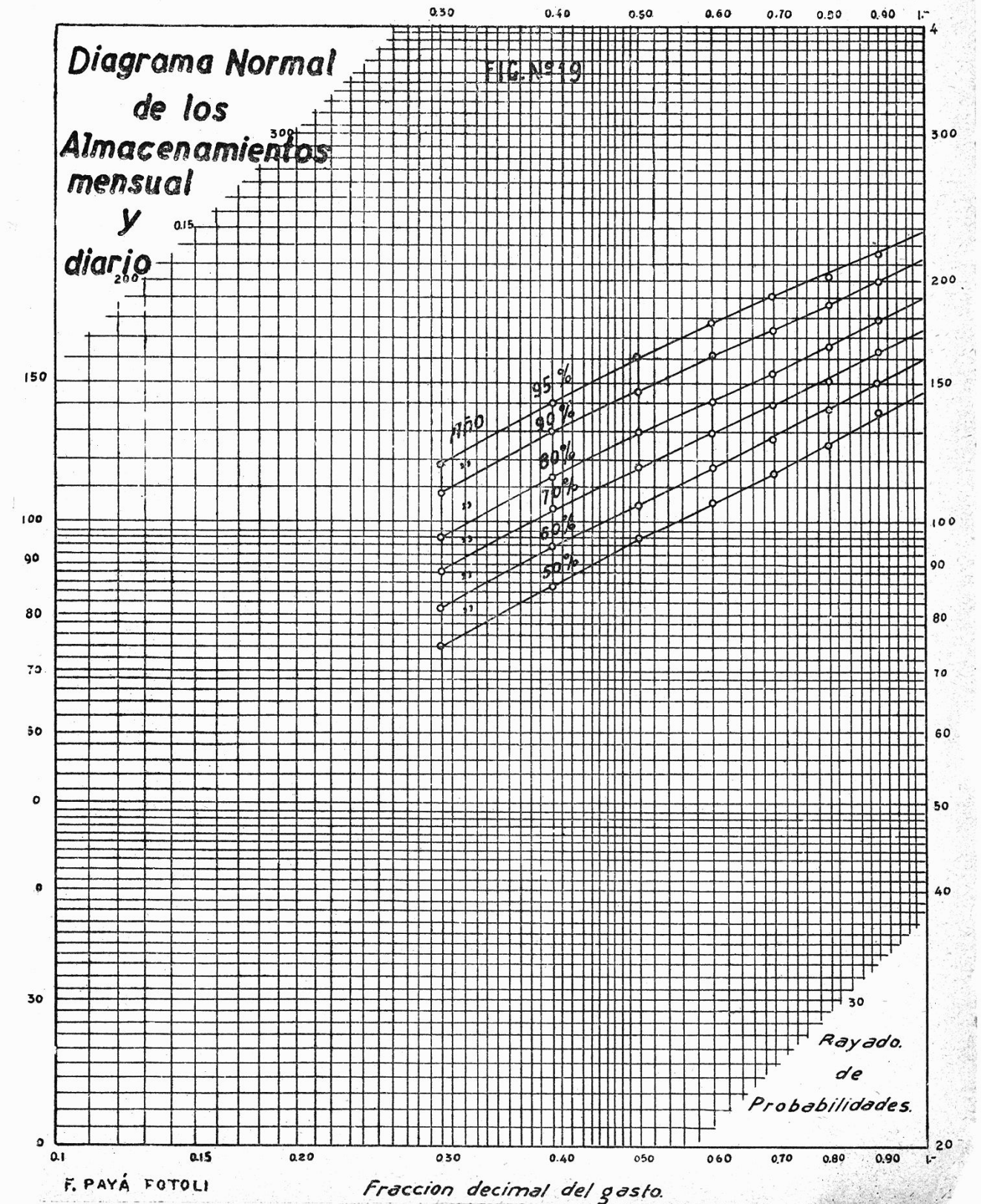
Diagrama Particular del Rio Maule



Rio Normal de Zona Sur de Chile.



Rio Normal de la Zona Sur de Chile.

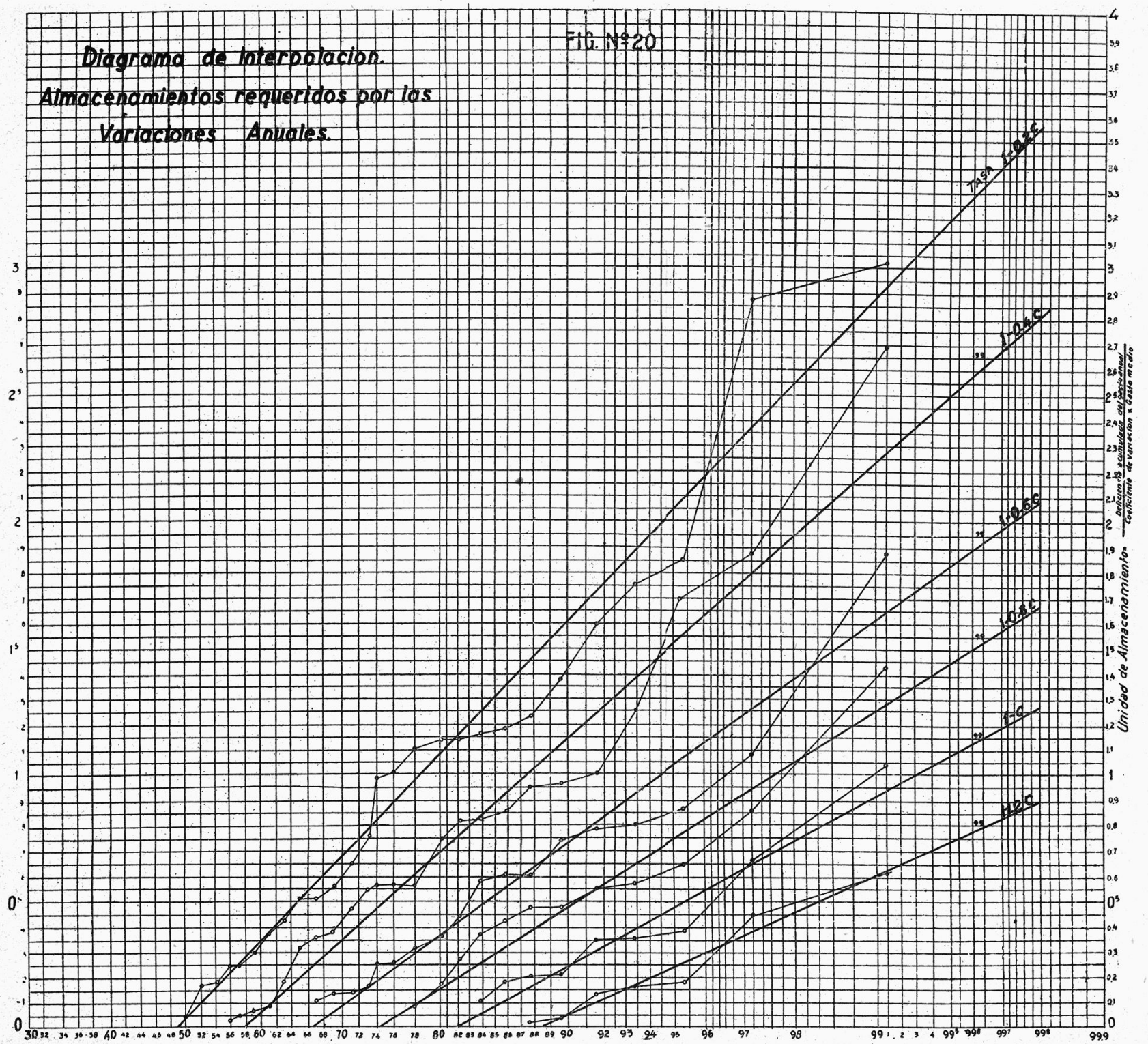


Rio Normal de la Zona Sur de Chile

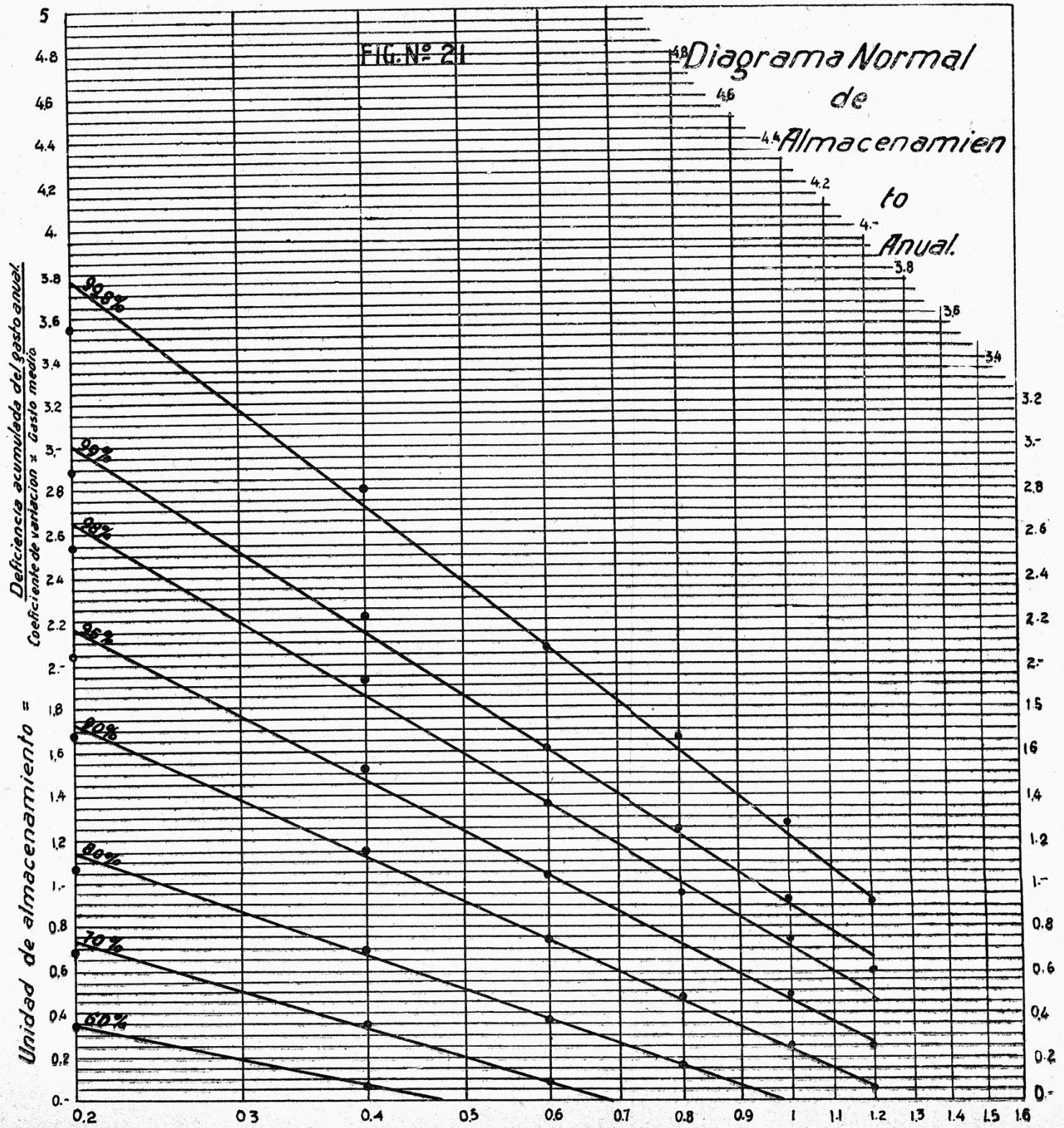
FIG. Nº 20

Diagrama de Interpolacion.

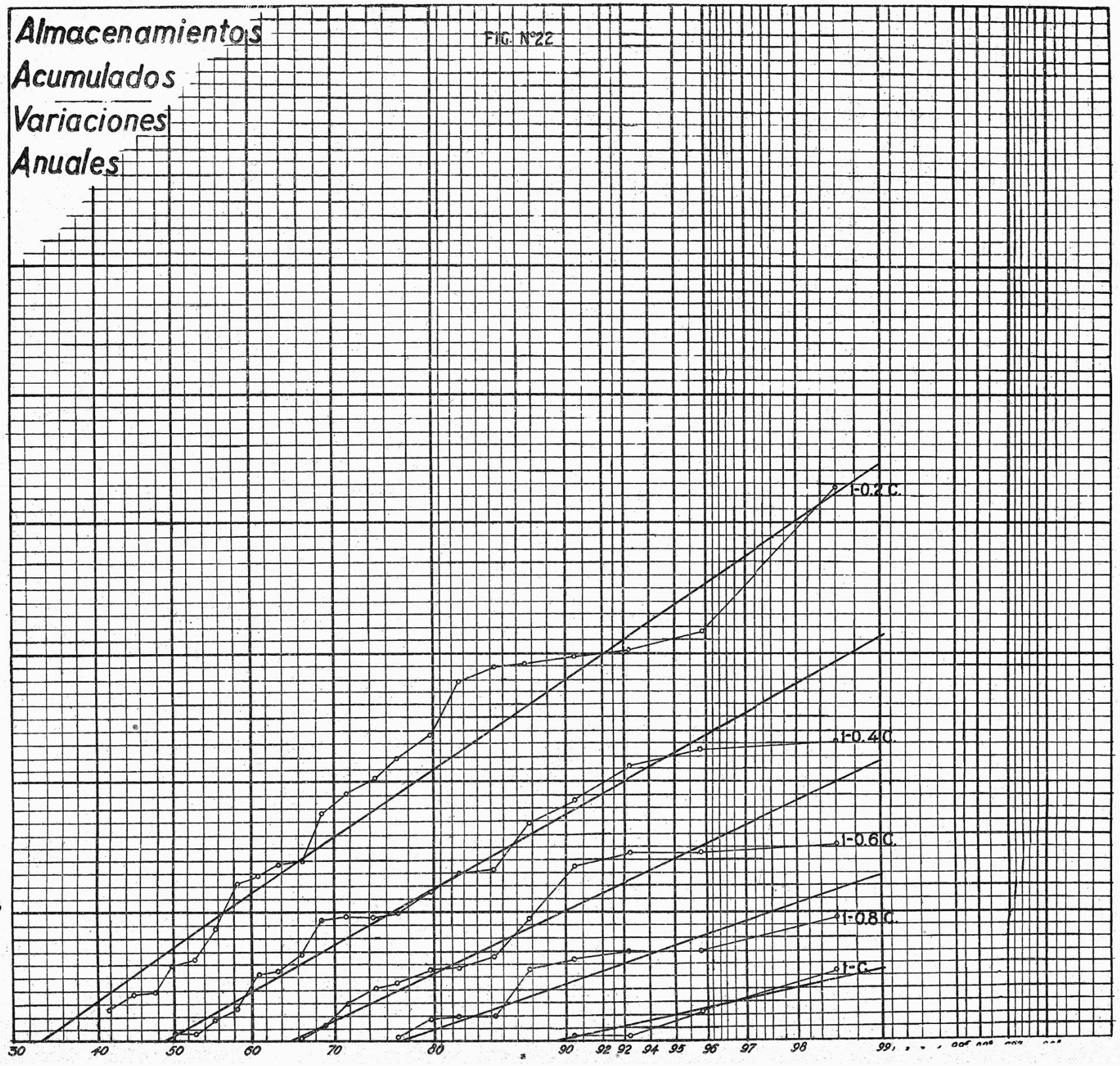
Almacenamientos requeridos por las Variaciones Anuales.



Rio Normal de la Zona Sur de Chile.



Rio Normal Zona Nonte de Chile



Rio Normal de la Zona Norte de Chile.

FIG. N 23

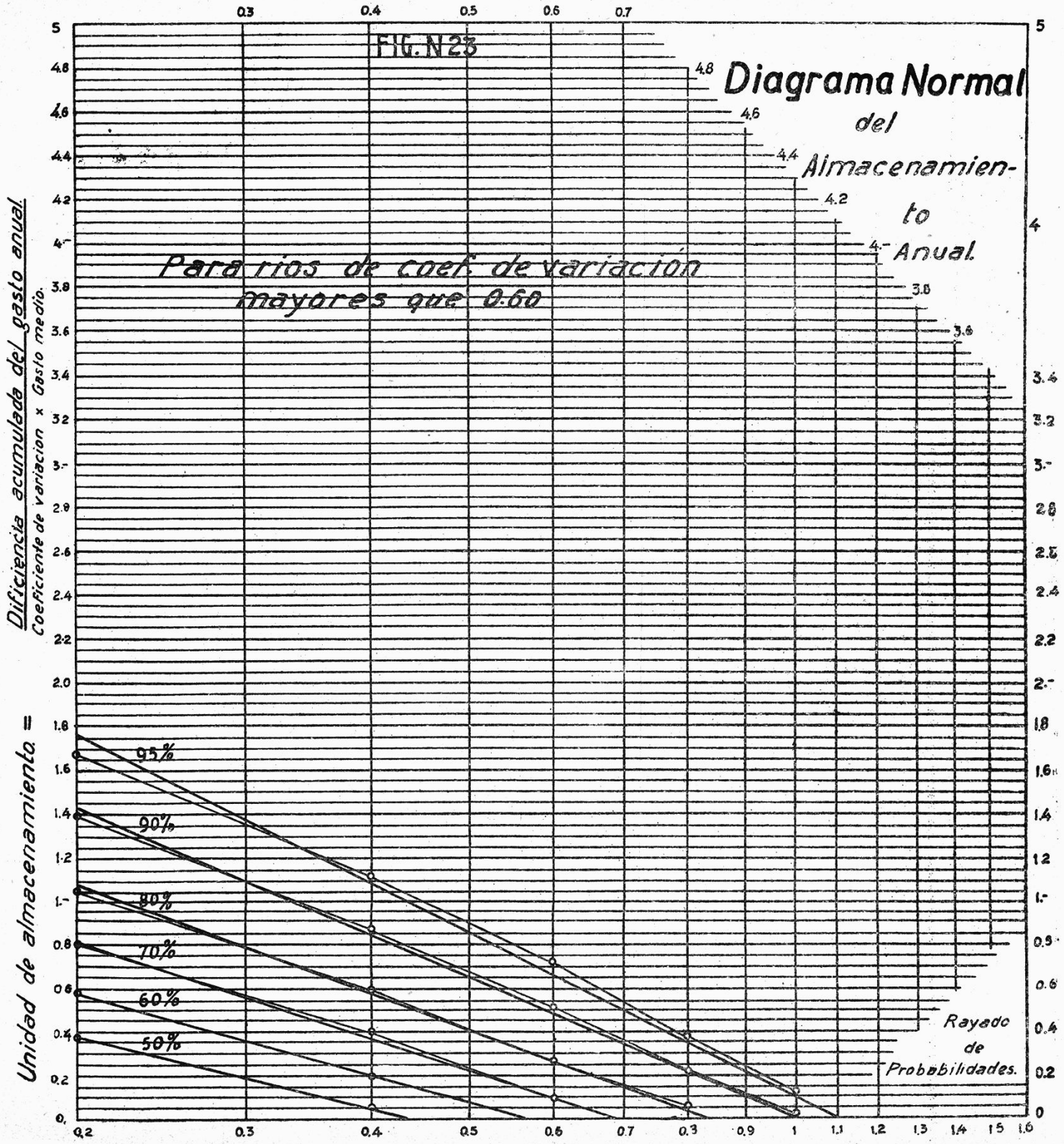
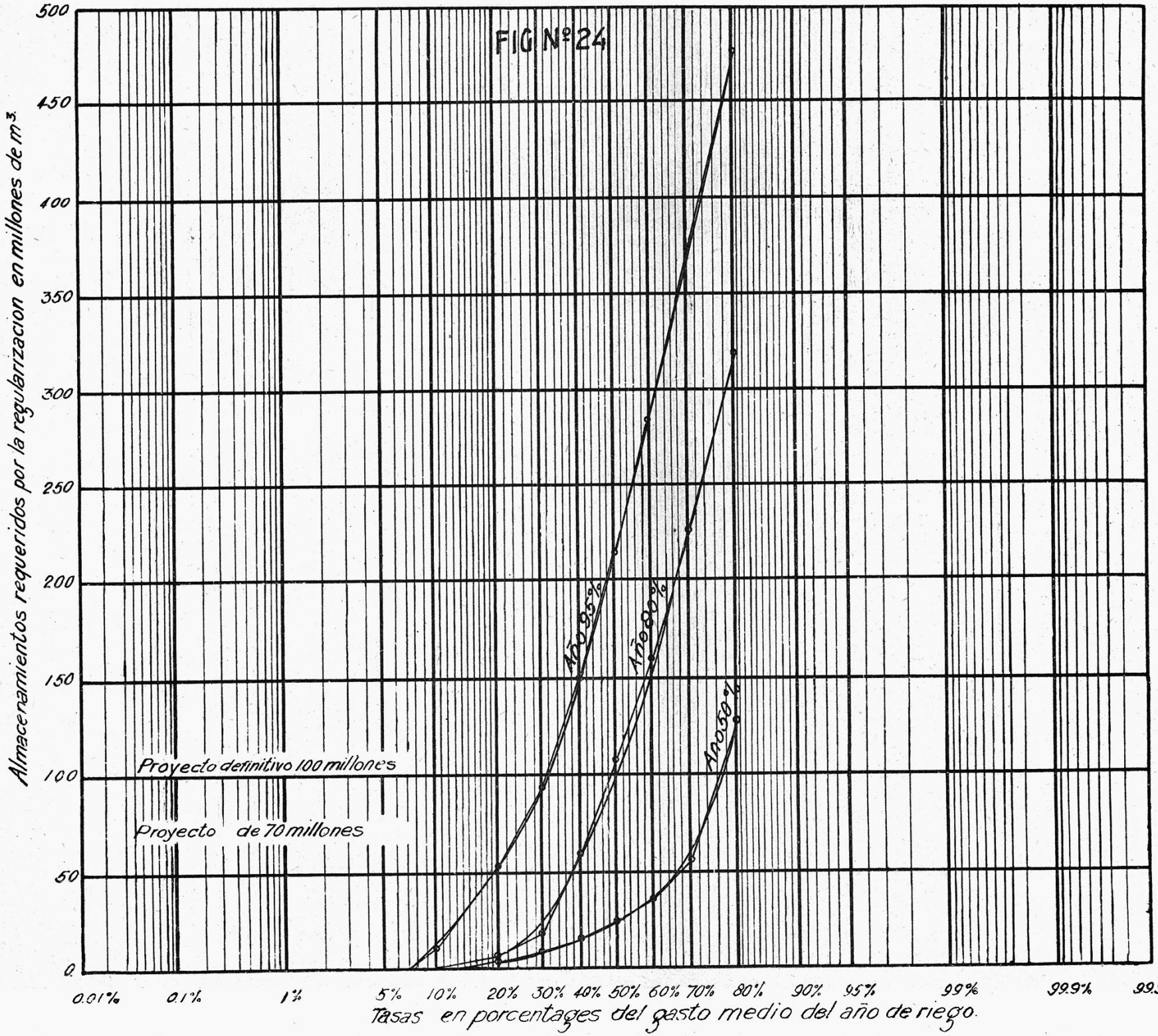


Gráfico de la Regularizacion del Rio Hurtado
para la determinacion del Embalse mas económico

FIG Nº 24



Cuadro N.º 14

ALMACENAMIENTOS ANUALES REQUERIDOS POR LAS TASAS 1—0,2c a 1—1,4c, EXPRESADOS EN FUNCION DE LOS GASTOS RELATIVOS Y DE LA VARIACION STANDARD DE ESTOS MISMOS GASTOS

RIOS	Coeficientes de Variación	Gastos Relativos	Gastos relativos corregidos	Diferencias para Compensar	TASA 1—0,2c				TASA 1—0.4c				TASA 1—0,6c				TASA 1—0,8c				TASA 1—c				TASA 1—0,2c				TASA 1—1,4c			
					Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamientos acumulados al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamientos acumulados al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamientos acumulados al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamientos acumulados al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamiento acumulado al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego, respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamiento acumulado al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de la variación Standard	Diferencias positivas o negativas del gasto del año de riego respecto de la tasa	Saldo compensado del año anterior	Almacenamiento acumulado al final de cada año, en función del gasto medio	Almacenamiento en función de lavariación Standard
Aconcagua	0.43	....	....	....	0.91	....	....	....	0.83	....	....	....	0.74	....	....	....	0.66	....	....	....	0.57	....	....	....	0.48	....	....	....	0.40	....	....	....
		1.14	1.25	0.11	0.23	....	....	....	0.31	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.96	2.10	0.14	1.05	....	....	....	0.13	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.75	0.80	0.05	0.16	....	0.16	0.37	0.08	....	0.08	0.18	....	....	....	....	0.16	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.50	0.56	0.06	0.41	0.11	0.52	1.20	0.33	0.03	0.36	0.83	0.24	....	0.24	0.55	0.16	....	0.16	0.37	0.07	....	0.07	0.16	....	....	....	....	....	....	....
		0.89	0.91	0.02	0.02	0.46	0.48	1.11	0.06	0.30	0.24	0.55	0.15	0.18	0.03	0.06	0.23	0.10	....	....	0.32	0.01	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.49	1.73	0.24	0.58	0.46	....	....	0.66	0.22	....	....	0.75	0.01	....	....	0.83	....	....	....	0.92	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.42	1.59	0.17	0.51	....	....	....	0.59	....	....	....	0.68	....	....	....	0.76	....	....	....	0.85	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.20	1.41	0.21	0.31	....	....	....	0.37	....	....	....	0.46	....	....	....	0.54	....	....	....	0.63	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.95	1.03	0.08	0.04	....	....	....	0.12	....	....	....	0.21	....	....	....	0.29	....	....	....	0.38	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.69	0.74	0.05	0.02	....	0.22	0.51	0.14	....	0.14	0.32	0.05	....	0.05	0.11	0.03	....	0.03	0.06	0.12	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.30	0.34	0.04	0.61	0.17	0.78	1.81	0.53	0.09	0.62	1.44	0.44	....	0.44	1.02	0.36	....	0.36	0.83	0.27	....	0.27	0.62	0.18	....	0.18	0.41	0.10	....	0.10	0.23
		0.38	0.42	0.04	0.53	0.74	1.27	2.95	0.45	0.58	1.03	2.23	0.36	0.40	0.76	1.74	0.28	0.32	0.60	1.39	0.19	0.23	0.42	0.97	0.10	0.14	0.24	0.55	0.02	0.06	0.08	0.18
		1.13	1.23	0.10	0.22	1.23	1.01	2.36	0.30	0.99	0.69	1.60	0.39	0.72	0.33	0.76	0.47	0.36	0.09	0.20	0.56	0.38	....	....	0.65	0.20	....	....	0.73	0.04	....	....
		1.28	1.35	0.07	0.07	0.91	0.54	1.25	0.35	0.59	0.24	0.55	0.54	0.23	....	....	0.62	....	....	....	0.71	....	....	....	0.80	....	....	....	....	....	....	....
Choapa	0.52	....	....	....	0.90	....	....	....	....	....	....	....	0.69	....	....	....	....	....	....	....	0.48	....	....	....	0.55	....	....	....	0.27	....	....	....
		0.80	0.93	0.13	0.10	0.47	0.57	1.09	0.01	0.17	0.16	0.30	0.11	....	....	....	0.22	....	....	....	0.32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.78	0.86	0.08	0.12	0.44	0.56	1.06	0.01	0.03	0.03	0.07	0.09	....	....	....	0.20	....	....	....	0.30	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.56	1.81	0.25	0.66	0.48	....	....	0.77	....	....	....	0.87	....	....	....	0.98	....	....	....	1.08	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.36	1.45	0.09	0.46	....	....	....	0.57	....	....	....	0.67	....	....	....	0.78	....	....	....	0.88	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.93	1.—	0.07	0.03	....	....	....	1.14	....	....	....	0.24	....	....	....	0.35	....	0.25	0.48	0.45	....	0.15	0.28	0.05	....	0.05	0.11	....	....	....	....
		0.33	0.37	0.04	0.57	....	0.57	1.09	0.46	....	0.46	0.88	0.36	....	0.36	0.69	0.25	0.21	0.28	0.53	0.15	0.11	0.14	0.26	....	0.01	0.01	0.02	....	....	....	....
		0.15	0.48	0.03	0.55	0.53	1.18	2.07	0.34	0.42	0.76	1.46	0.27	0.32	0.56	1.07	0.07	0.25	....	....	0.03	0.11	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.79	1.97	0.18	0.89	1.05	0.16	0.30	1.—	0.73	....	....	1.10	0.53	....	....	1.21				1.31											
Illapel	0.55	....	....	....	0.89	....	....	....	....	....	....	....	0.67	....	....	....	....	....	....	....	0.45	....	....	....	0.34	....	....	....	....	....	....	....
		0.63	0.74	0.11	0.26	....	0.26	0.47	0.15	....	0.15	0.27	0.04	....	0.04	0.07	0.07	....	....	....	0.18	....	....	....	0.29	....	....	....	0.40	....	....	....
		0.72	0.79	0.07	0.17	0.15	0.32	0.58	0.06	0.04	0.10	0.18	0.05	....	....	....	0.16	....	....	....	0.27	....	....	....	0.38	....	....	....	0.49	....	....	....
		1.65	1.90	0.25	0.76	0.25	....	....	0.87	0.03	....	....	0.98	....	....	....	1.09	....	....	....	1.20	....	....	....	1.31	....	....	....	1.42	....	....	....
		1.28	1.37	0.09	0.39	....	....	....	0.50	....	....	....	0.61	....	....	....	0.72	....	....	....	0.83	....	....	....	0.94	....	....	....	1.05	....	....	....
		1.25	1.34	0.09	0.36	....	....	....	0.47	....	....	....	0.58	....	....	....	0.69	....	....	....	0.80	....	....	....	0.91	....	....	....	1.02	....	....	....
		0.44	0.40	0.05	0.45	....	0.45	0.81	0.34	....	0.34	0.62	0.23	....	0.23	0.42	0.12	....	0.12	0.22	0.01	....	0.01	0.02	0.10	....	....	....	0.21	....	....	....
		0.31	0.33	0.02	0.58	0.40	0.98	1.78	0.47	0.29	0.76	1.38	0.36	0.18	0.54	0.98	0.25	0.07	0.32	0.58	0.14	....	0.14	0.26	0.03	....	0.03	0.05	0.08	....	....	....
		1.74	1.88	0.16	0.83	0.96	0.13	0.24	0.94	0.74	....	....	1.05	0.52	....	....	1.16	0.30	....	....	1.27	0.12	....	....	1.38	....	....	....	1.49	....	....	....
Copiapó	0.55	....	....	....	0.89	....	....	....	0.78	....	....	....	0.67	....	....	....	0.56	....	....	0...	0.45	....	....	....	0.34	....	....	....	0.23	....	....	....
		0.85	....	....	0.04	....	0.04	0.04	0.07	....	....	....	0.18	....	....	....	0.29	....	....	....	0.40	....	....	....	0.51	....	....	....	0.62	....	....	....
		2.20	....	....	1.31	....	....	....	1.42	....	....	....	1.53	....	....	....	1.64	....	....	....	1.75	....	....	....	1.86	....	....	....	1.97	....	....	....
		1.15	....	....	0.26	....	....	....	0.37	....	....	....	0.48	....	....	....	0.59	....	....	....	0.70	....	....	....	0.81	....	....	....	0.92	....	....	....
		0.81	....	....	0.08	....	0.08	0.14	0.03	....	....	....	0.14	....	....	....	0.25	....	....	....	0.36	....	....	....	0.47	....	....	....	0.58	....	....	....
		0.68	....	....	0.21	0.08	0.29	0.53	0.10	....	0.10	0.18	0.01	....	....	....	0.12	....	....	....	0.23	....	....	....	0.34	....	....	....	0.45	....	....	....
		0.65	....	....	0.24	0.29	0.53	0.96	0.13	0.10	0.23	0.42	0.02	....	0.02	0.04	0.09	....	....	....	0.20	....	....	....	0.31	....	....	....	0.42	....	....	....
		0.71	....	....	0.18	0.53	0.71	1.10	0.07	0.23	0.30	0.56	0.04	0.02	....	....	0.15	....	....	....	0.26	....	....	....	0.37	....	....	....	0.48	....	....	....
Elqui	0.62	....	....	....	0.87	....	....	....	0.75	....	....	....	0.63	....	....	....	0.54	....	....	....	0.38	....	....	....	0.26	....	....	....	0.13	....	....	....
		2.23	2.63	0.40	1.36	....	....	....	1.48	0.30	....	....	1.60	....	....	....	1.72	....	....	....	1.85	....	....	....	1.97	....	....	....	2.10	....	....	....
		0.87	1.01	0.14	....	....	....	....	0.12	....	....	....	0.24	....	....	....	0.36	....	....	....	0.49	....	....	....	0.61	....	....	....	0.74	....	....	....
		0.45	0.53	0.08	0.42	....	....	....	0.30	....	0.30	0.48	0.18	....	0.18	0.33	0.06	....	0.06	0.10	0.07	....	....	....	0.19	....	....	....	0.32	....	....	....
		0.31	0.38	0.07	0.56	0.34	0.90	1.45	0.44	0.22	0.66	1.06	0.32	0.10	0.42	0.76	0.20	....	0.20	0.32	0.07	....	0.07	0.07	0.05	....	....	....	0.18	....	....	....
		1.43	1.77	0.34	0.56	0.83	0.27	0.44	0.68	0.53	....	....	0.80	0.35	....	....	0.92	0.13	....	....	1.05	....	....	....	1.17	....	....	....	1.30	....	....	....
		1.58	1.78	.020	0.71	....	....	....	0.83	....	....	....	0.95	....	....	....	1.07	....	....	....	1.20	....	....	....	1.32	....	....	....	1.45	....	....	....
		0.79	0.93	0.14	0.08	....	0.08	0.13	0.04	....	....	....	0.16	....	....	....	0.28	....	....	....	0.41	....	....	....	0.53	....	....	....	0.66	....	....	....
		1.76	2.04	0.28	0.89	....	....	....	1.01	....	....	....	1.13	....	....	....	1.25	....	....	....	1.38	....	....	....	1.50	....	....	....	1.63	....	....	....
		0.67	0.77	0.10	0.20	....	0.20	0.32	0.08	....	0.08	0.13	0.04	....	....	....	0.16	....	....	....	0.29	....	....	....	0.41	....	....	....	0.54	....	....	....
		0.59	0.71	0.12	0.28	0.10	0.38	0.61	0.16	....	0.16	0.26	0.04	....	0.01	0.06	0.03	....	....	....	0.24	....	....	....	0.33	....	....	....	0.46	....	....	....
		0.21	0.35	014.	0.66	0.26	0.92	1.48	0.54	0.04	0.58	0.94	0.42	....	0.42	0.68	0.30	....	0.30	0.48	0.17	....	0.17	0.27	0.05	....	0.05	0.08	0.08	....	....	....
		1.02	1.19	0.17	0.15	0.78	0.63	1.`1	0.27	0.44	0.17	0.27	0.39	0.28	....	....	0.51	0.16	....	....	0.64	0.03	....	....	0.76	....	....	....	0.89	....	....	....
Huasco	0.62	....	....	....	0.81	....	....	....	0.71	....	....	....	0.63	....	....	....	0.51	....	....	....	0.38	....	....	....	0.26	....	....	....	....	....	....	....
		1.89	2.11	0.22	1.02	0.46	....	....	1.03	....	....	....	1.26	....	....	....	1.38	....	....	....	1.51	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		2.02	2.12	0.10	1.15	....	....	....	1.26	....	....	....	1.39	....	....	....	1.51	....	....	....	1.64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.76	0.80	0.04	0.11	....	0.11	0.19	....	....	....	....	0.14	....	....	....	0.25	....	....	....	0.38	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.88	0.96	0.08	0.04	....	....	....	0.12	....	....	....	0.25	....	....	....	0.37	....	....	....	0.50	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.77	0.84	0.07	0.10	....	0.10	0.18	0.01	....	....	....	0.14	....	....	....	0.26	....	....	....	0.39	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.45	0.49	0.04	0.42	....	0.42	0.70	0.31	....	0.31	0.50	0.18	....	0.18	0.29	0.06	....	0.06	0.10	0.07	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.31	0.34	0.03	0.56	0.38	0.94	1.51	0.45	0.27	0.72	1.16	0.32	0.14	0.46	0.74	0.20	0.02	0.20	0.35	0.07	....	....	0.07	0.51	....	....	....	....	....	....	....
		0.92	1.—	0.08	0.05	0.91	0.86	1.40	0.16	0.69	0.53	0.85	0.29	0.43	0.14	0.23	0.41	0.19	....	....	0.54	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Hurtado	0.87	....	....	....	0.83	....	....	....	0.65	....	....	....	0.48	....	....	....	0.31	....	....	....	0.13	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.53	0.72	0.19	0.30	0.78	1.38	1.58	0.12	0.45	0.57	0.65	0.05	0.06	0.01	0.01	0.22	....	....	....	0.40	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		2.46	3.31	0.85	1.63	1.19	....	....	1.81	0.38	....	....	1.98	....	....	....	2.15	....	....	....	2.33	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		2.55	3.04	0.49	1.72	....	....	....	0.90	....	....	....	2.07	....	....	....	2.24	....	....	....	2.42	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.57	0.75	0.18	0.26	....	0.26	0.30	0.08	....	0.08	0.09	0.09	....	....	....	0.26	....	....	....	0.44	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.35	0.48	0.13	0.48	0.08	0.56	0.64	0.30	....	0.30	0.34	0.13	....	0.13	0.15	0.06	....	....	....	0.22	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.30	0.40	0.10	0.53	0.43	0.96	1.10	0.35	0.17	0.52	0.59	0.18	....	0.18	0.21	0.01	....	0.01	0.01	0.17	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.66	0.74	0.08	0.17	0.86	1.03	1.18	0.01	0.42	0.41	0.47	0.18	0.08	....	....	0.05	....	....	....	0.53	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.94	0.97	0.03	0.11	0.95	0.84	0.96	0.29	0.33	0.04	0.03	0.46	....	....	....	0.63	....	....	....	0.81	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.63	0.86	0.23	0.20	0.81	1.01	1.16	0.02	0.01	0.08	0.03	0.15	....	....	....	0.32	....	....	....	0.50	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Cogotí	0.92	....	....	....	0.82	....	....	....	0.63	....	....	....	0.45	....	....	....	0.27	....	....	....	0.08	....	0.06	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.02	0.04	0.02	0.80	0.73	1.54	1.67	0.61	....	0.61	0.66	0.43	....	0.43	0.47	0.25	....	0.25	0.27	0.06	....	0.01	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.18	0.18	....	0.64	1.52	1.16	2.35	0.45	0.59	1.04	1.13	0.27	0.41	0.68	0.74	0.09	0.23	0.32	0.35	0.10	0.04	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.80	4.72	1.92	1.98	2.16	0.18	0.19	2.17	1.04	....	....	2.35	0.68	....	....	2.53	0.32	....	....	2.72	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.54	2.06	0.52	0.72	....	....	....	0.91	....	....	....	1.09	....	....	....	1.27	....	....	....	1.46	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.30	1.64	0.34	0.48	....	....	....	0.67	....	....	....	0.85	....	....	....	1.03	....	....	....	1.22	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		1.11	1.36	0.25	0.29	....	....	....	0.48	....	....	....	0.66	....	....	....	0.84	....	....	....	1.03	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.79	1.10	0.21	0.03	....	0.03	....	0.16	....	....	....	0.34	....	....	....	0.52	....	....	....	0.71	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
		0.19	0.24	0.05	0.63	....	0.63	....	0.44	....	....	0.44	0.48	0.26	....	0.26	0.08	....	0.08	0.09	0.11	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

ALMACENAMIENTO PARA BALANCEAR LAS FLUCTUACIONES ANUALES PUESTOS EN ORDEN DE MAGNITUD

TASA 1-0.2c	TASA 1-0.4c	TASA 1-0 6c	TASA 1-0.8c	TASA 1-c	TASA L-1.2c	TASA 1-1.4c	N.° de orden	Posición decimal $P = \frac{2m-1}{2n}$
0	0	0	0	0	0	0	1	....
0	0	0	0	0	0	0	2	....
0	0	0	0	0	0	0	3	....
0	0	0	0	0	0	0	4	....
0	0	0	0	0	0	0	5	....
0	0	0	0	0	0	0	6	....
0	0	0	0	0	0	0	7	....
0	0	0	0	0	0	0	8	....
0	0	0	0	0	0	0	9	....
0	0	0	0	0	0	0	10	....
0	0	0	0	0	0	0	11	....
0	0	0	0	0	0	0	12	....
0	0	0	0	0	0	0	13	....
0	0	0	0	0	0	0	14	....
0	0	0	0	0	0	0	15	....
0	0	0	0	0	0	0	16	....
0	0	0	0	0	0	0	17	....
0	0	0	0	0	0	0	18	....
0	0	0	0	0	0	0	19	....
0	0	0	0	0	0	0	20	....
0	0	0	0	0	0	0	21	....
0	0	0	0	0	0	0	22	0.291
0	0	0	0	0	0	0	23	0.304
0	0	0	0	0	0	0	24	0.318
0	0	0	0	0	0	0	25	0.331
0	0	0	0	0	0	0	26	0.345
0	0	0	0	0	0	0	27	0.358
0	0	0	0	0	0	0	28	0.372
0.07	0	0	0	0	0	0	29	0.385
0.13	0	0	0	0	0	0	30	0.399
0.14	0	0	0	0	0	0	31	0.413
0.18	0	0	0	0	0	0	32	0.426
0.19	0	0	0	0	0	0	33	0 439
0.19	0	0	0	0	0	0	34	0.452
0.24	0	0	0	0	0	0	35	0.466
0.30	0	0	0	0	0	0	36	0.480
0.30	0	0	0	0	0	0	37	0.493
0.32	0.03	0	0	0	0	0	38	0.506
0.37	0.07	0	0	0	0	0	39	0.520
0.44	0.09	0	0	0	0	0	40	0.534
0.47	0.13	0	0	0	0	0	41	0.547
0.51	0.18	0	0	0	0	0	42	0.561
0.53	0.18	0	0	0	0	0	43	0.574
0.58	0.18	0	0	0	0	0	44	0.568
0.61	0.26	0	0	0	0	0	45	0.601
0.64	0.27	0	0	0	0	0	46	0.614
0.68	0.27	0	0	0	0	0	47	0.629
0.70	0.30	0	0	0	0	0	48	0.642
0.81	0.32	0	0	0	0	0	49	0.655
0.96	0.34	0.01	0	0	0	0	50	0.668
0.96	0.42	0.04	0	0	0	0	51	0.684
1.00	0.47	0.06	0	0	0	0	52	0.696
1.01	0.48	0.06	0	0	0	0	53	0.709
1.07	0.48	0.07	0	0	0	0	54	0.724
1.09	0.50	0.11	0	0	0	0	55	0.737
1.09	0.55	0.15	0	0	0	0	56	0.750
1.10	0.55	0.21	0.01	0	0	0	57	0.764
1.11	0.55	0.23	0.06	0	0	0	58	0.778
1.16	0.59	0.28	0.09	0	0	0	59	0.791
1.18	0.62	0.29	0.10	0	0	0	60	0.805
1.20	0.65	0.33	0.10	0	0	0	61	0.819
1.25	0.66	0.42	0.20	0	0	0	62	0.832
1.40	0.83	0.47	0.22	0	0	0	63	0.845
1.45	0.85	0.55	0.27	0.01	0	0	64	0.859
1.48	0.88	0.68	0.32	0.01	0	0	65	0.872
1.51	0.94	0.69	0.35	0.02	0	0	66	0.886
1.58	1.06	0.74	0.35	0.11	0	0	67	0.900
1.67	1.13	0.74	0.37	0.16	0	0	68	0.913
1.78	1.16	0.76	0.48	0.26	0.02	0	69	0.926
1.81	1.38	0.76	0.48	0.26	0.05	0	70	0.939
2.07	1.44	0.96	0.53	0.27	0.08	0	71	0.953
2.14	1.46	1.02	0.58	0.28	0.11	0	72	0.967
2.36	1.60	1.07	0.53	0.62	0.41	0.18	73	0.981
2.95	2.39	1.74	1.39	0.97	0.55	0.23	74	0.994