

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE PETROLEO

**HIDROLOGIA EN LOS VALLES
DE SECHIN Y CASMA**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO DE PETROLEO**

CESAR A. BARANDIARAN ESTREMADOYRO

PROMOCION 1963

LIMA - PERU

1967

**A mis queridos padres
y hermanos.**

HIDROLOGIA DE LOS VALLES DE SECHIN Y CASMA

T E N A R I O

CAPITULO I.- INTRODUCCION

- Objeto del Estudio
- Estudios anteriores
- Investigaciones de campo
- Agradecimientos

CAPITULO II.- GEOGRAFIA

- Ubicación
- Clima
- Población
- Mercados

CAPITULO III.- GEOLOGIA

- Estratigrafía
- Comportamiento acuífero de las formaciones
- Geomorfología

CAPITULO IV.- DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS DE CULTIVO

- Extensión de las tierras
- Distribución de las tierras y tenencia

CAPITULO V.- HIDROLOGIA

- Recursos hidráulicos disponibles
- Cuencas

- Escorrentía

- Aferes

CAPITULO VI.- DEMANDAS DE AGUA

- Area y distribución de cultivos

- Requerimientos de agua

- Demandas para Sechín

- Demandas para Casma Baja

CAPITULO VII.- INVENTARIO DE RECURSOS HIDRAULICOS

- Control altimétrico de los pozos

- Carta. Isopiezométrica

- Temperatura del agua

- Análisis químicos de las aguas de los pozos

- Fluctuaciones del nivel piezométrico

- Propiedades hidráulicas del acuífero

- Estudio Geofísico

- Generalidades sobre las Reservas y Recursos

CAPITULO VIII.-PERFORACION DE POZOS

- Técnica de la perforación

- Costo del metro cúbico de agua subterránea

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

PLANOS E ILUSTRACIONES

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

OBJETO DEL CURSO.-

Las aguas subterráneas constituyen el recurso mineral más importante que se extrae anualmente de debajo de la superficie de la tierra y es indudable que no hay otro recurso mineral más esencial para la vida. Una gran cantidad de agua para usos domésticos, industriales y agrícolas, se toma de las corrientes subterráneas.

Es muy importante conocer el potencial hídrico en una determinada zona, para poder llevar a cabo cualquier programa de desarrollo, ya sea urbano, industrial o agrícola.

El agua subterránea se ha utilizado desde la antigüedad, en forma de manantiales, donde se encontraba más fresca, cristalina, sana, etc. siendo la preferida por los habitantes de aquellas épocas. Actualmente esa preferencia se acrecienta más debido a las exigencias de la vida moderna que demandan cualidades

tales como: calidad, fácil acceso, privacidad de uso, disponibilidad del caudal, etc.

Esta importancia, ha determinado que se lleven a cabo estudios para aprovechar al máximo los recursos de aguas subterráneas y que se formen organismos especializados para realizarlos. En el Perú existe una oficina de este tipo llamada Comisión de Aguas Subterráneas perteneciente a la Dirección - Irrigación - Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

El presente trabajo, se relaciona a este importante aspecto, tema que está tomando gran impulso, en la Facultad, y que ha sido hasta la fecha poco estudiado.

El lugar escogido, es la zona de los Valles de Sechín y Casma. Lugar que actualmente es muy estudiado y con bastante interés por la Dirección de Irrigación, además por que se pudo aprovechar que la Comisión de Aguas Subterráneas iba a llevar a cabo estudios en esta zona donde se pudo hacer los trabajos de campo, conjuntamente con los Ings. Abele y Rodriguez, pertenecientes a aquella dependencia estatal.

El estudio se refiere a la evaluación general de los recursos en aguas subterráneas en los Valles de Sechín y Casma, la demanda de agua y realizar un balance hidrológico de la zona.

ESTUDIOS ANTERIORES.-

En aguas subterráneas no se ha realizado, hasta que la Comisión de Aguas Subterráneas, en Octubre realizó el Estudio, donde puede estar presente.

En Agosto de 1958 el Ing° Mario Cuneo M. del Departamento de Estudios de Campo, Dirección de Irrigación, realizó el reconocimiento de la Cuenca, con la finalidad de ubicar vasos naturales propicios para el almacenamiento de aguas de avenida, a fin de regular el riego. En sus conclusiones pone de manifiesto que no encontró lugares apropiados para embalsar volúmenes de agua suficiente. Finalmente recomienda el uso de agua del subsuelo.

En 1964 los Ing°s. Cerna y Quiroz, del Departamento de Estudios Agrológicos, llevan a cabo un estudio de recursos físicos y económicos del Valle de Sechín, recomiendan la construcción de un canal de derivación del río Casma al río Sechín.

En ese mismo año el Ing° Luis Nazario del Departamento de Estudios de Campo, Dirección de Irrigación, realizó el trazo para el canal de derivación del canal recomendado.

En 1965 el Ing° Arroyo, de la División de Obras de la misma Dirección, se ha encargado de la construcción del canal.

INVESTIGACIONES DE CAMPO.-

Como base topográfica para este estudio se ha utilizado el mapa a la escala 1:100,000 del Instituto Geográfico Militar, denominado Casma - a.

También se ha utilizado el mapa a la escala 1:200,000 del I.G.M.

La nivelación de los pozos de la zona de Sechín la realizó la Comisión de Aguas Subterráneas del Ministerio de Fomento. La nivelación de los pozos de Casma Baja, fué realizada por la Comisión N° 4 de la Dirección de Irrigación del mismo Ministerio.

Para la prospección hidrológica de los pozos se contó con el siguiente equipo:

- Sonda eléctrica
- Winchas de 25 y 2 m.
- Termómetro
- Papel sensible para el pH
- Frascos de plástico para muestras de agua.

AGRADECIMIENTOS.-

Tengo que agradecer a los Ing^{os} de la Comisión de Aguas Subterráneas, Arturo Abele, Walter Gayoso, Carlos Vara y Julie Rodriguez. Por haberme permitido viajar con ellos, así como realizar los trabajos de campo, también por haber permiti

tido que tome algunos datos de sus archivos, como sus consejos sobre la materia.

Al Ing° Alfredo Flórez N. del Departamento de Geotécnica por facilitarme datos de su propia tesis.

Al Ing° Fernando Wadsworth M. profesor del curso de Hidrología de la Facultad de Petróleo de la Universidad Nacional de Ingeniería, por haber asesorado la presente tesis.

Al Ing° Bellido, Jefe de la Comisión de la Carta Geológica, por facilitarme datos sobre la Geología de la zona.

Al Ing° Luis Nasario, de la División de Estudios y Diseños de la Dirección de Irrigación, Ministerio de Fomento por la colaboración en este trabajo, así como por los datos proporcionados sobre la zona del estudio.

Al Servicio de Agrometeorología e Hidrología, del Ministerio de Agricultura. A la Dirección General de Meteorología del Perú, del Ministerio de Aeronáutica, por la facilidad que prestaren para proporcionar los datos sobre las precipitaciones en la zona.

Finalmente a los agricultores de la zona, por sus informaciones y a todas aquellas personas que en una forma u otra han colaborado en la realización de este trabajo.

C A P I T U L O I I

G E O G R A F I A

UBICACION.-

La zona en estudio políticamente está comprendida dentro de la jurisdicción de la provincia de Casma, Departamento de Ancash.

Geográficamente, está ubicada entre los 78°05' y 78°23' de longitud Oeste y entre los 9°19' y 9°34' de latitud Sur; - es decir comprende las Quebradas de los Rios Casma y Sechín y la parte baja del Valle de Casma, desde la Carretera Panamericana hasta el mar.

El área del estudio está atravesada por la Carretera Panamericana en una longitud de 20 kms. iniciándose ésta a la altura del km. 360. Existe otra carretera de gran importancia que es una vía de penetración a la Sierra, la que partiendo de Casma finaliza en Huaras, ciudad que también está unida a toda la región del Callejón de Huaylas. Esta situación geográfica y vial determina en la zona condiciones favorables pa-

ra una buena actividad comercial, la que en el futuro puede ser mejorada en base a un adecuado desarrollo agropecuario - de la región.

CLIMA.-

El clima de la zona corresponde al de Desierto Sub-tropical, caracterizado por escasa pluviosidad y temperaturas medias anuales del orden de 19°6 con pequeñas oscilaciones anuales y estacionales, dándose el caso que en la parte alta las temperaturas son más elevadas y hay mayor número de horas de sol.

PRECIPITACION.-

La precipitación pluvial es casi nula durante todo el año y la humedad relativa es más o menos constante variando entre 74 % y 81 % con un promedio anual de 78 %. Las temperaturas promedio mensuales varían entre 16°3 y 23°8.

TEMPERATURA.-

Dado que en la zona no existen estaciones de importancia, para los fines del presente estudio se han tomado en cuenta - los datos meteorológicos obtenidos en las estaciones de 2° orden de Nepeña y Culebras ubicadas aproximadamente a 20 kms. al Norte y 25 kms. al Sur de Casma, respectivamente.

TEMPERATURA MEDIAS MENSUALES

MES	ESTACION DE NEPERA AÑOS				ESTACION DE HUACATAMBO AÑOS			
	1952	1957	1958	PROMEDIO	1956	1957	1958	PROMEDIO
Enere	--	20.9	23.3	22.1	--	21.3	24.1	22.7
Febrero	23.6	22.8	24.5	23.6	21.9	24.5	24.7	23.7
Marzo	24.0	23.3	24.6	24.0	21.5	24.8	24.9	23.7
Abril	20.0	22.6	--	21.3	20.5	23.6	22.0	22.0
Mayo	17.7	21.2	--	19.4	17.9	22.4	19.3	19.8
Junio	16.8	18.5	18.1	17.8	17.0	21.2	16.9	18.4
Julio	16.3	17.6	17.6	17.1	16.9	21.0	16.3	18.1
Agosto	15.9	16.8	16.1	16.3	16.0	19.3	14.8	16.7
Setiembre	16.3	16.0	17.0	16.4	15.6	17.9	15.0	16.2
Octubre	16.6	16.9	18.3	17.2	16.8	18.5	18.4	17.9
Noviembre	17.4	17.3	18.7	17.8	17.0	19.3	18.6	18.3
Diciembre	17.9	19.2	20.8	19.3	18.5	21.7	19.8	20.0

POBLACION.-

De acuerdo con los resultados preliminares del Censo de Población de 1961, publicados por la Dirección Nacional de Estadísticas y Censo, la provincia de Casma tiene una población total de 26,600 habitantes, de los cuales 11,839 pertenecen al sector urbano y 14,761 al rural.

ACTIVIDADES HUMANAS.-

La siguiente es la forma como se reparte las actividades humanas principalmente en el departamento:

Agricultura	57.92 %
Minería	5.12 %
Industria	13.80 %
Servicios	1.11 %
Comercio	11.22 %
Finanzas	0.31 %
Diversas	6.97 %
Gobierno	2.70 %

En la zona en estudio la Agricultura involucra directa e indirectamente al 85 % de la población.

MERCADOS.-

Los principales cultivos son el maíz y el algodón, el maíz se comercia principalmente con Lima, para los Molinos y Fábricas de derivados. El algodón se comercializa con Huacho - en las Desmetadoras.

C A P I T U L O I I I

G E O L O G I A

ESTRATIGRAFIA.-

En la zona se presentan las siguientes estructuras:

- a) Complejo volcánico detrítico: Es la prolongación directa de la faja sedimentaria cerrada entre el batolito y las orillas del Océano Pacífico.

Se conoce con el nombre de Formación Casma. Formado por derrames volcánicos andesíticos interestratificados con sedimentos calcáreos, se le asigna una edad perteneciente al Cretácico Inferior. Tiene una potencia máxima de 1,000 metros. Se ha tomado una sección de esta formación donde se indica el tipo de rocas que lo forman.

- b) Faja Sedimentaria oriental: Estudios previos.- V. Benavides (1956) y J.J. Wilson, a la luz de sus secciones y reconocimientos en el centro del Perú, establecen la siguiente secuencia, incluida en el término del Grupo Goyllarisquisca:

Formación Chimú: Cuarzitas gruesas, macizas, blancas, único fósil plantas.

Formación Santa: Calizas y lunitas negras. Espesor máximo unos 80 metros.

Formación Carhuas: Areniscas finas y lutitas, color rojo. Intercalaciones de calizas y yeso (raro).

Formación Farrat: Cuarzitas muy desarrolladas en el Norte y Centro del Perú, parecidas a las del Chimú.

En la zona de Casma, la faja sedimentaria oriental, muy bien desarrollada, no se encuentra, ya que no tiene todas las formaciones. Los únicos términos representados son los términos medios. Las calizas inferiores de la formación Santa y las lutitas y areniscas marrones de la Formación Carhuas. Se le conoce con el nombre genérico de Formación Santa-Carhuas. Tiene una potencia máxima de 500 metros. Pertenece a la edad, Cretáceo Inferior.

c) Contra volcánica superior: Grupo Calipuy.- Este grupo se encuentra hacia las nacientes, el material volcánico que lo constituye es el siguiente:

- 1.- de diferentes tipos de lavas: Andesitas, dacitas, riolitas, basaltos, etc.
- 2.- de importantes espesores de tufos.
- 3.- algunas veces de rocas medio intrusivas que dan unos tufos muy alterados. Este grupo puede tener una potencia de 1,200 metros. Pertenece al Terciario.

d) Formaciones Cuaternarias: Formado de la combinación de los siguientes factores:

- 1.- Productos Eólicos
- 2.- Productos de relleno desérticos
- 3.- Productos Aluviales

Este material constituye el aluvión de los ríos así como ~~transgresiones~~ transgresiones marinas, la acción del mar y la erosión eólica. Está formada por grava mezclada con arena, también presenta material arcilloso. Tiene como potencia - máxima 200 metros.

e) Rocas Intrusivas: Las rocas intrusivas que afloran en la zona forman parte del batolito de la costa, intruyendo a las rocas volcánicas y sedimentarias.

Este intrusivo, está formado principalmente por granitos, dioritas y granodioritas.

Por considerarse esta intrusivo como parte del batolito de la costa, se le asigna una edad entre el Cretácico Superior y Terciario Inferior.

COMPORTAMIENTO ACUIFERO DE LAS FORMACIONES.-

La serie estratigráfica se extiende desde el Cretácico Inferior hasta el Cuaternario.

La formación Casma, no presenta condiciones acuíferas, los materiales volcánicos intercalados con lutitas no permi-

ten la acumulación importante de agua subterránea.

La Formación Santa-Carhuas, formada por calizas y lutitas con areniscas marrones, sólo en caso de la existencia de cavernas, podrá almacenar cantidades respetables de aguas subterráneas, por lo tanto resulta un acuífero con muchas limitaciones.

El Grupo Calipuy, es un material volcánico, formado de lavas, tufos y rocas extrusivas, no son característicos, importantes en almacenar agua subterránea.

Las rocas intrusivas, sólo en caso de estar muy fallado podría almacenar agua, las condiciones de estas rocas indican que tienen pocas posibilidades como acuífero.

Las formaciones cuaternarias, son por tanto, las únicas que pueden contener cantidades respetables de agua subterránea.

La geomorfología de la zona, está constituida por tres terrazas, que se observan nítidamente al S.E. de la ciudad de Buenavista, a unos dos kms. de esta localidad, las que presentan las siguientes características:

Terraza I..- constituida por material aluvial grueso, que forma el lecho del río.

Terraza II.- formada litológicamente por cantos medianos, cascajo, grava, englobadas en matriz arenosa, intercaladas con pequeñas lentes limo arcillosas, se observan también rasgos arcillosos.

Terraza III.- formada por cantos de mayor tamaño cuya matriz limo arenosa parcialmente se encuentra alterada.

De estas tres terrazas, la terraza II (intermedia) es la que presenta condiciones más favorables para la explotación de aguas subterráneas.

GEOMORFOLOGIA.-

Considerando una sección orientada de Oeste a Este. Partiendo desde la costa y siguiendo la quebrada del Rio Sechín, servirá de soporte geográfico a la descripción.

a) Playa de guijarros, muy estrecha, después se encuentra el primer escalón costero de rocas volcánicas oscuras, - luego aparece un granito blanco cubierto de arena.

Sin tener en cuenta los factores meteorológicos, es necesario comprender de donde pudo llegar la enorme cantidad de arena que se ha ido acumulando sobre un ancho de 10 a 20 kms. El perfil actual de la costa no permite la explicación de la proveniencia, de manera que los geomorfólogos se rehacen a las antiguas líneas de playas ligadas a una regresión cuaternaria que data del último período glacial andino. Enormes áreas deltaicas ricas en arenas aluviales retrabajadas por

el mar fueran descubiertas y atacadas por la fuerte erosión eólica. Bajo la acción del viento, esta arena habría remontado las depresiones costeras. Después del máximo de la última glaciación una gran transgresión marina al mismo tiempo que cortaba las zonas alimentadas en material eólico de sus manantiales se ha extendido sobre los altos fondos arenosos en pequeñas islas unos fragmentos de la cadena costera, dibujando de esta manera el perfil de la costa arenosa actual.

Más al este del perfil estudiado, se presentan los primeros versantes de la Cordillera Negra. Se trata primero de pequeñas islas enteramente graníticas, luego un material volcánico sedimentario plegado, muy fracturado.- El pie de estos cerros está unido en las arenas provenientes de la costa o en inmensos glacis de relleno desértico inclinados de 9 a 10°

Una matriz argiloarenosa, poco abundante envuelve unos fragmentos rocosos sin alguna clasificación. Unas escasas, pero muy violentas lluvias habrían provocado la formación de estas capas pedregosas, que ocupan las Pampas de Rosario.

La zona actualmente no recibe ninguna lluvia, y a causa de su porosidad relativamente limitada con las cercanas arenas no puede retener la humedad temporal traída por las brumas del invierno.

La masa batolítica superior está caracterizada por un sistema de rocas convexas cubiertas por depósitos de pendientes arenosas,

Más al este todavía, los afloramientos de granito - están bruscamente interrumpidos por una faja de terrenos sedimentarios orientados NW-SE. En esta zona hay fuertes lluvias entre Diciembre y Abril, las infiltraciones provocan - los deslizos de terreno a fuerte matriz argilosa, que colándose en los valles estrechos se transforman en aluviones o huaycos, estas lavas arrebatan las enormes bolas de granito, los bloques de guijarros, provocando, los rellenos aluviales de carácter desértico. Las lluvias del año 1925, provocaron un huayco que destruyó la aldea de Quillo, reconstruida más tarde sobre el antiguo lugar.

Más al este se encuentran las crestas de la Cordillera Negra. Un muro de terrenos volcánicos muy duros se eleva bruscamente encima de la franja sedimentaria de relieves - muy flojos. Formando la cobertura de la Cordillera Negra - una enorme capa de lavas y cenizas llega a desbordar hasta - los límites orientales de la región estudiada.

LEYENDA GEOLOGICA DE CASMA

E R A	SISTEMA	SERIE	COSTA	CORDILLERA OCCIDENTAL
Ceno- zoico	Cuater- nario.	Superior Medio Inferior	Depósitos Cólicos Q.a Aluviales Q.al y marinos Q.m. --Disc. Ang.--	Depósitos alu- viales Q.al ---Disc. Ang.---- Vólcánico Calipy Kti-vca. -- Disc. Ang.----
	Tercia- rio.			
Mese- zoico	Creta- ceo	Superior Inferior	Formación Casma K ¹ -vscas	Formación Santa-Car- huas Ki-saca

NOTA: En el terciario Inferior existe roca intrusiva Granodierita - Diorita
 K_{T1}d1/KT1-gd Granite e Intrusivo Hipabisal.

C A P I T U L O I V

DISTRIBUCION DE LAS TIERRA DE CULTIVO

EXTENSION DE LAS TIERRAS.-

El total de hectáreas estudiadas ha sido 8,105, perteneciendo 4,050 Has. al valle de Sechín con 2,600 Has, cultivadas y las 4,055 Has. restantes a Casma con 2,590 Has cultivadas en la parte baja.

NECESIDAD DE DRENAJE.-

En la parte baja del valle de Casma, se ha podido observar que cerca de 1,500 has. se están salinizando progresivamente consecuencia de la napa freática muy cercana a la superficie debido a la topografía especial que presenta la zona, que se caracteriza por ser casi plana y con pendiente del orden de 5 por mil, que no permite la construcción de un sistema de canales de evacuación por que estos llegan al mar a un nivel más bajo que éste, es decir, que no se puede evacuar el exceso de agua por el sistema de gravedad; así mismo esta situación se ve agravada por el uso indiscriu

minado del agua en la época de abundancia y por la naturaleza de los suelos cuya textura es pesada y de permeabilidad lenta.

Estas tierras que son salinas y deficientes en drenaje son técnicamente factibles de ser recuperables, aunque su costo puede ser relativamente alto por las obras que deberán realizarse, pero aún así, las tierras tendrán suficiente capacidad de pago para justificar cualquier inversión que se haga en ese sentido.

El mejoramiento consistiría en un sistema de drenaje y lavado de las sales solubles como cloruros y sulfatos de sodio que son fácilmente eliminables.

DISTRIBUCION DE LA TIERRA Y TENENCIA.-

El Valle de Casma propiamente dicho - sin considerar - las quebradas de Pariacoto y Yaután - tienen una extensión - de 7,325 has. distribuidas entre 171 fundos y 165 propietarios, según el Padrón de Regantes.

Del total de fundos, 34 son menores de 1 ha. representan el 10.88 % de las propiedades, ocupan el 0.32 % del área y tienen un tamaño promedio de 0.68 Has, sin embargo, tomando en consideración su extensión y número, puede decirse que dichos fundos no tienen mayor significación económica por cuanto no constituyen unidades agrarias de producción y su incidencia porcentual sobre el área total del valle es rela

tivamente baja.

Continuando con el análisis de los minifundios, existen 47 fundos con un tamaño promedio de 2.6 Has., los que en conjunto ocupan una superficie de 122.4 has., o sea el 1.67 % del área total y representan el 27.49 % del número de fundos.

Ambos casos evaluados en conjunto, arrojan cifras que ya tienen significación desde el punto de vista social; es te es, que hay 81 agricultores - cabezas de familia - que no poseen una suficiente extensión de tierras como para - considerar su actividad agrícola económicamente suficiente para sustentar un nivel de vida aceptable y por ende una a decuada condición social.

En lo que respecta a la pequeña propiedad, hay 27 fun dos cuya extensión oscila entre 6 y 10 Has. con un tamaño promedio de 7.73 Has. y que ocupan el 2.85 % del área del valle. Este tipo de chacras, por sus dimensiones, por las condiciones ecológicas del valle y su ubicación con respec te a las vías de comunicación, podría constituir la unidad agrícola mínima siempre que los recursos de agua de regadio fuesen suficientes, condición que en las actuales circuns tancias no se cumplen por el régimen irregular del río Cag as.

6 Considerando los fundos comprendidos entre 11 y 50 Has.

dentro de la categoría de mediana propiedad, en el caso particular de Casma, éstos están representados en número bastante apreciable, así tenemos 46 propiedades con un tamaño promedio de 29.23 Has. que cubren 1,169.13 Has. 15.95 % del área total y representan el 26.90 % del número de fundos.

Entre las 51 y 100 Has. hay 6 fundos con un tamaño promedio de 73.58 Has. los que ocupan una extensión total de 441.50 Has. propiedades que por su tamaño promedio pueden asimilarse a la categoría de mediana propiedad, o sea aquella que permite con cierta amplitud la mecanización de la explotación agrícola, la diversificación de la producción, así como también la explotación de cultivos de tipo industrial.

En lo referente a las propiedades mayores, existen 7 fundos cuyas áreas oscilan entre las 101 y 500 Has., con un tamaño promedio de 201.07 Has., y ocupando una superficie total de 1,407.50 Has., o sea el 19.20 % del área del valle. Hay así mismo 3 fundos con un tamaño promedio de 589.83 Has., representan el 1.75 % del total de fundos y ocupan 1,769.50 Has. - 24.10 % del área del valle.

Finalmente, existen un fundo de 2,183 Has., que ocupa el 29.80 % del área del valle.

Efectuando la evaluación de los fundos mayores vemos que estos están presentes en número de 11, representan solamente el 6.42 % de las propiedades y ocupan una extensión de 5,359 Has., o sea el 73.10 %; significando esto - que la distribución de la tierra es defectuosa - característica común a los valles de nuestra costa - pero que merece ser enmendada dentro de los cauces constitucionales para que la tierra cumpla debidamente su función social - que le corresponde como factor básico de la producción.

ATENCIÓN DE LA TIERRA EN EL VALLE DE CASMA.-

De la superficie total del valle - 7,325 Has. - sólo 1,194.78 Has. correspondientes a 56 fundos se encuentran en poder de arrendatarios, lo que expresado en cifras relativas representan el 32.75 % de los fundos y el 16.31 % del área del valle. Quedando en consecuencia, en poder de sus propietarios el 67.25 % de los fundos y el 83.69 % del área total.

DISTRIBUCION DE LA TIERRA EN EL VALLE DE SECHIN.-

El Valle de Sechín tiene 4,859 Has. sin considerar la zona alta del Distrito de Quillo. Las 4,859 Has del valle están distribuidas entre 217 fundos pertenecientes a 206 propietarios: no encontrándose propiedades menores de 1 Ha.

DISTRIBUCION DE LA TIERRA Y TAMAÑO DE LOS FUNDOS EN EL VALLE DE CASMA

EXTENSION DE LOS FUNDOS (Has)	Nº DE FUNDOS	% DE FUNDOS	SUPERFICIE TOTAL (Has)	% DEL AREA	TAMAÑO PRO- MEDIO (Has)
Menos de 1 Ha.	34	19.88	23.25	0.32	0.68
De 1 a 5 "	47	27.49	122.40	1.67	2.60
De 6 a 10 "	27	15.79	208.83	2.85	7.73
De 11 a 30 "	33	19.30	675.13	9.21	20.46
De 31 a 50 "	13	7.60	494.00	6.74	38.00
De 51 a 100	6	3.52	441.50	6.02	73.58
De 101 a 500	7	4.09	1,407.50	19.20	201.07
De 501 a 700	3	1.75	1,769.50	24.10	589.83
Más de 2000	1	0.58	2,183.00	29.80	2,183.00
T O T A L	171 (1)	100.00	7,325.11	100.00	--

(1) El número de propietarios es de 165 y la cifra consignada corresponde al número de fundos.

condición que lo diferencia del Valle de Casma.

Con el objeto de efectuar un análisis más funcional de la distribución de la tierra en dicho valle, asumiremos convencionalmente tres grandes grupos de categorías de propiedad, y que son las siguientes:

a) Minifundios y pequeña propiedad:

Existen 77 fundos entre 1 y 5 Has., tienen un tamaño promedio de 3.25 Has., ocupan 250 has. - el 5 % del área total - y constituyen el 35 % del número de fundos; no pudiéndosele considerar por sus dimensiones unidades económicas de producción.

Entre 6 y 10 Has. hay 45 fundos - 20.7 % del total - que ocupan 338 Has. - 7 % del área del valle - y con un tamaño promedio de 7.5 Has. que en las actuales circunstancias tampoco pueden considerarse como lotes o unidades mínimas desde el punto de vista económico, dado el régimen irregular del río Sechín, tanto en la frecuencia como en la duración de las descargas.

En suma, el total de minifundios - unos por su extensión, otros por la falta de agua: "minifundios económicos" alcanzan un número bastante elevado si se relacionan al total de propiedades, esto es, 122 fundos o en cifras relativas el 56 % de los existentes en el valle.

b) Mediana propiedad:

En el valle existen:

Entre 11 y 30 Has., 59 fundos - 27 % del total que ocupan 1,074 Has. - 22 % de la superficie del valle - y con un tamaño promedio de 18 Has.; propiedades que en la actualidad a pesar de estar representadas en buen número y constituir unidades ideales de producción dentro de la mediana propiedad, no producen o rinden lo que debieran, en los casos especiales de falta de agua para regadío.

Asimilando a este tipo de propiedad, hay 18 y 11 fundos con un tamaño promedio de 40 y 68 Has, respectivamente y que en conjunto ocupan 1,480 Has., o sea el 30 % del área total.

Sumados los fundos de este tipo, llegan a alcanzar un número total de 88 - 40.5 % de los del valle - y ocupan 2,554.6 Has., lo que constituye el 52.5 % del área total; propiedades que representan económicamente y socialmente una buena parte del potencial productivo del valle.

c) Gran propiedad:

Hay 6 fundos - 2.8 % del número total - que ocupan 1,172.05 Has. - 24.12 % del área del valle - y con un tamaño promedio de 195.33 % Has. Así mismo hay un fundo de 544 Has. que ocupa el 11 % del área total.

En conjunto representan el 3.26 % de fundos y ocupan el 35 % del área, o sea 1,716.05 Has.

TENENCIA DE LA TIERRA EN EL VALLE DE SECHIN.-

De las 4,859 Has. que tiene el valle de Sechín, 1,542 Has. se encuentran bajo el régimen de arrendamiento. Su superficie que supera casi en 400 Has. a la que se encuentra en análogas condiciones en el Valle de Casma, que además es más extenso. Ello es explicable si se considera que el valle es deficitario en recursos hídricos, lo que hace que muchos propietarios no se encuentren inclinados a efectuar inversiones que corren el peligro de perderse o de recuperarse parcialmente, como ya ha ocurrido en el curso de numerosas campañas agrícolas.

Por otro lado, agricultores que no poseen tierras se sienten tentados de trabajarlas en calidad de arrendatarios aún cuando las condiciones concurrentes al proceso productivo son deficientes, lo que en la mayoría de los casos origina que dichos agricultores desarrollen sus actividades en condiciones económicas marginales - de acuerdo al rango de sus empresas agrícolas.

Las tierras arrendadas están distribuidas entre 69 fundos - 31.8 % del total - y representan el 31.7 % del área del valle. De este número de fundos destacan aquellos cuyas extensiones están comprendidas entre 11 y 30 Has. y con tamaño promedio de 19 Has. Esta mayor incidencia tal vez se deba a que este tipo de propiedades - debido a su extensión permi-

DISTRIBUCION DE LA TIERRA Y TAMAÑO DE LOS FUNDOS EN EL VALLE DE SECHIN

EXTENSION DE LOS FUNDOS (Has)	Nº DE FUNDOS	% DE FUNDOS	SUPERFICIE TOTAL (Has)	% DEL AREA	TAMAÑO PROMEDIO (Has)
De 1 a 5	77	35.48	250.05	5.14	3.25
De 6 a 10	45	20.74	338.40	7.00	7.53
De 11 a 30	59	27.18	1,074.20	22.10	18.20
De 31 a 50	18	8.28	723.70	14.88	40.16
De 51 a 100	11	5.06	756.90	15.58	68.73
De 101 a 500	6	2.80	1,172.05	24.12	195.33
Más de 500	1	0.46	544.00	11.18	544.00
T O T A L	217 (1)	100.00	4,859.30	100.00	--

(1) Hay 217 fundos pertenecientes a 206 propietarios según el Padrón de Regantes.

te a los propietarios la obtención de ingresos satisfactorios per conceptos de arrendamientos y a los arrendatarios suficientes ingresos como para cumplir sus compromisos económicos y sustentación familiar. Es decir, que dichos fundos, en las actuales condiciones de desarrollo, - tienen buena capacidad de pago o soportabilidad.

En lo que respecta a los fundos que son explotados - directamente por sus propietarios, estos llegan a 148, o sea el 68 % de los del valle y ocupan 3,317.3 Has. que representa el 68.3 % del área total.

CAPITULO V

HIDROLOGIA

RECURSOS HIDRAULICOS DISPONIBLES.-

La fuente de agua en estos valles son los Ríos Casma y Sechín. El Río Casma, denominado en su curso superior Río Grande cuyo régimen es torrencioso e irregular, presentando dos periodos bien marcados: uno casi seco y otro que se presenta de Febrero a Abril, en el cual se pierde grandes volúmenes de agua en el mar. El Río Sechín cuenta con aguas - muy limitadas y eventuales.

CUENCAS.-

RIO CASMA:

El Río Casma está formado por dos tributarios principales que son el río Grande y el Yaután, que se unen a la altura de la localidad de Poctao, después del pueblo de Yaután, aguas abajo.

El río Yaután nace en la Cordillera Negra y está formado por una serie de tributarios que bajan por las quebradas de Mangán, Teclio, Ucho; su cuenca tiene aproximadamente 250 kms² comprendidos entre el Divortium de la Cordillera Negra y los 2,800 m,s.n.m. que es la cota de lluvias regulares.

En la cuenca existen una serie de pequeñas lagunas como las llamadas Teclio, Cashma, Mangán, etc.

El río Grande, nace en la Cordillera Negra a la altura de 4,500 m.s.n.m. y está formado por la unión de una serie de riachuelos; el área de la cuenca es aproximadamente de 560 km² y en ella existen una serie de lagunas como las denominadas Quilca, Terococha, Huarmicbba, Palmacocha, etc.

Teniendo en cuenta el área de las cuencas de los ríos Yaután y Grande, el río Casma tiene aproximadamente 810 km² cuenca, en la cual se producen las lluvias regulares.

RIO SECHIN:

El río Sechín nace en el lado occidental de la Cordillera Negra, tiene una cuenca muy pequeña del orden de 220 km² desde el Divortium de la Cordillera Negra hasta la cota - 2,500 m.s.n.m.; como consecuencia de esta pequeña área, la irregularidad de las lluvias que tienen poca duración y gran intensidad y la fuerte pendiente del río, el régimen de éste es torrencioso e irregular, dándose el caso que en muchas o-

portunidades los pueblos de Buenavista y Casma se vean amenazados por las aguas.

PRECIPITACION PROMEDIO.-

Para determinar la precipitación promedio Cuen-
cas, se ha llevado a cabo la recolección de datos de precipitación totales mensuales en varios años, de aquellas Estaciones Meteorológicas ubicadas en la cuenca y otras Estaciones de cuencas vecinas.

Estos datos han sido proporcionados por el Servicio de Agrometeorología e Hidrología, del Ministerio de Agricultura; y por la Dirección General de Meteorología del Perú, del Ministerio de Aeronáutica.

Se indica a continuación los cuadros correspondientes a cada Estación, consignando en ellos, su latitud, longitud, altitud, las precipitaciones totales mensuales en los años indicados, el total anual en los años de registros completos, los totales para cada mes, los promedios mensuales y por último el total promedio anual.

OBSERVATORIO DE QUILLO (Altitud 1,215)

Lat. 09° 20'

Long. 78° 03'

M E S	A Ñ O S		TOTALES	PROMEDIOS
	1965	1966		
Enero	--	20.4	20.4	20.4
Febrero	--	4.7	4.7	4.7
Marzo	--	0.8	0.8	0.8
Abril	3.3	0.1	3.4	1.7
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.0
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0
Setiembre	0.0	0.0	0.0	0.0
Octubre	0.8	2.6	3.4	1.7
Noviembre	2.7	4.0	6.7	3.4
Diciembre	1.4	1.4	2.8	1.4
TOTALES	8.2	34.0	42.2	34.1

OBSERVATORIO DE PIRA (Altitud 3570)

Lat. 9° 35'

Long. 77° 43'

M E S	A 1963	N 1964	O 1965	S 1966	TOTALES	PROMEDIOS
Enero	--	25.0	49.0	108.4	182.4	60.8
Febrero	--	46.6	415.6	84.8	547.0	18.2
Marzo	--	155.3	198.1	132.4	485.8	161.9
Abril	--	65.9	63.8	81.3	211.0	70.3
Mayo	--	0.0	42.0	11.7	53.7	17.9
Junio	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Julio	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Setiembre	--	0.0	3.5	6.3	9.8	3.3
Octubre	--	0.0	43.5	164.6	208.1	69.4
Noviembre	65.7	0.0	19.4	82.9	168.0	42.0
Diciembre	61.3	1.5	80.2	76.6	219.6	54.9
TOTALES	127.0	294.3	915.1	749.0	2,085.4	498.7

OBSERVATORIO DE CAJAMARQUILLA (Altitud 2,709)

Lat. 09° 38'

Long. 77° 45'

M E S	1964	1965	1966	TOTALES	PROMEDIOS
Enero	22.0	59.9	89.5	171.4	57.1
Febrero	67.8	93.1	79.8	240.7	80.2
Marzo	107.4	171.3	61.3	340.0	113.3
Abril	70.6	35.1	27.1	132.8	44.3
Mayo	0.4	5.2	5.0	10.6	3.5
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Setiembre	3.4	0.0	11.6	15.0	5.0
Octubre	50.5	30.1	83.1	163.7	54.6
Noviembre	21.7	10.8	26.1	58.6	19.5
Diciembre	11.0	56.5	12.8	80.3	26.8
TOTALES	354.8	462.0	396.3	1213.1	404.3

H U A R A Z

Latitud: 09°32'

Longitud: 77°33'

Alturas: 3,127 m.s.n.m.

AÑO	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	TOTAL.
1952											45.1	--	
53	139.0	251.3	42.8	--	--	--	--	0.0	0.0	--	80.8	136.0	
54	209.6	94.9	106.9	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	47.5	51.7	547.4
55	89.1	187.1	120.0	57.0	0.0	--	--	--	7.1	16.6	5.4	78.4	
56	73.6	112.9	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	22.6	0.0	0.0	
57	--	73.7	37.4	71.3	13.7	0.0	0.0	0.0	9.5	144.8	8.9	11.8	
58	50.5	86.1	148.5	44.6	5.9	0.0	0.0	0.0	17.8	26.7	7.1	10.1	397.4
59	10.7	--	142.6	38.0	75.4	0.0	0.0	0.0	0.0	90.2	11.0	133.1	
60	64.1	95.0	71.3	129.5	8.9	0.0	0.0	5.9	8.9	14.3	62.4	50.5	511.3
61	128.9	60.6	63.5	166.4	19.6	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	26.8	107.5	597.5
62	121.2	82.6	191.9	47.5	3.0	0.0	0.0	0.0	39.2	32.1	50.5	34.5	602.3
63	84.2	103.4	160.3	126.5	2.4	0.0	0.0	0.0	23.8	38.7	104.6	140.2	793.0
64	42.2	52.9	135.4	52.3	38.6	0.0	1.2	3.6	--	23.2	49.9	10.1	
65	54.1	51.1	26.1	11.9	17.8	0.0	0.0	0.0	22.6	53.5	19.0	54.7	310.7
66	--	32.1	51.6	24.9	7.7	0.0	0.0	0.0	9.5	107.5	52.3	--	
67	90.3												
TOTAL	1163.5	1283.7	1307.3	719.9	200.8	0.0	1.2	9.5	146.8	595.8	642.2	818.6	
PRGM.	89.6	98.7	101.0	55.3	15.5	0.0	0.1	0.7	11.3	45.8	42.8	63.0	543.8

C H A N C O S

Latitud: 09°19'

Longitud: 77°33'

Altura: 2,688 m.s.n.m.

AÑOS	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	TOTAL
1952											71.08	--	--
53	120.3	145.0	122.7	--	--	--	--	0.0	0.0	26.7	42.5	32.2	--
54	145.7	24.3	79.0	0.3	0.0	4.9	0.0	0.0	7.3	60.8	43.2	18.2	389.6
55	163.4	133.7	48.6	45.6	10.3	0.0	--	0.0	6.7	24.9	13.4	9.1	--
56	21.3	113.6	--	43.1	3.5	0.0	0.0	0.0	18.2	3.4	3.0	7.3	--
57	--	185.0	121.5	55.9	9.1	1.8	0.0	0.0	0.0	114.8	57.7	33.4	--
58	11.7	70.5	333.3	98.4	4.9	0.0	0.0	0.0	8.5	44.3	6.1	0.0	577.6
59	42.8	--	46.8	161.0	76.5	3.6	0.0	0.0	0.0	40.1	74.0	35.0	--
60	79.0	164.0	115.4	94.2	24.3	0.0	0.0	0.0	4.3	14.6	19.4	21.3	537.0
61	17.6	19.4	157.9	151.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.1	121.5	511.5
62	94.2	189.5	60.3	22.5	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	46.2	10.3	438.1
63	105.1	91.7	175.5	107.5	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	77.8	106.4	714.2
64	47.4	97.2	72.9	96.0	34.0	0.0	0.0	9.1	0.0	17.0	6.7	3.0	838.3
65	40.7	40.1	120.3	57.8	37.1	0.0	0.0	0.0	49.2	26.1	49.2	49.2	469.5
66	--	44.3	93.0	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	63.8	40.7	--	
TOTAL	889.0	1318.4	1547.0	952.3	230.9	10.4	0.0	9.1	102.7	472.8	600.2	446.9	
PROM.	74.1	101.4	119.0	73.3	17.8	0.8	0.0	0.7	7.4	33.8	40.0	34.4	502.7

Y U N G A Y

Latitud: 09°11'

Longitud: 77°45'

Altura: 2,585 m.s.n.m.

AÑOS	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	TOTAL
1953		70.0	158.0	--	--	--	--	0.0	0.0	14.3	29.1	29.7	--
54	153.9	44.7	53.5	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	4.2	32.1	34.5	14.6	340.9
55	118.2	151.5	34.5	26.1	3.6	0.0	0.0	0.0	3.0	12.5	5.9	2.4	357.6
56	17.8	95.0	--	29.1	3.0	0.0	0.0	0.0	14.9	0.0	0.0	0.0	
57	--	48.3	77.2	14.3	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	11.9	10.1	
58	7.4	53.0	207.3	74.8	2.4	0.0	0.0	0.0	3.6	2.4	3.6	0.0	354.4
59	3.0	--	37.4	101.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	53.9	73.1	
60	51.1	113.7	89.1	82.7	10.7	0.0	0.0	0.0	1.2	7.7	15.4	13.1	403.7
61	71.9	5.9	121.2	82.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	8.9	322.8
62	23.8	0.0	98.3	16.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	24.4	1.2	171.8
63	21.4	45.1	180.0	71.9	29.1	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	19.6	59.4	439.0
64	8.9	36.2	54.7	107.7	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	10.1	8.3	9.5	244.1
65	17.2	20.2	115.2	19.6	4.8	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	6.5	35.6	229.9
66	--	17.2	20.2	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	28.5	1.8	--	
TOTAL	494.6	700.8	1246.6	637.1	86.4	3.6	0.0	7.7	42.4	180.8	248.9	257.6	
PRGM.	45.0	53.9	95.9	49.0	6.7	0.3	0.0	0.6	3.0	12.9	17.8	19.8	304.9

POLIGONO DE THIESSEN.-

Para conocer la precipitación promedio de la Cuenca, se ha empleado el método del Polígono de Thiessen.

Este método consiste en un sistema gráfico; en un plano de la cuenca se ubican las Estaciones Meteorológicas de la cuenca y de cuencas vecinas; se unen por medio de rectas de 2 en 2 estaciones y en su punto medio se trazan perpendiculares (mediatrices), la intercepción de las mediatrices determina polígonos irregulares, los que encierran una estación en cada polígono, se asume que el área comprendida dentro del polígono tiene la misma intensidad de lluvia que la estación respectiva.

Al final de este trabajo se adjunta un plano donde figura el Polígono de Thiessen desarrollado.

La precipitación promedio de la cuenca es de este modo:

$$P = \frac{P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 + \dots + P_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Donde:

P_1 es precipitación y

A_1 es área del polígono.

Para la cuenca en estudio se tiene:

Estación Quillo:

$$P_1 = 34.1 \text{ mm/m}^2 \times A_1 = 456.0 \text{ km}^2 = 15,549.6 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

Estación Pira:

$$P_2 = 498.7 \text{ mm/m}^2 \times A_2 = 462.0 \text{ km}^2 = 230,399.4 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

Estación Cajamarquilla:

$$P_3 = 404.3 \text{ mm/m}^2 \times A_3 = 470.8 \text{ km}^2 = 190,344.4 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

Estación Huaraz:

$$P_4 = 543.8 \text{ mm/m}^2 \times A_4 = 6.8 \text{ km}^2 = 3,697.8 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

Estación Chancos:

$$P_5 = 502.7 \text{ mm/m}^2 \times A_5 = 37.6 \text{ km}^2 = 18,901.5 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

Estación Yungay:

$$P_6 = 304.9 \text{ mm/m}^2 \times A_6 = 184.4 \text{ km}^2 = 56,223.6 \text{ mm.km}^2/\text{m}^2$$

T O T A L 1,617.6 515,116.3

$$\text{Precipitación promedio} = \frac{515,116.3}{1,617.6}$$

$$P = 318.4 \text{ mm/m}^2.$$

ESCORRENTIA.-

Es toda el agua que drena de la tierra por medio de canales superficiales.

Está constituida en proporciones variables por la escorrentía superficial y la escorrentía de aguas subterráneas.

De toda el agua precipitada sobre la tierra:

- a) Una parte se evapora y es llevada por los vientos a zonas del mar en donde se precipita o se vuelve a precipitar en zonas de tierra.
- b) Otra parte vuelve a los mares en forma de escorrentía superficial.
- c) Otra se infiltra en la tierra para reaparecer después como escorrentía de agua subterránea que desagua en ríos y canales.
- d) Otra es almacenada temporalmente en el suelo para luego evaporarse y volverse a precipitar.
- e) Otra es absorbida por las raíces de las plantas y luego es transpirada.
- f) Por último, una parte permanece en las fibras de las plantas hasta que ésta se disecca o destruye,

Según Meinzer la precipitación anual media sobre la superficie de tierra es 40 pulgadas, lo que represente unas 35,000 millas cúbicas de agua. Los ríos en promedio retor-

nan al mar unas 7,000 millas cúbicas anuales o sea el 20 % de la precipitación anual, el resto se evapora o transpira y se forma el ciclo hidrológico.

EL FENOMENO DE ESCORRENTIA.-

Gran parte del agua que cae durante la primera parte - de una lluvia queda interceptada en la cobertura vegetal y otra almacenada en las depresiones naturales del terreno, a medida que la lluvia continúa la superficie del suelo queda cubierta con una película de agua conocida con el nombre de superficie de detención y luego empieza el flujo pendiente abajo, hacia un canal superficial, al flujo ya en el canal se le conoce como escorrentía superficial.

La parte de la precipitación que no aparece ni como infiltración ni como escorrentía superficial durante o inmediatamente después de finalizada la lluvia se le llama retención superficial; esta retención incluye; intercepción, almacenamiento en depresiones y evaporación durante la lluvia, pero no incluye el agua que temporalmente está almacenada y en ruta a las corrientes o desagües de la hoya.

Una vez que la vegetación ya esta saturada, la intercepción propiamente dicha cesa, pero una gran parte de agua se evapora de la enorme superficie mojada de las hojas de las plantas; esta intercepción es reducida por el viento, pero la rata de evaporación aumenta.

Se han hecho varias estudios con el fin de calcular la intercepción, para ello se usan pluviógrafos puestos debajo de los follajes y se comparan con los volúmenes obtenidos en otros puestos al descubierto.

Horton dedujo una serie de formulas para determinar la intercepción (por lluvia) para varios tipos de cobertura vegetal; aplicando las fórmulas para lluvias de 1 pulgada y asumiendo una densidad normal de cobertura se obtiene los siguientes valores de intercepción.

Cosecha	Altura metros	Intercepción <u>pulgadas</u>
Maíz	1.80	0.03
Algodón	1.20	0.33
Tabaco	1.20	0.07

El agua de lluvia retenida en charcos, zanjas y otras depresiones del terreno se llama almacenamiento por depresiones. Tan pronto como la intensidad de lluvia excede la capacidad de infiltración, exceso de lluvia empieza a llenar las depresiones, cuando se llenan, cualquier entrada posterior se balancea por la salida más evaporación más infiltración.

Las depresiones más pequeñas se llenan primero, luego el exceso de éstas, ayuda a llenar las más grandes y por último se crea un flujo continuo que va a los canales prin

cipales. El agua que queda en estas depresiones al final de la lluvia se evapora o es absorbida por el suelo en forma de infiltración. La cantidad total de agua almacenada por estas depresiones puede ser grande o pequeña de acuerdo con las condiciones propias de cada terreno, sin embargo en general el orden de magnitud es grande en terrenos en los cuales hay estanques, terrazas y los sembrados son siguiendo curvas de nivel, mientras que terrenos muy nivelados y con drenajes tienen poco almacenamiento por depresiones.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.-

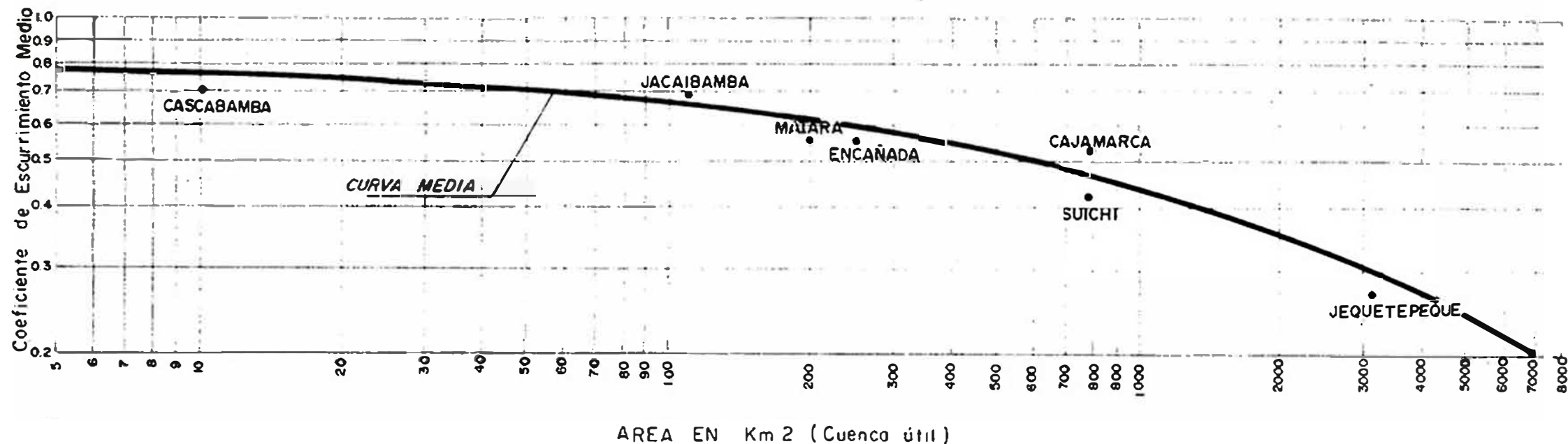
Es el porcentaje de las precipitaciones que presentan el fenómeno de escorrentía, el resto se evapora, se infiltra o es retenido por la vegetación.

Este coeficiente se encuentra graficado para una zona extensa del Perú. Se acompaña este gráfico en el presente trabajo.

Conociendo la extensión de la Cuenca se determina el coeficiente de escorrentía.

DETERMINACION DE LA MASA TOTAL DE ESCORRENTIA DE LAS CUENCAS.-

La Cuenca total de los rios Casma y Sechín es de 1,030 km². luego el coeficiente de escorrentía es 0.65.



Los puntos correspondientes a : CAJAMARCA, JEQUETEPEQUE, ENCAÑADA, MATARÁ; corresponden a los calculados en el proyecto integral de Irrigación en el Valle Jequetepeque, realizado por lo firma Soldí Chovez, en Febrero de 1962 .

Los puntos correspondientes a : JACAIBAMBA, y CASCABAMBA, corresponden a los Estudios Hidrológicos de de estas cuencas, realizados en el Dptº de Diseños de lo División de Estudios y Proyectos de lo Dirección de Irrigación del Ministerio de Fomento y O.P.

Dibujado por E. RIOS REAÑO

La precipitación promedio es 318.4 mm/m². La masa anual de toda la cuenca se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$M = k.p.c.$$

Donde:

M = masa anual de la cuenca (escorrentía), en millones de m³

P = precipitación pluvial promedio en metros

k = cuenca en kms.²

c = coeficiente de escorrentía

luego se tiene reemplazando valores:

$$M = 1,030 \times 0.318 \times 0.65$$

$$M = 212.88 \text{ millones de m}^3.$$

Son 212.88 millones de m³. con que se puede contar en la Cuenca de Casma y Sechín, en promedio anual.

AFOROS DE LOS RIOS.-

Se ha recogido los datos de los ríos Casma y Sechín de la Administración de Aguas del lugar y del Departamento de Hidrología del Ministerio de Fomento, completándolos unos a otros y descartando en el caso de Sechín aquellos años cuyos registros son incompletos.

- Aforos del río Casma: Este río tiene su Estación de Aforos en el cruce de éste con la Carretera Panamericana. Comen-

saron a tomarse sus descargas en Enero de 1931 y se siguen hasta la fecha en forma ininterrumpida. Debemos anotar - las discrepancias que hay a veces entre las cifras de la - Administración de Aguas y las existentes en el Ministerio de Fomento. Entre ellas cabe indicar las siguientes:

Administración de Aguas

Sólo tiene registros desde 1952.

Sus cifras de 1952 sólo se concretan a Setiembre y Diciembre.

Departamento de Hidrología

Tiene datos desde 1931

Tiene cifras de todo el año y las de Set, y Dic. coinciden con las de la Administración de Aguas.

En Enero de 1954 no hay coincidencia en los registros de ambas dependencias. Hemos tomado las del Ministerio de Fomento. Igual sucede con los de Enero y Abril de 1958 y Mayo de 1957

- Aforos del río Sechín: Este río es aforado por la Administración de Aguas teniendo su Estación de Aforos en el puente con la Carretera Panamericana. Al igual que en el caso del río Casma, las cifras de dicha Administración no guardan concordancia absoluta con las de la Oficina del Ministerio de Fomento; hay pocas diferencias siendo la más saltante la referente a Febrero y Abril de 1953 en que aparecen descargas en el Libro de Casma (10.8 y 10.1 millones de m³. respectivamente), y SECO en la Dependencia de Fomento.

Desde 1940 hasta 1965, solamente hay 19 años con datos completos y son los únicos que hemos tomado para establecer el régimen del río.

REGIMENES DE LOS RIOS.-

A continuación se indican las masas mensuales de los ríos a través de sus años completos de registros. Al final de cada cuadro aparece el año promedio típico para cada río que nos va a servir para establecer los regímenes de los mismos.

- Régimen del río Casma: El 77.09 % del volumen de las descargas ocurren entre los meses de Febrero y Abril, siendo el mes de Marzo el más importante con su casi 35 %. Esto quiere decir que más de la tercera parte de la masa anual promedio se afora en dicho mes. Otros meses en que hay volúmenes importantes son Enero y eventualmente Mayo y Junio.

La frecuencia de las descargas nos indica además que en Febrero, Marzo y Abril han ocurrido descargas durante los 34 años. Muy próximos a estas frecuencias se hallan los meses de Enero y Mayo que tienen dos y un año secos, respectivamente.

- Régimen del río Sechín: Este río es más pobre que el anterior. Se deduce que casi la totalidad de la masa del río ocurre entre Enero y Abril: 97.64 % dejando tan sólo un 2.3 % para el resto del año. Se indica también que el mes más im-

portante es Marzo, dado que más del 40 % de la masa promedio se registra en él.

El mes de mejor frecuencia es el de Marzo con volúmenes de descargas ocurridas en 14 de los 19 años considerados para nuestros cálculos; le siguen en importancia Abril, Febrero y Enero con 13, 12 y 10 respectivamente.

MASAS MENSUALES DEL RIO CASMA EN MILLONES DE m³

AÑOS	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Totales
1932	12.5	48.9	59.5	35.0	7.3	2.9	0.7	0.5	0.3	0.3	3.3	0.5	171.7
33	25.0	83.6	97.0	97.6	11.4	1.4	0.9	0.7	0.4	0.9	0.2	0.2	319.3
34	19.9	35.7	99.4	57.0	18.2	7.9	6.4	5.0	2.7	1.3	1.2	0.4	255.1
35	7.2	11.9	122.6	32.9	21.2	10.3	2.3	0.8	0.3	0.2	1.0	12.2	222.9
36	23.3	24.3	21.1	23.2	10.1	3.7	1.7	1.4	1.2	1.6	1.9	1.5	120.0
37	3.6	6.5	36.7	4.0	1.3	2.0	1.6	1.2	0.9	0.7	2.6	6.0	67.1
38	3.9	200.3	66.6	21.6	15.0	5.6	3.2	2.4	1.8	1.6	1.8	0.1	333.9
39	5.1	44.4	83.4	72.1	40.1	21.6	14.0	2.3	2.0	1.4	0.8	6.3	293.5
1940	19.8	36.8	82.3	62.5	18.6	6.7	3.1	2.7	1.7	3.7	4.6	3.5	246.0
41	13.7	47.8	81.0	11.1	5.1	2.8	1.2	1.0	1.3	0.4	1.2	7.0	203.6
42	20.3	31.1	28.5	37.1	38.3	4.0	3.1	2.3	0.8	0.4	0.2	1.6	167.7
43	13.6	65.7	74.5	69.1	18.2	2.6	1.7	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	247.9
44	15.0	59.4	117.2	21.5	8.2	2.2	1.0	2.1	0.2	0.2	0.2	0.1	227.3
45	0.2	11.7	48.9	11.0	1.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	15.8	90.4
46	40.0	2.4	67.0	40.2	9.8	1.3	0.8	0.8	0.6	0.5	0.4	11.2	175.0
47	0.9	9.0	39.8	15.2	7.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	74.2
48	66.5	22.8	32.2	24.7	7.4	1.3	0.0	0.0	0.0	10.1	7.8	0.0	172.8
49	0.0	2.2	121.0	81.4	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	212.5
1950	0.1	33.2	29.0	63.3	19.2	171.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	323.2
51	5.7	23.9	43.7	30.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.1	25.2	160.0

MABAS MENSUALES DEL RIO CASMA EN MILLONES DE m³

Años	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Totales
1952	58.6	41.7	48.9	33.7	0.9	1.2	0.0	1.0	0.5	0.3	0.0	22.3	189.1
53	17.0	67.9	24.7	51.8	3.2	0.0	0.7	0.2	0.2	0.2	5.1	14.0	185.0
54	31.9	10.5	21.7	0.8	0.8	0.0	0.5	0.4	0.1	0.0	0.3	0.0	67.0
55	6.1	78.0	80.5	35.7	0.6	1.0	0.0	0.7	0.5	0.2	0.0	0.0	203.3
56	10.1	54.0	96.5	74.8	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	243.0
57	0.1	40.4	75.9	31.4	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	154.3
58	8.6	26.5	86.1	16.1	0.4	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	138.1
59	0.0	10.7	42.7	62.6	9.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	129.2
1960	18.2	49.2	34.1	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	104.0
61	37.9	23.1	52.9	81.9	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	214.3
62	34.3	36.1	76.2	50.5	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	210.5
63	1.5	12.0	53.0	50.6	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	16.6	141.0
64	0.2	5.6	40.2	36.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.5
1965	4.1	10.8	97.8	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.3
TOTAL	529.8	1298.1	2182.6	1337.4	326.8	25.5	43.2	26.7	16.3	24.9	64.4	154.0	6275.7
PROM.	15.58	38.18	64.19	39.92	9.61	7.40	1.27	0.79	0.48	0.73	1.89	4.53	184.57

MASAS MENSUALES DEL RIO SECHIN EN MILLONES DE m³

ANOS	En.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Totales
1943	2.5	16.2	17.5	7.0	1.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.3
46	4.2	2.4	14.9	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	29.2
48	2.7	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
49	0.0	0.0	2.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
1950	0.0	0.0	0.4	6.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	8.9
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	0.5	10.8	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	21.5
54	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
55	0.0	4.6	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
56	0.9	3.8	13.1	2.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4
57	3/4	3/4	19.5	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2
58	0.0	4.1	6.9	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.7
59	0.0	0.8	6.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
1960	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
61	3.6	0.1	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.1
62	0.3	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
63	0.0	0.1	0.5	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
64	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1965	0.0	0.0	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
TOTAL	23.0	47.4	103.3	61.8	4.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	241.3
FROM.	1.21	2.39	5.44	3.25	0.21	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	12.7

REGIMEN DEL RIO CASMA

MES	MASAS		Frecuencia	VALORES		EXTREMOS	
	m ³	%		Máximos (años)	Mínimos (años)		
Enero	15'58	8.44	32/34	66'5 (1948)	0'0 (2 años)		
Febrero	38'18	20.69	34/34	200'3 (1938)	2'2 (1949)		
Marzo	64'19	34.78	34/34	122'6 (1935)	21'1 (1936)		
Abril	39'92	21.62	34/34	97'6 (1933)	0'8 (1954)		
Mayo	9'61	5.21	33/34	38'3 (1942)	0'0 (1965)		
Junio	7'40	4.01	23/34	171'1 (1950)	0'0 (11 años)		
Julio	2'27	0.69	18/34	14'0 (1939)	0'0 (16 años)		
Agosto	0'79	0.43	20/34	5'0 (1934)	0'0 (14 años)		
Setiembre	0'48	0.26	19/34	2'7 (1934)	0'0 (15 años)		
Octubre	0'73	0.40	20/34	10'1 (1948)	0'0 (14 años)		
Noviembre	1'89	1.02	20/34	28'1 (1951)	0'0 (14 años)		
Diciembre	4'53	2.45	24/34	25'2 (1951)	0'0 (10 años)		
TOTALES:	184'57	100.00		333'9 (1938)	67'0 (1964)		

REGIMEN DEL RIO SECHIN

MES	MASAS		Frecuencia	VALORES		EXTREMOS	
	m ³	%		Máximos (años)	Mínimo (años)		
Enero	1'21	9.53	10/19	4'8 (1954)	0'0 (9 años)		
Febrero	2'50	19.68	12/19	16'2 (1943)	0'0 (7 años)		
Marzo	5'44	42.82	14/19	19'5 (1957)	0'0 (5 años)		
Abril	3'25	25.61	13/19	14'7 (1958)	0'0 (6 años)		
Mayo	0'21	1.66	4/19	1'8 (1943)	0'0 (15 años)		
Junio	0'01	0.08	1/19	0'2 (1943)	0'0 (18 años)		
Julio	0'00	0.00	1/19	0'1 (1943)	0'0 (18 años)		
Agosto	0'00	0.00	0/19		0'0 (19 años)		
Setiembre	0'00	0.00	0/19		0'0 (19 años)		
Octubre	0'00	0.00	0/19		0'0 (19 años)		
Noviembre	0'00	0.00	0/19		0'0 (19 años)		
Diciembre	0'00	0.62	4/19	0'9 (1950)	0'0 (15 años)		
TOTALES	12'70	100.00		45'3 (1943)	0'0 (1952)		

C A P I T U L O V I

D E M A N D A S D E A G U A

Para poder determinar la demanda de agua en una zona determinada es necesario conocer primero el área y la distribución de los cultivos en dicha zona y luego hallar la cantidad de agua requerida.

AREA Y DISTRIBUCION DE CULTIVOS.-

De las 4,859 Has. que tiene el Valle de Sechín, se ha determinado mediante estudios cartográficos una superficie cultivada de 2,600 Has. La siguiente es la distribución de los cultivos.

DISTRIBUCION ACTUAL DE CULTIVOS EN EL VALLE DE SECHIN

CULTIVO	EXTENSION (Has.)	PORCENTAJE
Maíz	2,100.00	80.77
Algodón	350.00	13.46
Varios	150.00	5.77
TOTALES	2,600.00	100.00

En la zona baja de Casma, se verificó una extensión cultivada de 2,590 Has. con la siguiente distribución de cultivos:

DISTRIBUCION ACTUAL DE CULTIVOS EN EL VALLE DE CASMA BAJA

CULTIVO	EXTENSION (Has.)	PORCENTAJE
Maíz	1,496.00	57.76
Algodón	908.00	35.06
Varios	186.00	7.18
TOTALES	2,590.00	100.00

Los rendimientos promedios actuales del cultivo del maíz, en Sechín, para la generalidad de los agricultores, es del orden de los 3,000 kgs. per Ha. Los rendimientos promedio, en Casma Baja, son mejores que los obtenidos en Sechín, ello se debe a que las descargas del Río Casma son más prolongadas y regulares; al uso relativamente generalizado del agua del subsuelo y a la disponibilidad de mayores recursos económicos.

REQUERIMIENTOS DE AGUA.-

Pasaremos a mencionar una serie de conceptos necesarios para obtener un mejor resultado en los requerimientos de agua.

1.- Transpiración:

Es un fenómeno de emisión de agua a través de las hojas de las plantas, este proceso es afectado por los mismos factores que afectan la evaporación como son los meteorológicos, cantidad de luz y por el área de la hoja del vegetal.

2.- Evapotranspiración:

Llamado también "Uso Consuntivo" del agua de las plantas, el concepto de evapotranspiración involucra el fenómeno de evaporación, precipitación y transpiración. De la dificultad que existe para separar con precisión estos fenómenos y trayendo por consecuencia el uso de este vocablo, que expresa el consumo de agua de una plantación.

Para el cálculo de la evapotranspiración de las plantas se han propuesto varias fórmulas que están basadas en estadísticas meteorológicas; no tienen una precisión elevada pero dan resultados suficientes de la evapotranspiración de una plantación y de la evapotranspiración potencial.

3.- Evapotranspiración potencial.-

Se define como la evapotranspiración que ocurriría si hubiera abastecimiento adecuado de humedad en todo tiempo.

FORMULA EMPIRICA PROPUESTA POR BLANNEY Y CRIDDLEY.-

Para calcular la evapotranspiración potencial se asume que el consumo mensual de aguas es (U_m), en función de la tem

peratura mensual promedio (t), del porcentaje mensual (p) de horas de luz al año (sol), de un coeficiente (k) que depende de las características fisiológicas y biológicas de las plantas o vegetal considerado.

Así:

$$U_m = F(t.p.k.)$$

$$t = \text{en } ^\circ\text{F}$$

$$p = \text{correspondiente a cada mes}$$

$$t.p = \text{factor de consumo mensual (f)}$$

$$U_m = k.f$$

El consumo total de agua es igual a la suma de los consumos mensuales correspondientes al período de vegetación de la planta.

$$U = \sum U_m$$

Los valores de k han sido obtenidos experimentalmente en gran número de zonas de los EE. UU.

k se conoce al saberse el consumo mensual o el consumo total de las plantas por cada cosecha y el factor f que es función de la temperatura promedio mensual en $^\circ\text{F}$, tomada cada 2 horas y el porcentaje mensual de horas-luz que depende de la latitud del lugar en estudio.

$$U = \sum U_m = \sum k.f = \sum k.t.p.$$

$$k = U / \sum f$$

El consumo mensual en cms. es:

$$U_m = \frac{k (1.8 t^{\circ} + 32) p}{100}$$

Donde la temperatura está dada en grados centígrados. El valor del coeficiente de consumo k varía con el tipo de cultivo y se determina experimentalmente. A continuación damos una tabla de estos valores tomados de la Bibliografía - Norteamericana.

TABLA PARA DISTINTAS PLANTAS Y DURACION DEL PERIODO VEGETATIVO

PLANTA	PERIODO DE CRECIMIENTO EN DIAS	COEFICIENTE K
ALFALFA	PERMANENTE	2.03 - 2.15
ALGODON	120 a 180	1.52 - 1.65
ARROZ	90 a 150	2.54 - 3.05
CAÑA DE AZUCAR	PERMANENTE	2.29
CITRICOS	PERMANENTE	1.27 - 1.65
FRIJOL	80 a 120	1.52 - 1.78
MAIZ	80 a 120	1.91 - 2.15
PAPAS	120 a 180	1.65 - 1.91
PASTOS EN GENERAL	PERMANENTE	1.91
TOMATES	120	1.78
MENESTRAS EN GENERAL	120	1.65

YUCA	120	1.55
HORTALIZAS	120	1.78
ARBOLES FRUTALES		
EN GENERAL	PERMANENTE	1.46
CAMOTE	120	1.78

DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA POR CAPTAR.-

El mínimo volumen por captar está determinado por las siguientes eficiencias:

- a) Eficiencia de conducción
- b) Eficiencia de aplicación
- c) Eficiencia del uso del agua por las plantas

Produciéndose en todas estas eficiencias, la eficiencia de riego, pudiéndose conocer la dotación de riego a la que suzada las pérdidas hallaremos el volumen de agua por captar.

En el presente trabajo para la determinación del volumen por captar se ha seguido los siguientes pasos:

1.- Determinación del Uso Consuntivo (Um) para cada cultivo y para cada mes.

- Temperatura: Hallamos la temperatura media de cada mes. En los valles de Casma y Sechín existen 3 observatorios meteorológicos: el del Ministerio de Aeronáutica a cargo de la Asociación de Agricultores, instalado en la

Hda. San Diego (Zona Baja de Casma) y de la que tenemos datos de los años 1960, 1961, 1962 y 1964 un tanto incompletos; el de la propiedad de la Hda. Poctao (Zona Media de Casma) 1963-64; y la del Ministerio de Agricultura ubicada en la Hda. Tucushuanca (Zona Media de Sechín) cuyos registros no se han podido obtener.

Los siguientes son los promedios mensuales de las 2 estaciones citadas:

Enero	25.2 °C	Mayo	21.7 °C	Setiembre	20.3 °C
Febrero	26.2	Junio	18.6	Octubre	21.1
Marzo	25.0	Julio	19.5	Noviembre	21.2
Abril	24.6	Agosto	19.6	Diciembre	23.0

- Para tomar los porcentajes mensuales de horas de sol existe una tabla, la que adjunta a este trabajo.

Determinación del volumen en Sechín:

1.- Determinación del Uso Consuntivo (Um) para cada cultivo y cada mes.

- Las temperaturas son los promedios encontrados anteriormente.

- El porcentaje de horas de luz para cada mes es el siguiente. (Latitud Sur 9°30')

PORCENTAJES DE HORAS DE LUZ POR MES PARA LATITUDES SUR

Meses	Latitud																			Meses	
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°		19°
Enero	8.50	8.53	8.57	8.60	8.64	8.68	8.71	8.75	8.78	8.82	8.86	8.89	8.93	8.97	9.01	9.04	9.08	9.12	9.16	9.20	Enero
Febrero	7.66	7.69	7.71	7.73	7.75	7.77	7.79	7.81	7.83	7.85	8.87	7.89	7.91	7.93	7.95	7.97	7.99	8.01	8.03	8.06	Febrero
Marzo	8.48	8.49	8.49	8.50	8.50	8.50	8.50	8.51	8.51	8.51	8.51	8.52	8.53	8.53	8.53	8.54	8.54	8.54	8.55	8.55	Marzo
Abril	8.21	8.20	8.19	8.17	8.16	8.14	8.13	8.11	8.10	8.08	8.07	8.05	8.03	8.02	8.00	7.98	7.97	7.95	7.93	7.92	Abril
Mayo	8.50	8.46	8.43	8.40	8.37	8.34	8.31	8.27	8.24	8.21	8.17	8.15	8.11	8.08	8.05	8.01	7.98	7.95	7.91	7.88	Mayo
Junio	8.22	8.19	8.14	8.11	8.07	8.03	7.99	7.95	7.92	7.88	7.84	7.79	7.75	7.71	7.67	7.63	7.59	7.54	7.50	7.46	Junio
Julio	8.50	8.46	8.42	8.39	8.35	8.32	8.28	8.25	8.21	8.18	8.14	8.11	8.08	8.03	7.99	7.95	7.91	7.88	7.84	7.80	Julio
Agosto	8.50	8.47	8.45	8.43	8.40	8.38	8.36	8.34	8.32	8.30	8.27	8.25	8.22	8.20	8.18	8.15	8.13	8.10	8.08	8.05	Agosto
Setbre.	8.21	8.21	8.21	8.21	8.20	8.20	8.20	8.20	8.19	8.19	8.19	8.18	8.18	8.17	8.17	8.17	8.16	8.16	8.15	8.15	Setbre.
Octubre	8.50	8.51	8.53	8.54	8.56	8.57	8.59	8.60	8.62	8.63	8.65	8.66	8.68	8.70	8.71	8.73	8.75	8.76	8.78	8.80	Octubre
Noviembre	8.22	8.25	8.28	8.31	8.34	8.37	8.40	8.43	8.46	8.49	8.53	8.56	8.59	8.63	8.66	8.70	8.73	8.77	8.81	8.83	Nov.
Diciembre	8.50	8.54	8.58	8.62	8.66	8.70	8.74	8.78	8.82	8.86	8.90	8.95	8.99	9.03	9.08	9.13	9.17	9.22	9.26	9.30	Dic.

Preparado por el Ing^o. C. Vidalón G., a base de las horas de salida y puesta del Sol según "The American Ephemeris and Nautical Almanac, 1,956", U.S.D.N.

Lima, 7 de Octubre de 1,958.

LHP/ejs.-

PORCENTAJE MENSUAL DE HORAS DE SOL

MES	9°	10°	9°30'
Enero	8.82	8.86	8.84
Febrero	7.85	8.87	8.36
Marzo	8.51	8.51	8.51
Abril	8.08	8.07	8.08
Mayo	8.21	8.17	8.19
Junio	7.88	7.84	7.86
Julio	8.18	8.14	8.16
Agosto	8.30	8.27	8.29
Setiembre	8.19	8.19	8.19
Octubre	8.63	8.65	8.64
Noviembre	8.49	8.53	8.51
Diciembre	8.86	8.90	8.88

2,- Luego se ha hallado la altura de agua necesaria (h) que está dado por la fórmula $h = \frac{Um - P}{0.6}$ tabulado

según cuadro de necesidades; donde:

P = precipitación

0.6 = eficiencia de riego

Procedimiento que hacemos para cada mes y cada culti
vo.

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO (U_m) PARA EL CULTIVO DEL MAIZ

M E S	TEMPERATURA		PORCENTAJE HORAS DE SOL (p)	FACTOR CONSUMO MENSUAL $f = \text{°F} \times P/100$	COEFIC. K	$U_m = K \cdot f$
	°C	°F				
Febrero	26.2	79.2	8.36	6.62	1.91	12.65
Marzo	25.0	77.0	8.51	6.55	1.91	12.52
Abril	24.6	76.3	8.08	6.18	1.91	11.80
Mayo	21.7	71.1	8.19	5.82	1.91	11.12

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO (Um) PARA EL CULTIVO DEL ALGODON

M E S	TEMPERATURA		PORCENTAJE HORAS DE SOL (p)	FACTOR CON- SUMO MENSUAL $f = \frac{°F \times P}{100}$	COEFIC. K	Um = K.f
	°C	°F				
Junio	18.6	65.5	7.86	5.15	1.52	7.82
Julio	19.5	67.1	8.16	5.48	1.52	8.32
Agosto	19.6	67.3	7.29	4.91	1.52	7.47
Setiembre	20.3	68.5	8.19	5.60	1.52	8.51
Octubre	21.1	70.0	8.64	6.07	1.52	9.22
Noviembre	21.2	70.2	8.51	5.98	1.52	9.08
Diciembre	23.0	73.4	8.88	6.52	1.52	9.92
Enero	25.2	77.4	8.84	6.84	1.52	10.40

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO (U_m) PARA EL CULTIVO DE VARIOS

M E S	TEMPERATURA		PORCENTAJE HORAS DE SOL (p)	FACTOR CON- SUMO MENSUAL $f = \text{°F} \times P/100$	COEFIC. K	$U_m = K.f$
	°C	°F				
Enero	25.2	77.4	8.84	6.84	1.46	10.00
Febrero	26.2	79.2	8.36	6.62	1.46	9.67
Marzo	25.0	77.0	8.51	6.55	1.46	9.53
Abril	24.6	76.3	8.08	6.18	1.46	9.02

Eficiencia de riego:

Siempre sucede en la práctica que la cantidad de agua que necesita la planta (A_n) es menor que la cantidad de agua puesta en la cabecera (A_a) del lote, esto se debe entre otros factores a las pérdidas por percolación y de escorrentía, a la relación entre estas cantidades de agua se denomina eficiencia de riego.

$$E_r = A_n/A_a$$

El valor de E_r depende también de la habilidad con que se maneja el agua, en nuestro medio se considera que tiene valores comprendidos entre 0.40 y 0.60; en el presente trabajo se ha considerado E_r igual a 0.60.

Debe tenerse presente que estas pérdidas son diferentes de las que se producen por conducción en los canales principales y secundarios para lo cual en este trabajo se ha considerado un 10 % de la necesidad de agua mensual.

Se recomienda el uso del método de Blanney y Criddle, cuando se trata de monocultivos o cuando se tiene perfectamente definidos los agrotipos que constituyen las cosechas.

La determinación de las necesidades de agua, empleando este método supone que los cultivos agroeconómicos son lo suficientemente completos, no solo para la determinación de los cultivos tipos sino también para precisar la extensión que

CUADRO DE NECESIDADES DE AGUA PARA CADA MES Y PARA CULTIVO

h Um - Precipitación
Eficiencia de riego

M E S	PRECIPITACION EN mm.	EFICIENCIA DE RIEGO	C U L T I V O S		
			MAIZ	ALGODON	VARIOS
ENERO	0	0.6		17.35	16.67
FEBRERO	0	0.6	21.10		16.12
MARZO	0	0.6	20.80		15.93
ABRIL	0	0.6	19.65		15.02
MAYO	0	0.6	18.50		
JUNIO	0	0.6		13.05	
JULIO	0	0.6		13.90	
AGOSTO	0	0.6		12.45	
SEPTIEMBRE	0	0.6		14.20	
OCTUBRE	0.	0.6		15.37	
NOVIEMBRE	0	0.6		15.13	
DICIEMBRE	0	0.6		16.55	

debe dedicar a cada uno de ellos en función de la capacidad productiva y de otros aspectos relacionados con el mercado, colonización, etc.

3.- Se ha calculado el módulo de riego, que expresa la demanda de agua por Ha. esto es, si en un mes tenemos N productos que se están cultivando, pues hallamos la demanda de agua que ellos requieren por Ha. en el mes respectivo.

Así calcularemos el módulo de riego para el mes de Setiembre (por ejemplo)

PORCENTAJE DE AREA PARA LOS DIVERSOS CULTIVOS

Maíz	80 %
Algodón	10 %
Varios	10 %
TOTAL	100 %

MES DE SETIEMBRE:

CULTIVO	NECESIDAD DE AGUA h (cm)	PORCENTAJE DE AREA	NECESIDAD DE AGUA POR Ha. Y CULTIVO
Algodón	14.20	0.1	1.42

Luego para una Ha. sembrada de algodón en el porcentaje considerado, necesitamos 1.42 cms. de agua ó sea:

$$1.42 \times 10,000/100 = 142 \text{ m}^3 \text{ por Ha.}$$

DEMANDA DE AGUA.-

Consideraremos que un 10 % de esta agua se pierde ya sea por conducción, filtración, etc. luego la necesidad de agua para este mes es de:

$$142 + 10 \% 142 = 142 + 14.2 = 156.2 \text{ m}^3 \text{ por Ha.}$$

Este valor expresado en lts/seg. Será:

$$\frac{156.2 \times 1,000}{86,400 \times 30} = 0.06 \text{ lts/seg} \times \text{Ha.}$$

Siendo 86,400 el número de segundos que tiene un día.

La demanda mensual será:

$$156.2 \times 2,600 = 406,120 \text{ m}^3$$

En esta forma se calcula para todos los meses del año.

AGUA REQUERIDA POR Ha/MES - VALLE DE SECHIN

MES	0.8 MAIZ	0.1 ALGODON	0.1 VARIOS	TOTAL	MODULO
Enero		191.4	187.4	378.8	0.14
Febrero	1,712.8		200.7	1,913.5	0.79
Marzo	1,637.6		190.9	1,828.5	0.68
Abril	1,589.6		185.2	1,774.8	0.54
Mayo	1,455.2			1,455.2	0.61
Junio		138.9		138.9	0.05
Julio		144.0		144.0	0.05
Agosto		146.0		146.0	0.05
Setiembre		156.2		156.2	0.06
Octubre		155.5		155.5	0.06
Noviembre		163.5		163.5	0.06
Diciembre		168.4		168.4	0.07
TOTAL				8,423.3	

DEMANDAS DE AGUA PARA EL VALLE DE SECHIN (2,600 Has.)

MES	MASA/Has (m ³)	DEMANDAS MENSUALES	
		Masa en m ³	Gasto en m ³ /seg.
Enero	378.8	984,880	0.368
Febrero	1,913.5	4'975,100	2.060
Marzo	1,828.5	4'754,100	1.775
Abril	1,774.8	4'614,480	1.780
Mayo	1,455.2	3'783,520	1.414
Junio	138.9	361,140	0.139
Julio	144.0	374,000	0.140
Agosto	146.0	379,600	0.142
Setiembre	156.2	406,120	0.157
Octubre	155.5	404,300	0.151
Noviembre	163.5	425,100	0.164
Diciembre	168.4	437,840	0.163
TOTALES	8,423.3	21'900,580	

DEMANDAS DE AGUA PARA CASMA BAJA.-

Aunque es difícil predecir la distribución de cultivos del futuro, en base a la necesidad de aumentar la producción de panllevar, tentativamente, se ha confeccionado el siguiente cuadro:

CULTIVOS - AREAS PROBABLES (futuro)

CULTIVO	EXTENSION (Has)	PORCENTAJE
Maíz	1,665.0	45 %
Algodón	925.0	25 %
Pastos	740.0	20 %
Varios	370.0	10 %
TOTALES	3,700.0	100 %

NOTA: Se ha incluido en este cuadro una extensión de 1,100 Has. que mediante un buen drenaje se pueden reincorporar a la agricultura del valle.

Requerimientos de agua para el Valle de Casma Baja.-

Para el requerimiento de agua en el Valle de Casma Baja se ha seguido el mismo método que el empleado en el Valle de Sechín.

A continuación se indican los cuadros de requerimientos y demandas.

AGUA REQUERIDA POR Ha/mes a VALLE CASMA BAJA

MES	0.45% MAIZ	0.25 AL GODON	0.20 PASTOS	0.1 VARIOS	TOTAL	MODULO
Enero		452.3	431.8	201.2	1,085.3	0.41
Febrero	959.0	446.3	426.2	198.6	2,030.1	0.84
Marzo	913.1	425.0	405.8	189.0	1,932.9	0.72
Abril	875.7		389.2	181.4	1,446.3	0.55
Mayo	812.3		361.0	168.2	1,341.5	0.50
Junio			330.4	154.0	484.4	0.20
Julio			330.4	154.0	484.4	0.20
Agosto	765.0	356.3	340.0	158.5	1,619.8	0.60
Setiembre	798.3	371.5	354.8	165.3	1,689.9	0.65
Octubre	818.6	380.8	363.8	169.5	1,732.7	0.65
Noviembre	888.3	413.3	394.8	184.0	1,880.4	0.73
Diciembre		432.0	412.8	192.4	1,037.2	0.39
TOTALES					17,422.5	

DEMANDAS DE AGUA PARA CASMA BAJA (3,700 Has.)

MES	MASA/Ha (m ³)	DEMANDAS MENSUALES	
		Masa en m ³	Gasto en m ³ /seg
Enero	1,083.3	4'015,610	1.499
Febrero	2,030.1	7'511,370	3.105
Marzo	1,932.9	7'151,730	2.670
Abril	1,446.3	5'351,310	2,065
Mayo	1,341.5	4'963,550	1.853
Junio	484.4	1'792,280	0.691
Julio	484.4	1'792,280	0.669
Agosto	1,619.8	5'993,260	2.238
Setiembre	1,689.9	6'252,630	2.412
Octubre	1,732.7	6'410,990	2.394
Noviembre	1,880.4	6'957,480	2.684
Diciembre	1,037.2	3'837,640	1.433
TOTALES	16,764.9	62'030,130	

C A P I T U L O V I I

I N V E N T A R I O D E R E C U R S O S H I D R A U L I C O S

Un estudio hidráulico de recursos de Aguas Subterráneas, se basa en un inventario de niveles de agua de los pozos ubicados en la zona de estudio.

La prospección en el campo se ha concentrado en el estudio de los puntos de agua: pozos tubulares y pozos a tajo abierto. Las mediciones fueron la altitud de la cabeza del pozo, la cota del plano o mesa de agua o sea el nivel estático, los caudales, muestras de agua para realizar análisis químicos completos, etc.

Los datos obtenidos se han resumido en los siguientes cuadros.

Inventario de Recursos Hidráulicos.- Valle de Sechín:

En el Valle de Sechín, se inventariaron 46 pozos, de los cuales 37 pozos son a tajo abierto y 9 tabulares:

CONTROL ALTIMETRICO DE LOS POZOS EN EL VALLE DE SECHIN

POZO	COTA DEL TERRENO	PROFUNDI- DAD DEL N.E.	COTA DEL NI- VEL ESTATIVO
1.- Ramos (1)	46.257 msnm	2.560	43.697
2.- Ramos (1')	48.822	5.920	42.902
3.- Agua Potable Casma	49.482		
4.- Palmo (1)	50.762	6,930	43.832
5.- Palmo (4)	52.798	7.640	45.158
6.- Palmo (2)	53.326	8.550	44.776
7.- Montesinos	54.254	7.000	47.254
8.- José Seperak	52.399	6.170	46.229
9.- López	52.871	7.000	45.871
10.- Jorge Seperak	54.768	7.590	47.178
11.- Torres	55.086	7.390	47.696
12.- Mateus	53.873	6.620	47.253
13.- Barreto	55.159		
14.- Barreto (2)	64.762		
15.- Barreto (1)	69.198	8.530	60.668
16.- Petitjean (1)	72.119	7.140	64.979
17.- Petitjean (2)	72.619	8.000	64.619
18.- Rifume	88.737	2.420	86.317
19.- Tapia	92.348	2.400	89.948
20.- Llanos y Sifuentes	98.184	2.200	95.984
21.- Bernuy	101.601		

POZO	COTA DEL TERRENO	PROFUNDI- DAD DEL N.E.	COTA DEL NI- VEL ESTÁTICO
22.- Fco. Salazar	108.425	1.500	106.925
23.- Silva	112.095	2.350	109.745
24.- Fung	118.701	4.500	114.201
25.- Maguifa	115.740	6.630	109,110
26.- Félix Iglesias	119.327	4.580	114.747
27.- Iván Prépoli	123.225	7.530	115.695
28.- Iván Prépoli	125.544	10.140	115.404
29.- Mesarina	137.132	10.000	127.132
30.- Salazar	127.367	6.000	121.367
31.- Lazarte	130.024	5.720	124.304
32.- Pedro Palomo	132.326	5.400	126.926
33.- Cmdte. Dávalos	133.285	1.760	131.525
34.- Vda. de Honores	--	1.780	
35.- Vásquez	143.672	6.480	137.192
36.- Goin	166.370	21.700	
37.- Mesarina	165.128	2.970	162.158
40.- Ferronque (1)	153.840	11.510	142.330
42.- Ferronque (2)	150.493	4.690	145.803
43.- Silva	182.095	11.000	171.095
44.- Neira	240.000	3.500	236.500
45.- Mendoza	260.000	12.000	248.000
46.- Fdo. El Olivar	305.000	6.000	299.000

Valle de Casma:

Casma Baja: En Casma Baja se inventariaron 51 pozos, de los cuales 21 son a tajo abierto y 30 tubulares, a continuación se indican los principales pozos:

POZO	COTA DEL TERRENO	PROFUNDIDAD DEL N.E.	COTA DEL NIVEL ESTÁTICO
C.1.- S. Andrés	8.312	17.500	- 9.188
C.2.- El Carmen	7.618	17.000	- 9.382
C.3.- La Huaca	8.003	6.000	2.003
C.4.- Sta. Rosa	8.808	6.000	2.808
C.5.- Sta Delfina	4.913	18.000	-13.087
C.6.- Sta. Delfina	5.308	18.000	-12.692
C.7.- Sta. Delfina	6.502	18.000	-11.498
C.8.- Sta. Delfina	7.201	18.000	-10.799
C.9.- Sta. Delfina	6.013	18.000	-11.987
C.10.- Sta. Cristina	8.461	18.000	- 9.539
C.11.- Sta. Cristina	4.984	15.000	-10.016
C.12.- San Diego	9.609	19.500	- 9.891
C.13.- Sta. Cristina	11.436	18.000	- 6.564
C.14.- Sta Cristina	12.469	18.000	- 5.531
C.15.- Trapiche	12.894	6.000	6.894
C.16.- Sta. Melania	12.094	44.000	8.094
C.17.- San José	13.467	6.000	7.467
C.18.- Sta. Melania	13.521	3.500	10.021

POZO	COTA DEL RERRENO	PROFUNDIDAD DEL N.E.	COTA DEL NIVEL ESTATICO
C.19.- Sta. Melania	15.094	2.000	13.094
C.20.- Sta. Maria	13.936	6.000	7.936
C.21.- Sta. Catalina	18.041	4.500	13.541
C.22.- El Milagro	19.578	6.000	13.578
C.23.- Ciruelar	16.925	13.000	3.925
C.24.- El Milagro	22.524	6,000	16.524
C.25.- Ciruelar	29.769	17.000	12.769

Cagna Alta:

Se inventariaron 25 pozos; 14 a tajo abierto y 11 tubulares, de estos 5 pertenecen a la Reforma Agraria en el Area de San Rafael (Zona de Reforma Agraria) Estos pozos no se han nivelado por estar en una zona fuera del estudio.

ANALISIS DEL INVENTARIO.-

Valle de Sechín.-

46 pozos - 37 a tajo abierto y 9 tubulares el pozo más profundo llega a los 60 metros - pozo N° 17 - que es el pozo de mayor rendimiento en el valle, arroja más o menos 50 lts/seg. El 80 % de las bombas de los pozos funcionan a petróleo diesel.

En los pozos de tajo abierto la profundidad varía entre los 5 y 15 metros y los tubulares de 30 a 60 metros. El rendi-

niento en los de tajo abierto, se ha estimado en un promedio de 15 lts/seg. y en los tubulares de 30 lts/seg.

Cantidad de agua bombeada.-

Considerando un período de explotación de 7 meses y un caudal promedio de 15 lts/seg. en los pozos de tajo abierto y 30 lts/seg. en los tubulares, se estima que la cantidad de agua bombeada es de 6'000,000 de m³ anuales.

Valle de Casma.-

Casma Alta: 25 pozos - 14 a tajo abierto y 11 tubulares - - los pozos más profundos pertenecen a los de la Reforma Agraria llegan a los 60 metros y el de mayor rendimiento tiene 55 lts/seg. El 90 % de las bombas de los pozos funcionan a petróleo diesel.

El rendimiento de los pozos a tajo abierto, se estima en unos 12 lts/seg. y el de los tubulares en 22 lts/seg.

Cantidad de agua bombeada.-

Teniendo en cuenta los rendimientos estimados, se calcula la cantidad de agua explotada en Casma Alta de 2'500,000 m³ al año.

Casma Baja.- 51 pozos - 21 a tajo abierto y 30 tubulares - - siendo la profundidad mayor 40 metros. el rendimiento más alto se estima en 50 lts/seg. Se calcula que el 90 % de las bombas de los pozos, funcionan a petróleo diesel.

Cantidad de agua bombeada.-

Se ha tomado un promedio de 12 lts/seg. para los pozos de tajo abierto y 40 lts/seg. a los tubulares, los que trabajando un periodo de 7 meses al año, nos dá un estimado en 11'000,000 de m³ anuales. (10 horas de trabajo diario).

PERFILES LITOLÓGICOS.-

Es difícil obtener los perfiles litológicos de los pozos; los propietarios en la mayoría de los casos no los conservan o no lo solicitan a las Compañías de perforación, y éstas tampoco gustan de proporcionar estos datos. Además, podemos añadir que en los perfiles litológicos obtenidos se descubren rápidamente que son confeccionados por perforistas sin conocimientos adecuados y no por técnicos que sepan describir bien un perfil litológico y de tal manera que aún obteniendo perfiles no es posible hacer correlaciones por su dudosa interpretación litológica.

A continuación se indican tres perfiles litológicos obtenidos de los perforistas:

CARTA ISOPIEZOMETRICA.-

Generalidades: Las cartas isopiezométricas nos permiten considerar la superficie piezométrica en su conjunto. Esta presenta una morfología que le es propia, comparable a la de una superficie topográfica: depresiones, ondulaciones, rupturas de pendiente, etc. Se puede allí trazar curvas de niveles pasando por los puntos de iguales altitudes. Estas curvas representan el lugar de puntos de igual presión o de igual nivel piezométrico que son denominadas por otros autores con los términos de curvas freáticas, curvas hypsométricas, hydro-iso-ipses.

El inventario de las perforaciones (pozos tubulares y pozos a tajo abierto) y el nivel piezométrico se han efectuado tratando de obtener las mejores condiciones de equilibrio de la napa en el lapso más corto posible de 3 a 4 días para el conjunto de puntos de agua.

Los puntos de agua han sido ploteados con su cota piezométrica sobre un plano de ubicación de pozos a la escala 1:50,000. Se trazaron las curvas isopiezométricas uniéndolos puntos de igual altitud como se opera para el establecimiento de una curva topográfica a curvas de nivel. La equidistancia de las curvas es de 5 m. se ha elegido en función del gradiente hidráulico, de la escala y de la densidad de los puntos de observación.

Las cartas así obtenidas traducen la forma de la superficie piezométrica de las napas estudiadas en un época de terminada. Estas servirán de comparación parallas que se levanten en periodos diferentes y así se podrá seguir la evolución del acuífero subterráneo y calcular las fluctuaciones de sus reservas.

Las cartas con curvas isopiezométricas completadas con las observaciones sobre el terreno, permiten:

- a) Calcular la profundidad de la superficie piezométrica.
- b) Trasar las líneas de corriente y de determinar la dirección de la escorrentía subterránea.
- c) Calcular el gradiente hidráulico promedio
- d) Interpretar en forma global la carta con curvas isopiezométricas.

a).- Cálculo de la profundidad de la superficie piezométrica:

En los cuadros de los inventarios de recursos hidráulicos se tiene la profundidad de la masa de agua medida desde la cabeza del pozo. Teniendo una carta con curvas isopiezométricas y ploteándolas sobre un plano topográfico a la misma escala, es fácil de calcular en un punto cualquiera la profundidad en que debemos encontrar el nivel piezométrico del agua.

b).- Trazo de las líneas de corriente y determinación de la dirección de escorrentía subterránea.-

La determinación de escorrentía, materializada por las líneas de corriente, es la recta de máxima pendiente trazada sobre las curvas isopiezométricas.

La carta con curvas isopiezométricas nos indican que entre las curvas 85 - 170 la escorrentía subterránea tiene - dirección NE - SO, variando entre las curvas - 15 a 60 a una dirección E - O.

c).- Determinación del gradiente hidráulico promedio.-

El gradiente hidráulico se calcula sobre un perfil trazado en un plano vertical que pasa por una línea de corriente.

$$i = \frac{HA - HB}{L}$$

Donde:

i = Gradiente hidráulico

HA = Cota piezométrica en el punto A.

HB = Cota piezométrica en el punto B.

L = Distancia reducida entre los puntos A y B

El gradiente hidráulico promedio entre las curvas 170 a 85 es del orden de 25 por mil, entre las curvas 60 a 40 es del orden de 10 por mil y entre las curvas 15 a -15 es del orden de 5 por mil.

d).- Determinación del tipo de napa.-

La forma de la superficie piezométrica y las observaciones de campo permiten clasificar a la napa como napa libre o freática (agua subterránea cuya superficie piezométrica se identifica con el límite superior de la zona de saturación).

En General la superficie piezométrica tiene forma parabólica con filetes líquidos que divergen en el sentido de la -
escorrentía.

e).- Interpretación global de la carta con curvas isopiezométricas.-

Los valles del río Sechín y Casma Baja, es una zona -
de depósitos cuaternarios: gravas, arenas, limos y arcillas heterogéneas, encerrando una napa acuífera libre.

Las curvas isopiezométricas han sido trazadas según -
los niveles piezométricos de los pozos tubulares y a tajo abierto.

Se han trazado las líneas de corriente y descubierto los ejes principales de escorrentía. La superficie piezométrica es regular y presenta una morfología con estructuras hidrogeológicas simples. La profundidad con relación al nivel del suelo, es importante en las partes bajas, no así en las -
zonas altas del valle.

La escorrentía de dirección NE - SO varía hacia E - O en la parte baja de Casma.

El perfil general de la superficie piezométrica afectada por un gradiente hidráulico que varía en la parte alta - del orden de 25 por mil a la parte baja que es del orden de 5 por mil.

El estudio de esta estructura simple, es la expresión de una débil permeabilidad. Si la permeabilidad es media, - ella traduce un drenaje más débil que la alimentación, así - pues determina una región favorable para captaciones.

En la zona alta del Valle de Sechín, comprendida entre las curvas 170 a 85, las curvas se van estrechando por - aumento de su gradiente hidráulico. Esto se explica por las variaciones de la potencia del acuífero, y donde las formaciones terciarias afloran y por la estrechez del valle. La potencia del acuífero disminuye considerablemente, los rendimientos de los pozos son mínimos.

TEMPERATURA DEL AGUA.-

Generalidades: UNA fuente es llamada ternal cuando sus aguas tienen una temperatura superior en 5 a 6 °C a la temperatura - promedio ambiente en la zona de emergencia. En el caso del Valle de Sechín, donde se controló la temperatura del agua de los pozos, con un mínimo de 25 °C y un máximo de 27 °C, para una temperatura ambiente en esta zona aproximadamente de 22°C como promedio - (la zona es más calurosa que la parte de Casma Baja).

El origen de la temperatura de las aguas termales es el gradiente geotérmico, que es la profundidad de penetración en el suelo expresado en metros, necesaria para que la temperatura aumente 1°C, su valor es variable siendo de 30 - 35 m. en promedio para materiales muebles, disminuyendo en las regiones volcánicas a 10 - 15 m.

La temperatura del agua está en función de su profundidad y considerando que el agua se enfría cuando se dirige hacia la superficie, la emergencia de aguas termales exigirá una ascensión rápida de las aguas calientes subterráneas.

La profundidad mínima (P) del origen del agua está dado por la fórmula:

$$P = (T_s - T_a) g^{\circ}$$

Donde:

T_s = temperatura del agua

T_a = temperatura ambiente promedio

g° = gradiente geotérmico

Para aplicar la fórmula, supongamos 5°C la diferencia de temperatura, y el gradiente geotérmico de 30 m.

$$P = 5 \times 30 = 150 \text{ m.}$$

Luego, la profundidad mínima es de 150 m. para el origen del agua termal. La diferencia de temperatura de la zona es de unos 4°C, por lo tanto las posibilidades de aguas termales son relativas, o en todo caso se puede considerar que pue-

de considerar que puede tener un aporte limitado.

INTERPRETACION DE LOS DATOS.-

Para la alimentación de la napa, con aguas termales, se puede tener la siguiente explicación:

Las napas de origen profundo (termales) salen a las capas superiores debido a accidentes tectónicos arreglados - mediante un sistema de fracturas, las cuales permiten afloramientos de aguas termales en distintos puntos; el material de cobertura cuaternario sirve de acuífero para la acumulación y circulación de las aguas que provienen de zonas profundas originando una napa libre.

El origen de las aguas termales es meteórico, proveniente de las precipitaciones en las cordilleras, las que se infiltran en el suelo y en subsuelo, después descienden por gravedad a las capas profundas. En el curso de su circulación ellas disuelven sales minerales y su temperatura se eleva bajo la acción principal del gradiente geotérmico. Después por subida rápida por las fisuras y fracturas abiertas ellas emergen a la superficie.

En la zona en estudio, se encuentran afloramientos a los cuales se les llama puquiales, en la parte alta del Valle de Sechín, las que pueden tener cierto origen termal, pero en la parte más baja del valle hay características especiales pa

ra pensar que el origen de la napa subterránea sea principalmente la infiltración del agua de escorrentía.

Las diferencias de temperaturas es baja, en todo caso sería necesario hacer un estudio más completo, sobre la geología para determinar si existe un sistema de fracturas que afecten al basamento y por estos conductos se produzca la alimentación de la napa subterránea.

Cuando el origen del agua subterránea es termal, - las fluctuaciones del nivel estático es mínimo, pero en Sechín las fluctuaciones son de algunos metros; en el caso de origen termal de las aguas, las variaciones de los caudales de los ríos mayormente no influyen en el nivel estático, pero en el caso de infiltración directa si es muy importante la presencia de agua en los ríos, ya que son los que originan el agua subterránea (caso de la zona en estudio).

Por lo tanto, el origen de las aguas subterráneas en Sechín es principalmente las aguas de infiltración de los cursos de agua y de las irrigaciones de la zona.

ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS DE LOS POZOS UBICADOS EN LOS VALLES DE SECHIN Y CASMA.-

Se han efectuado análisis de muestras de agua, en el Laboratorio de Agua, de la Universidad Agraria de la Molina. Se indica a continuación un cuadro con los respectivos análisis.

ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS DE LOS POZOS UBICADOS EN LOS VALLES

DE SECHIN Y CASMA

Nº de Muestra y Pozo

Elementos	Pozo La Máquina	Pozo San Diego	Pozo Abel Leupartí	Pozo Los Medanos	Pozo San Miguel
C.E. 25°C.	1.05	0.88	0.90	2.55	0.88
pH	7.4	7.8	7.6	7.4	7.2
Ca	4.8	4.4	5.8	6.0	5.2
Mg	1.6	1.5	1.1	0.4	0.8
Na	4.65	3.5	3.2	31.8	3.45
K	0.13	0.08	0.08	0.3	0.09
Suma de Cat	11.1	9.4	10.1	38.5	9.54
CO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	4.8	4.4	4.8	2.0	5.4
NO ₃	0.5	0.0	0.1	1.0	0.0
SO ₄	2.0	2.2	2.7	5.9	2.0
Cl	3.8	2.8	2.5	29.6	2.1
Suma de An.	11.1	9.4	10.1	38.5	9.5
SAR	2.6	2.18	1.72	1.77	1.99
CO ₃ de Na.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bere ppm.	--	--	--	--	--
Sólidos Totales	0.75	0.60	0.66	2.27	0.60
Clasificación	C3 S1	C3 S1	C3 S1	C4 S1	C3 S1

Elementos	San Diego Nº4	Pesquera Mengón	San Andrés Nº 18	San Diego Nº 2	Pesquera Casma
C.E. 25°C	0.78	1.27	1.64	0.85	1.27
pH	7.8	7.7	7.9	8.0	7.9
Ca.	4.2	5.4	8.2	5.3	5.0
Mg	1.0	2.6	1.4	1.1	1.8
Na	1.3	6.2	7.55	2.12	6.4
K	0.07	0.09	0.16	0.04	0.12
Suma de Cat.	6.5	14.2	17.3	8.5	13.3
CO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	4.4	6.8	4.8	4.4	4.8
NO ₃	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0
SO ₄	0.1	3.2	5.5	1.4	2.5
Cl	2.12	3.2	7.0	2.2	6.0
Suma de An	6.6	14.2	17.3	8.5	13.3
SAR	0.81	3.1	3.44	1.18	3.48
CO ₃ de Na.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bere ppm	--	--	--	--	--
Totales Gr/l	0.59	0.91	1.16	0.62	0.84
Clasificación	C3 S1	C3 S1	C3 S1	C3 S1	C3 S1

Elementos	Sta. Rosa No 2	Sta. Cris No 5	Pedro Lopez	Sta. Delfina No 2	El Castillo
C.E. 25°C	0.73	5.53	0.82	1.06	0.58
pH	8.0	7.3	7.5	8.0	7.8
Ca.	4.3	8.6	5.2	4.8	3.4
Mg.	0.9	6.0	0.7	1.6	0.8
Na.	2.44	42.5	2.4	4.55	1.51
K	0.04	1.05	0.06	0.07	0.03
Suma de Cat.	7.68	58.1	8.36	11.02	5.73
CO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	4.4	4.4	3.8	5.2	3.2
NO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₄	1.6	9.2	3.0	1.8	1.2
Cl	1.6	44.5	1.5	4.0	2.3
Suma de An.	7.6	58.1	8.3	11.0	5.7
SAR	1.51	15.7	1.39	2.54	1.04
CO ₃ de Na.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Boro ppm	--	--	--	--	--
Totales Gr/l	0.44	3.52	0.46	0.72	0.32
Clasificación	C2 S1	C5 S4	C3 S1	C3 S1	C2 S1

Elementos	Chilli	Tapia	Luiz Bernuy	Fidel Dexpiu	Silva
C.E. 25°C	1.64	0.78	0.51	0.96	0.71
pH	7.5	7.6	7.5	7.6	7.1
Ca	8.0	4.0	3.5	6.1	4.1
Mg	1.2	0.8	0.5	1.2	0.7
Na	7.25	3.4	1.2	2.38	2.7
K	0.14	0.08	0.02	0.07	0.03
Suma de Cat.	6.5	8.2	5.2	9.75	7.5
CO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	4.4	4.4	3.6	5.0	3.6
NO ₃	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0
SO ₄	3.5	1.7	0.5	3.0	1.8
Cl	7.6	2.1	0.6	1.7	2.1
Suma de An.	16.5	8.2	5.2	9.7	7.5
SAR	3.38	2.19	0.85	1.24	1.74
CO ₃ de Na.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bere ppm.	--	--	--	--	--
Totales Gr/l	1.04	0.48	0.34	0.68	0.48
Clasificación	C3 S1	C3 S1	C2 S1	C3 S1	C2 S1

Elementos	Agua Potable Casma	Palma	Petit Jean	Torres	Mezarina
C.E. 25°C	0.99	0.97	0.82	0.88	1.02
pH	7.3	7.2	7.6	7.5	7.4
Ca.	4.0	4.5	2.5	3.5	5.2
Mg	1.5	1.5	3.2	1.6	1.0
Na	4.45	4.25	3.8	3.95	3.95
K	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06
Suma de Cat.	10.0	10.3	9.5	9.12	10.21
CO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	4.2	4.4	4.2	4.2	3.6
NO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SO ₄	2.4	2.8	2.8	2.2	2.1
Cl	3.4	3.1	2.5	2.7	4.4
Suma de An.	10.0	10.3	9.5	9.1	10.2
SAR	2.68	2.45	2.24	2.47	2.24
CO ₃ de Na.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Base ppm.	--	--	--	--	--
Totales Gr/l	0.66	0.76	0.50	0.56	0.71
Clasificación	C3 S1	C3 S1	C3 S1	Ce S1	C3 S1

C L A V E

PELIGRO DE SALES:

- C1 - Salinidad baja (0.00 - 0.25 mmhos): Buenas para riego de diferentes cultivos. Solo peligro de salinización de suelos muy impermeables de difícil drenaje interno.
- C2 - Salinidad moderada (0.25 - 0.75 mmhos): De calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal. Peligro para plantas muy sensibles y suelos impermeables.
- C3 - Salinidad entre media y alta (0.75 - 2.25 mmhos): El suelo debe tener buenas permeabilidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.
- C4 - Salinidad alta (2.25 - 4.00 mmhos): Sólo para plantas tolerantes y suelos permeables y donde pueden ser necesarios especiales para remover las sales.
- C5 - Salinidad muy alta (4.00 - 6.00 mmhos): Sólo para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde se puedan aplicar lavados frecuentes para remover el exceso de sales.
- C6 - Salinidad excesiva (Más de 6.00 mmhos): Nunca debe utilizarse para riego.

PELIGRO DE SODIO:

S1 - Poco sódica

Sin peligro

S2 - Medio sódica

Peligro en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de canbio, especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo - contenga yeso. Puede usarse en suelos de textura gruesa entre la arenosa y franca u orgánica, con permeabilidad adecuada.

S3 - Muy sódica

Peligro en suelos sin yeso, requie-
ren estos suelos buen drenaje, adi-
ción de materia orgánica y eventua-
les enmiendas químicas, tales como
yeso o azufre, que no son efectivos
si las aguas son de salinidad alta C4

S4 - Excesivamente só

dica

No sirven generalmente para riego.
Sólo cuando la salinidad es baja o
media donde la solución del calcio
del suelo o el uso del yeso u otras
enmiendas puedan hacer factibles el
uso de estas aguas.

PELIGRO DE BORO Y CARBONATO DE SODIO RESIDUAL

Boro ppm.		Na ₂ CO ₃ residual	Calidad del agua
No tolerantes	Tolerantes		
0.6 - 1.3	1.0 - 2.0	1.2	Excelente a buena
1.3 - 2.0	2.0 - 3.0	1.2	Buena a aceptable
2.0 - 2.5	3.0 - 3.7	1.2 a 2.5	Dudosa a Inadecuada
Más de 2.5	Más de 3.7	Más de 2.5	Inadecuada

FLUCTUACIONES DEL NIVEL PIEZOMETRICO.-

Las mediciones de nivel piezométrico en las napas sirven para analizar los siguientes factores de las aguas subterráneas: existencia, retención, movimiento, recarga y descarga.

A continuación se tiene una relación de pozos controlados del Valle de Casma Baja, llevada a cabo por la Comisión de Estudios N°4, de la Dirección de Irrigación del Ministerio de Fomento y Obras Públicas en el año 1965. Se hace notar que la nomenclatura de los pozos es diferente a la empleada para la preparación de este trabajo, pero como lo que se trata de encontrar es la fluctuación del nivel estático, el que se tome u no u otro pozo no varía en la precisión del trabajo, además se puede determinar la zona donde se encuentra los pozos por las iniciales que tienen en su nomenclatura.

RELACION DE LOS POZOS CONTROLADOS DEL VALLE BAJO DE CASMA - DEPARTAMENTO DE ANCASH

Fecha	12-2-65		18-5-65		23-7-65		19-8-65		30-9-65		
No Pozo	Prof. (m)	Cota Prof(m)	Cota Prof(m)	Cota Prof(m)	Cota Prof(m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota	Cota	Máx. Diferencia	
SD-7	0.50	14.684	1.00	14.184	3.00	12.184	2.30	12.884	3.20	11.984	2.70
SC-1	2.00	6.933	2.60	6.333	3.25	5.683	3.30	5.633	3.50	5.433	1.50
SC-3	2.50	8.936	3.00	8.436	4.40	7.036	4.30	7.136	3.85	7.586	1.35
SC-7	1.70	8.365	2.30	7.765	3.30	6.765	3.20	6.865	3.90	6.165	2.20
SDE-1	1.85	4.652	2.15	4.352	2.45	4.052	2.70	3.802	2.80	3.702	0.95
SDe-4	2.10	2.849	2.40	2.549	1.65	3.299	2.30	2.649	1.75	3.199	--
SA-2	1.00	7.302	1.55	6.752	2.25	6.052	3.00	5.302	3.25	5.052	2.25
SA-4	0.95	4.702	1.60	4.052	2.45	3.202	2.50	3.152	2.85	2.802	--
H-2	0.05	6.989	0.40	6.639	1.60	5.439	1.90	5.139	1.70	5.339	1.65
H-3	1.20	5.445	1.60	5.045	2.00	4.645	1.90	4.745	2.80	3.845	1.60
H-4	0.50	4.975	0.80	4.675	1.20	4.275	1.30	4.175	1.60	3.875	1.10
SM'-1	1.00	4.695	1.55	4.145	2.30	3.395	2.30	3.395	2.60	3.095	1.60
T-1	1.10	10.148	1.70	9.543	2.50	8.743	3.25	8.093	3.55	7.693	2.45
T-2	1.33	10.944	1.90	10.394	2.75	9.544	2.80	9.494	3.05	9.244	1.72
T-3	1.55	10.544	1.80	10.294	2.40	9.694	2.40	9.694	2.15	9.944	0.60

Continuación

Fecha	12-2-65		18-5-65		23-7-65		19-8-65		30-9-65		
Nº Pezo	Prof. (m)	Cota Prof(m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Cota Prof (m)	Máx. Diferencia	
T-4	2.20	15.841	3.00	15.041	4.20	13.841	4.30	13.741	4.70	13.341	2.50
T-5	2.00	14.293	3.00	13.293	4.40	11.893	4.50	11.793	4.80	11.493	2.80
T-6	1.65	13.135	2.40	14.385	3.15	13.635	3.25	13.535	3.60	13.185	1.95
T-7	1.75	8.317	2.80	7.267	4.90	5.167	5.00	5.067	5.25	4.817	3.50
T-8	1.65	11.379	2.40	10.629	3.20	9.829	4.00	9.029	6.05	6.979	4.40
T-9	1.65	9.801	2.90	8.551	1.70	9.751	1.75	9.701	2.00	9.451	0.35
T-10	3.20	10.267	3.40	10.067	3.50	9.967	3.80	9.667	3.90	9.567	0.70
T-11	1.70	13.394	2.50	12.594	3.90	11.194	4.00	11.094	4.35	10.744	2.65
T-12	1.60	13.655	2.70	12.555	4.20	11.055	3.75	11.505	4.20	11.055	2.60
T-13	1.80	15.208	2.40	14.608	3.25	13.758	3.30	13.708	3.60	13.408	1.80
SR-1	1.00	5.484	1.40	5.081	1.90	4.584	2.00	4.484	2.15	4.334	1.15
SM-1	1.40	6.089	1.70	5.789	1.90	5.589	1.95	5.539	2.00	5.489	0.60
ML-1	1.20	18.379	1.80	17.778	2.95	16.628	3.00	16.628	3.85	16.328	2.25
ML-2	0.70	21.824	1.10	21.424	2.10	20.424	6.30	16.224	7.20	15.324	6.50
C-1	0.60	27.623	0.80	27.423	1.20	27.023	2.00	26.223	2.15	26.073	1.55
BC-1	1.05	33.882	2.00	32.932	3.35	31.163	4.20	30.313	4.40	30.113	3.35
									Promedio	2.07	

Analizando el cuadro podemos constatar que entre las mediciones del 12 de Febrero al 30 de Setiembre de 1965 hay una baja en el nivel piezométrico de la napa que fluctua entre 0.35 m. y 6.50 m. con un promedio general de 2.07 m. Esta baja se debe a que el periodo de crecida del río disminuye a partir de Abril, y por lo tanto la recarga es menor que la descarga, en los meses siguientes. También se debe a la mayor demanda del agua subterránea, que en los meses donde se cuenta con el agua superficial, y por lo tanto la recarga es en este caso mayor a la descarga.

PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL ACUIFERO.-

Las características hidráulicas de un acuífero están determinadas básicamente por la permeabilidad y porosidad de los materiales que constituyen dicho acuífero.

El tamaño, número y forma de los espacios dependen del tipo de roca o material y así como del grado de consolidación. Las gravas tienen una cantidad menor de espacios grandes mientras que a un mismo volumen, la arena tiene una gran cantidad de espacios o poros pequeños; teóricamente la cantidad de espacios en ambos materiales es la misma, pero si mezclamos grava con arena, el volumen de porosidad se reduce notablemente, porque la arena está rellorando los espacios que hay entre los granos de grava. Un efecto si-

nilar se obtiene cuando la grava e arena son consolidados por un cemento que rellena los espacios vacíos. El porcentaje de este volumen de espacios es lo que llamamos porosidad. El tamaño individual de los espacios intergranulares y el tamaño de los espacios interconectados determinan el grado de facilidad de movimiento del agua a través del material. Es de mucha importancia práctica distinguir entre la cantidad de agua contenida en los espacios de una roca, de la facilidad con que esa agua se mueve entre esos espacios.

Los materiales de las rocas con una porosidad alta no significan que esten capacitados para dejar pasar a través de ellas el agua en la misma proporción; las arcillas por ejemplo contienen una gran cantidad de agua debido a su gran porosidad, pero esta agua se encuentra tan comprimida entre las partículas por las fuerzas intermoleculares, que no se pueden mover con facilidad. Una grava tiene mayor permeabilidad que una arena a pesar de que su porosidad puede ser igual, porque sus espacios son más grandes.

Esta propiedad de los materiales que determina la facilidad con que los flúidos pasan a través de ellos se conoce como permeabilidad.

El cuadro siguiente indica una tabla para determinar la porosidad de acuerdo al material que forma el acuífero:

ESCALA GENERAL DE POROSIDAD

Arenisca	4 - 30 %
Arena limpia y uniforme	25 - 45 %
Grava limpia y uniforme	25 - 45 %
Arena y grava mezcladas	15 %
Arcilla y limo, como depósito	40 - 90 %
Arcilla y limo compacto	20 - 40 %
Lutitas	3 - 20 %
Calizas	1 - 15 %
Rocas cristalinas	1 %

En la zona del Valle de Sechín, en el pozo S - 15, se ha realizado una prueba de bombeo, la máxima depresión fué - de 10.55 m. y el gasto de 25 lts/seg. La potencia del acuífero se ha considerado de 26.50 m. (de acuerdo a registros litológicos), la porosidad se puede considerar de 15 %.

El nivel estático se encontraba a 8.53 m. debajo de - la cabeza del pozo, el nivel dinámico fué de 19.08 m. desde el mismo punto de control.

Los aportes a un pozo están directamente relaciona - dos con la permeabilidad del material que atravieza. El bom - bee hace bajar el nivel hidrostático en las inmediaciones - del pozo y baja el nivel local del agua. La velocidad del flujo en el pozo, no obstante, debe aumentar a medida que au

menta la pendiente de la superficie acuifera (es decir, con el aumento del gradiente hidráulico). Eventualmente debe alcanzarse una condición de equilibrio y los aportes al pozo deben igualar las descargas. En esta forma, el límite de superficie acuifera puede describirse como un cono invertido, llamado cono de depresión.

La pendiente del nivel freático determinada por el bombeo del pozo, se va haciendo menos pronunciada al alejarse de éste. La distancia del pozo a la que el descenso del manto freático causado por el bombeo, deja de ser apreciable se llama radio de influencia. El espaciamiento de los pozos debe tener en cuenta las posibles interferencias.

En los materiales gruesos, el radio de influencia es mayor y la reposición del agua después del bombeo es más rápida. Cuanto más permeable sea el material, mayor es la pendiente del cono de depresión y menor es el radio de influencia.

Se pueden considerar como representativos los siguientes radios de influencia:

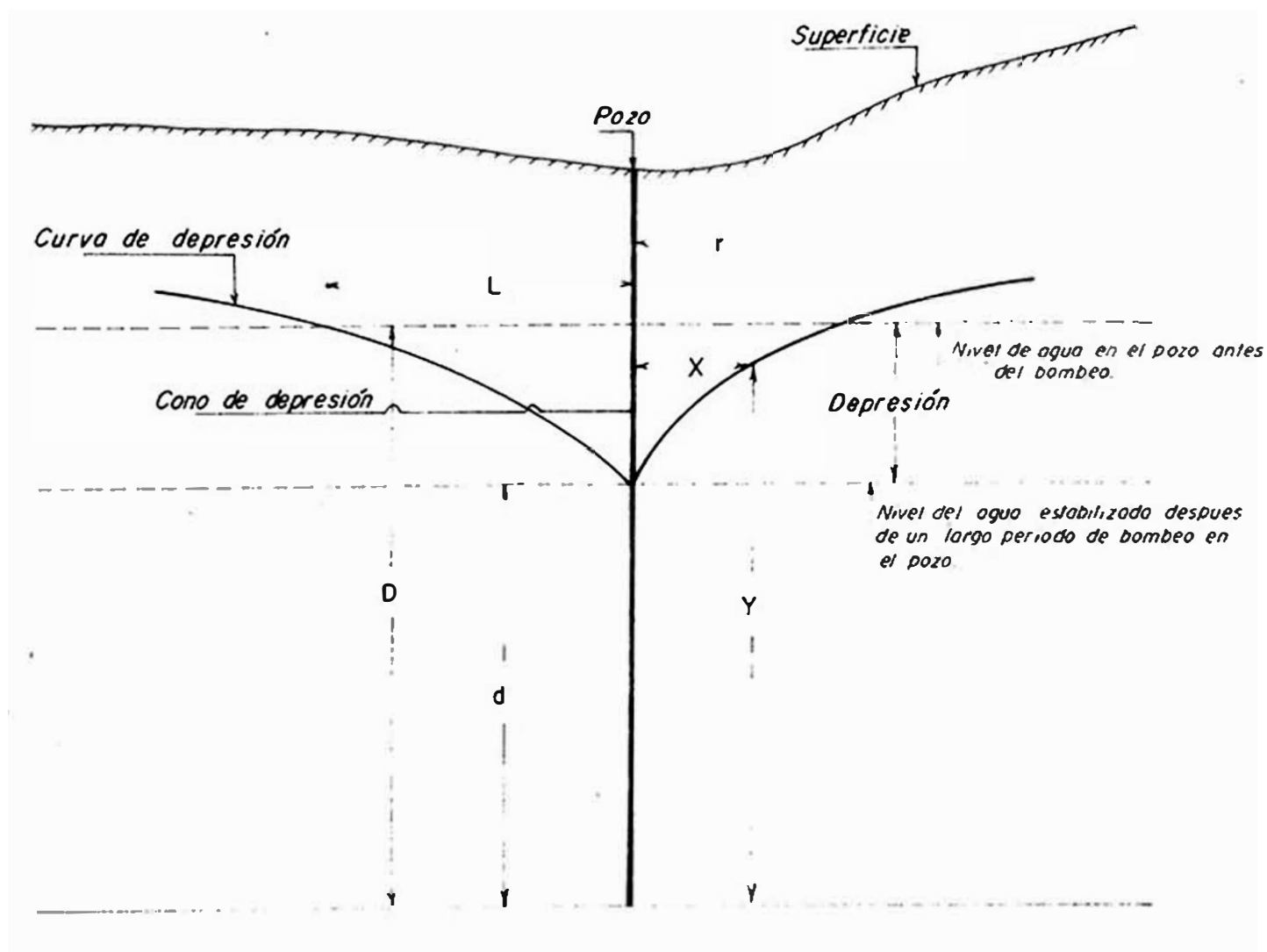
- Arena limosa	100 a 300 pies (30 a 90 metros)
- Arena fina a media	300 a 600 pies (90 a 180 ")
- Arena gruesa y grava fina	600 a 1200 " (180 a 360 ")
- Grava	1200 a 2400 " (360 a 720 ")

En el cálculo de las cantidades reales de agua que puede suministrar un pozo por bombeo, se necesita información sobre el comportamiento del agua en la formación de donde es extraída.

Manera de calcular el gasto de un pozo:

A continuación se indican valores de acuerdo al gráfico que se adjunta:

- r = radio del pozo en centímetros
- d = espesor del agua del pozo en metros (cuando se esta bombeando) medido desde la base del acuífero - que se utiliza.
- D = espesor del acuífero en metros por bajo del nivel de agua estático (medido a la base del pozo cuando éste tiene el fondo en el acuífero, o a la base del acuífero cuando el pozo es más profundo).
- X y Y = coordenadas de un punto en la curva de depresión
- $D - d$ = depresión en metros
- q = cantidad de agua extraída en litros por día.
- p = coeficiente de permeabilidad (velocidad de flujo en litros por día a través de una sección de 1 dm. cuadrado bajo un gradiente hidráulico de 100 por 100 a la temperatura de 20 °C



Representación esquemática de un pozo que atraviesa un acuífero

El área total por la que el agua pasa al pozo a una distancia del centro del pozo es $2\pi xy$, y la pendiente en este punto es:

$$x, y = dy/dx \quad (1)$$

luego:

$$q = 2\pi Pxy \, dy/dx \quad (2)$$

$$q \, dx/x = 2\pi P_y \, dy \quad (3)$$

integrando:

$$q \ln x = \pi P y^2 + C \quad (4)$$

cuando:

$$x = r \quad \text{é} \quad y = d \quad (5)$$

$$q \ln r = \pi P d^2 + C \quad (6)$$

$$C = q \ln r - \pi P d^2 \quad (7)$$

Sustituyendo el valor C en la ecuación (4) y despejando y :

$$y^2 = q/\pi P \ln x/r + d^2 \quad (8)$$

Sustituyendo R por el radio de base del cono de depresión x, el valor de y es D (es decir, el espesor del acuífero por bajo de la superficie hidrostática).

Despejando q de la ecuación (8):

$$q = \frac{\pi P (D^2 - d^2)}{2.3 \lg R/r} \quad (9)$$

La depresión (D-d) puede calcularse por la ecuación (9) sin más que despejar d.

$$d = \sqrt{\frac{D^2 - 2.3 \lg R/r}{\pi P}} \quad (10)$$

Los valores de $\lg R/r$ varían solamente entre límites reducidos, por ello el efecto de grandes círculos de influencia no es importante en la variación de q. Por otra parte P varía enormemente, incluso para el mismo tipo de sedimentos, y este valor tiene, por tanto, una influencia profunda en la magnitud de q.

A continuación se indica una tabla que relaciona el diámetro del pozo y su círculo de influencia:

RELACION ENTRE EL DIAMETRO DEL POZO Y SU CIRCULO DE INFLUENCIA

(Valores de $1/\lg \frac{R}{r}$ utilizables en la ecuación (9))

	Diámetro del pozo (2r) en cms.					
R en metros	9	15	20	30	60	122
30	0.36	0.38	0.40	0.43	0.50	0.58
60	0.32	0.34	0.36	0.38	0.43	0.50
152	0.28	0.30	0.31	0.33	0.37	0.41
610	0.24	0.25	0.26	0.27	0.30	0.33

R = radio del cono de depresión

r = radio del pozo

Para el caso del pozo S-15, se puede determinar la permeabilidad, despejando de la ecuación (9) el valor de P.

$$P = \frac{q \times 2.3 \times \lg R/r}{\pi (D^2 - d^2)} \quad (11)$$

donde:

q = 25 lts/seg.

D = 26.5 m. $D^2 = 702 \text{ m}^2$

d = 16.0 m. $d^2 = 256 \text{ m}^2$

r = 6" = 15 cm.

R = Se puede considerar en el grupo de arenas gruesas y grama fina, igual a 300 m.

$$\lg \frac{1}{R/r} = 0.30 \text{ (del cuadro anterior)}$$

Reemplazando todos estos valores en la ecuación (11) se tiene:

$$p = 11,950 \text{ lts/día. dm}^2$$

En realidad lo hallado es el coeficiente de permeabilidad, o sea la capacidad de una formación para transmitir agua a través de los intersticios interconectados. Es el rango de flujo de agua en lts/día que atravieza una sección transversal

de ldm². También se puede ser dado por las unidades siguientes: gal/día/pie². y pies³/día/pie².

La transmisibilidad se obtiene multiplicando la permeabilidad por la potencia del acuífero. O sea:

$$11,950 \times 26.50 = 30,467.50 \text{ m}^3/\text{día} \times \text{m}.$$

Como el anterior lo hallado es el coeficiente de transmisibilidad, que es el rango de flujo de agua en m³/día a través de una columna vertical de un acuífero de 1 m. de lado y extendido a toda la altura saturada bajo un gradiente hidráulico de 100 por 100. También puede ser dado en: gal/día/pie y en pies³/día/pie.

Hidráulica del agua subterránea.- Velocidad del flujo del agua subterránea:

El movimiento de un líquido puede ser laminar o turbulento. En el escurrimiento laminar, el movimiento del agua es ordenado y uniforme; en el escurrimiento turbulento, tiene lugar remolinos y movimientos irregulares. En el movimiento del agua subterránea prevalece el escurrimiento laminar que se verifica a velocidades reducidas. El escurrimiento laminar del agua subterránea a través de una roca se llama percolación. - Como se pierde poca energía en la formación de remolinos, la velocidad de percolación varía directamente con el gradiente hidráulico y con la permeabilidad.

$$v = p.i$$

que es la fórmula de Darcy.

El volumen de agua que se mueve en la unidad de tiempo, a través de un área A. será:

$$Q = p.i.A$$

Sin embargo, la percolación sólo tiene lugar a través de los espacios vacíos del area considerada de aquí que la velocidad de filtración o percolación sea mayor que el valor v deducido de la fórmula anterior. La velocidad de percolación v_p es, en consecuencia:

$$v_p = v/n$$

en la que n es el tanto por ciento del área ocupada por los espacios vacíos (porosidad).

La Ley de Darcy se ha usado mucho y se ha demostrado que es correcta, en esencia, para el escurrimiento laminar. La constante p tiene que establecerse mediante investigaciones de laboratorio o de campo, para cada uno de los materiales a los que se pretenda aplicar la ley. Debe recordarse que en la naturaleza la uniformidad o regulosidad es generalmente la excepción y no la regla. Deben esperarse siempre irregularidades en la sedimentación, variaciones en la cementación, así como en la estructura. Por lo tanto, la permeabilidad de los sedimentos naturales es variable en diferentes direcciones.

La permeabilidad a través de los estratos es en general menor que la permeabilidad paralela a ellos.

Se admite que el coeficiente p para un material determinado, a cierta temperatura patrón es constante, y se hace así para mayor facilidad en los cálculos, depende de:

- 1) la geometría de los poros, es decir de su forma y de su tamaño.
- 2) la composición mineral de las partículas o granos de los suelos
- 3) ocasionalmente, la ionización de la humedad del suelo.
- 4) las propiedades de las adiciones orgánicas o de otra índole; y
- 5) las propiedades del fluido percolantes, y , en especial de su viscosidad.

Esta última, a su vez, depende de la temperatura, y en casos excepcionales, de la presión atmosférica.

Existen tablas y fórmulas que se basan en el tamaño de las partículas y dan una información menos exacta, que las realizadas por el laboratorio por el método de los permeámetros.

COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD

CLASE DEL MATERIAL DEL SUELO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	
	10^{-4} cm/seg	pies/día
Arenas sueltas uniformes:		
Tamiz N° 30 - 40	3,000	847
Tamiz N° 60 - 70	300	35
Tamiz N° 80 - 100	100	28
Arenas finas	100 - 20	28 - 6
Limos	2000 - 1	564 - 0.3
Arcillas	10 - 0	3 - 0

Las velocidades determinadas mediante la fórmula de Darcy se expresan en las mismas unidades que el coeficiente de permeabilidad empleado en la fórmula.

Para el caso del presente estudio, el cálculo de la velocidad, se ha llevado a cabo con las limitaciones propias de un estudio preliminar.

Aplicando la fórmula de Darcy se tiene:

$$v = p.i/n$$

$$p = 11,950 \text{ lts/día} \times \text{dm}^2$$

$$i = 0.010$$

$$n = 0.15$$

$$v = \frac{11.950 \times 0.01}{0.15}$$

$$v = 0.787 \text{ m}^3/\text{día} \times \text{dm}^2$$

$$v = 79.7 \text{ m/día} = 0.00092 \text{ m/seg}$$

$$v = 0.092 \text{ cm/seg} = 920 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

Gasto o Caudal.-

Si la velocidad es 79.75 m/día el gasto, caudal ó volumen del líquido que pasa a través del área de un metro cuadrado, es también de 79.75 m³ por día, por metro cuadrado del área de descarga.

La estimación del área de descarga A, multiplicada por la velocidad v es el gasto ó caudal a través de la determinada área A.

En la sección transversal al valle en la zona del pozo S-15, se tiene:

$$h = \text{potencia del acuífero} = 26.5 \text{ m}$$

$$w = \text{ancho promedio de la sección del valle} = 1,000 \text{ m}$$

Luego:

$$A = h \times w = 26.5 \times 1,000$$

$$A = 26,500 \text{ m}^2$$

El gasto ó caudal sera:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 0.00092 \times 26,500 = 24.4 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Q = 24,400 lts/seg

ESTUDIO GEOFISICO.- (Generalidades)

Método de Resistividad Eléctrica:

Durante mucho tiempo se han usado técnicas de resistividad eléctrica superficial para determinar la estratificación en el subsuelo. La resistividad se define como la resistencia al flujo de la corriente eléctrica y se mide en ohm.cm ó en ohm,m

La resistividad eléctrica de distintos tipos de rocas varia según ciertos factores. Los factores que influyen son: tipo de roca, porosidad, grado de saturación y salinidad del líquido saturador. Como no hay relación directa entre permeabilidad (que determina cuánta agua se puede bombear de una unidad-espesor de un acuífero) y porosidad, no es posible interpretar la resistividad como indicio de que un lecho dado es una fuente de agua. Sin embargo, el intérprete experimentado, al estudiar secciones transversales y mapas regionales de resistividad, puede indentificar el significado de cambios de resistividad en la región y en cada punto de medición, especialmente si cuenta con información geológica en algunos de los puntos de medición.

Al medir la resistividad en la superficie, se mide la resistividad aparente a profundidades cada vez mayores. La resistividad aparente significa la resistividad promedio de to-

das las formaciones desde la superficie hasta la profundidad de penetración, de acuerdo a la configuración del electrodo usado. Esta resistividad aparente, en la fase de interpretación, se divide en sus estratos componentes por medio de técnicas de pareo de curvas parciales. La experiencia demuestra que la expansión de electrodos a un intervalo pequeño y constante es preferible a una expansión logarítmica. - Repetidas veces se encontró que pequeños intervalos de profundidad proporcionan una mayor certidumbre de interpretación y permiten extraer mayor cantidad de información del perfil de resistividad. La justificación empírica de lo expresado anteriormente se encuentra en la buena correlación con los perfiles litológicos de muchas perforaciones de sondeo.

Estudio Geofísico por agua subterránea en el Fundo Huancamuña. Valle de Sechín.-

A consecuencia de haber resultado en pobre rendimiento la perforación y prueba de un pozo en el Fundo Huancamuña, propiedad de la Testamentaría Ferromeque, Casma, el Administrador del mismo Sr. Reynaldo Rospigliosi contrató los servicios de la Compañía "Geofísica Aplicada" del Ing° José E. Arce Helberg, para realizar un estudio geofísico por agua subterránea en el Fundo mencionado. El trabajo se realizó en el mes de Mayo del año pasado (1966)

Mediante la aplicación precisa de los métodos geofísicos, es posible localizar las zonas donde se presente más favorable el acuífero, con una precisión de un metro.

Método empleado:

El de Resistividad Eléctrica, que funciona dependiendo mayormente de la presencia calidad y cantidad del agua contenida en los poros e intersticios de los sedimentos y rocas.

La técnica básica consiste en el empleo de cuatro electrodos, dos para aplicar la corriente al subsuelo y los dos restantes para medir sus efectos en otros puntos. En la práctica, se les coloca en línea recta con los de corriente al exterior y los de medida (de potencial) al interior. Las configuraciones que se pueden utilizar son de diversos tipos, dependiendo de las relaciones de distancia entre los electrodos y de la simetría del conjunto; en el presente estudio se ha empleado la llamada "Wenner", equidistante y simétrica, por ser la más simple de operación, además de haberse comprobado su eficacia en otros valles de la costa peruana.

Existen dos casos básicos en cuanto a la disposición de los materiales en el subsuelo y de ellos depende el tipo de progresión que se emplee. Cuando se trata de formaciones dispuestas más o menos horizontalmente y con espesores uni-

formas o de variación ligera, se utiliza la técnica de los sondajes eléctricos, es decir, la investigación de las variaciones en la vertical bajo el punto escogido como estación. Al aumentarse progresivamente la separación entre los electrodos, se incrementa consecuentemente la penetración del registro.

Para el caso de investigar un subsuelo distribuido irregularmente, la técnica utilizada es la de los perfiles de resistividad eléctrica, que se obtienen recorriendo líneas con una separación de electrodos constante y tomando lecturas a intervalos regulares.

Equipo.-

El equipo que se emplea es el siguiente:

- Fuente de energía y tablero de controles, con una capacidad máxima de 250 vatios para 0.3 amperios de salida.
- En los perfiles solamente se emplearon 50 ma. constantes, mientras que en los sondajes, intensidades variables entre 1 y 100 ma. para las diferentes separaciones de electrodos. Se utilizó corriente continua de pilas secas.
- Potenciómetro del tipo "hidrógeno ionizado" con galvanómetro ultrasensible.

- Electrodo no polarizables de porcelana porosa con núcleo de cobre metálico.
- Dos carretes con 500 metros de cable eléctrico cada uno.
- Un carrete doble con dos bobinas de 200 metros cada una.
- Cordones eléctricos de longitudes variables entre 20 y 120 metros, para los perfiles.

Trabajo de Campo:

El Fundo Huancamuña cubre una extensión aproximada de 36 hectáreas, con una longitud máxima de 1400 metros, alargados transversalmente a la mayor pendiente del valle. El acceso al mismo es mediante un desvío que parte de más o menos 8.5 kms. de la carretera Casma-Huaraz.

El levantamiento consistió de cinco perfiles de resistividad eléctrica alineados hacia NNO, más tres sondajes para penetraciones variables entre 1 y 200 metros. En los perfiles se utilizaron separaciones entre electrodos para un alcance aproximado de 40 y 60 metros en profundidad, debe anotarse que cada línea fué recorrida una sola vez empleando un dispositivo de electrodos combinados para las penetraciones indicadas en forma simultánea. El perfil RI se levantó con intervalos de 10 metros entre estaciones, mientras que los restantes lo fue

ron con 20 m. Complementariamente se repitió el perfil RI, utilizando separaciones de 20 y 30 metros entre los electrodos, con el objeto de observar pequeñas anomalías a poca profundidad.

Los perfiles han sido tomados según la secuencia del levantamiento, comenzando en el RI hasta el R4, intercalando el perfil A entre RI y R2. A lo largo de los mismos se colocaron estacas cada 100 metros, numerándolas con sólo un dígito; es decir por ejemplo, la estaca R3-6 está 600 metros al norte de la estaca R3-0 (origen de R3); los rumbos magnéticos están indicados en el croquis de ubicación.

Las estacas R1-0, A-0 y R2-0, orígenes de los perfiles R1, A y R2 respectivamente, fueron colocados exactamente junto al cero-lindero que corre junto a la pista. Todas las medidas a ser indicadas para los puntos recomendados, deberán ser tomadas desde las estacas de origen.

El sondaje SE-1 fué ejecutado en el centro de una anomalía de resistividad encontrada en el perfil A. El SE-2, unos 40 metros al sur del pozo tubular y el SE-3, junto a la puerta de entrada al fundo.

Interpretaciones:

- 1.- En todos los perfiles se notan valores de alta resistividad, al sur de los pozos ya perforados.

- 2.- Desde la pista hasta unos 100 - 120 metros hacia el norte, ocurre una zona de baja resistividad que señala como favorable a las perforaciones. Otra zona parecida se presenta a partir de los 1000 metros en el perfil R1.
- 3.- Aparte de las áreas grandes mencionadas en la conclusión anterior, los perfiles muestran la irregularidad de sedimentos, típica de los rellenos aluviónicos. Dentro de los mismos se presentan fajas estrechas de alta permeabilidad que aparecen como anomalías.
- 4.- Se han llegado a correlacionar siete alineamientos de anomalías, cuyas orientaciones van hacia el sur y dos de las cuales se extienden por más de 50 m.
- 5.- Los sondajes eléctricos son difíciles de relacionar entre sí debido a las irregularidades sedimentarias que se mencionó antes. Sin embargo, con ayuda del perfil litológico del pozo tubular se podrá establecer comparaciones útiles.
- 6.- Las mejores indicaciones en cuanto al alcance de los pozos, se encuentra entre los 40 y 60 metros.

Recomendaciones:

Se señalan cuatro puntos ubicados como favorables mediante los perfiles de resistividad eléctrica. En el croquis de ubicaciones se les encuentra numerados según el orden de

prioridad que se les ha asignado; para el replanteo de los mismos se tomarán los siguientes elementos:

<u>PUNTO RECOMENDADO</u>	<u>MEDIR DESDE LA ESTACA</u>	<u>DISTANCIA</u>	<u>HACIA</u>
1	A - 0	355 m.	N 29° 0
2	R1 - 0	1190 m.	camino
3	R1 - 0	50 m.	camino
4	R2 - 0	900 m.	N 29° 0

Las perforaciones deberán llegar a los 50 m. como mínimo, pero no pasar de los 60 m. a menos que se encuentre buen material y se desee mejorar el rendimiento; sin embargo, los registros eléctricos no permiten suponer la presencia de buenos materiales bajo los 70 m. Se deberán colocar ventanillas en los tubos comenzando a la altura del nivel estático del agua, hasta el fondo de los pozos, sin discriminar el tipo de sedimento. Las ventanillas tendrán 1/4" de espesor máximo y serán abiertas en número de 12 - 16 como mínimo por vuelta.

Es preferible que de antemano se coloquen hitos en cada uno de los cuatro puntos recomendados, para evitar complicaciones posteriores cuando haya desaparecido toda huella dejada por el levantamiento geofísico.

GENERALIDADES SOBRE LAS RESERVAS Y RECURSOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS.-

Antes de proceder al estudio de los programas de explotación, es necesario exponer los principios generales sobre la noción de reservas y de recursos en agua subterráneas.

Desde luego es necesario distinguir netamente las reservas y los recursos. Las reservas representan el volumen de agua almacenada, durante un tiempo más o menos largo, dentro de los sistemas acuíferos. Los recursos se refieren solamente a la parte explotable de las reservas. En efecto, sólo un volumen parcial de la totalidad de las aguas subterráneas son explotables en razón de los imperativos técnicos y económicos de una parte, de conservación y de protección por otra.

Reservas en aguas subterráneas:

Las reservas en aguas subterráneas representan el volumen de agua almacenada en los sistemas acuíferos, su importancia está en relación directa con:

- a) Las estructuras geológicas y las condiciones hidrogeológicas.
- b) las características hidrogeológicas de los terrenos acuíferos (reservorios), porosidad eficaz y coeficiente de almacenamiento.

a) Estructuras Geológicas y Condiciones Hidrogeológicas:

Las estructuras geológicas determinan la forma y las dimensiones, por lo tanto el volumen total, de los acuíferos.

Las condiciones hidrogeológicas condicionan el tipo de napa: cautiva ó libre. En las napas libres, la forma, la posición y las fluctuaciones de la superficie piezométrica determinan el volumen de terreno saturado.

b) Características hidrogeológicas:

Sólo una porción del volumen del terreno acuífero está ocupado por el agua gravífica, liberable por los medios económicos, por lo tanto explotable. Esta porción de agua libre - está determinada en las napas libres por la porosidad eficaz y en las napas cautivas por el coeficiente de almacenamiento.

Recursos en Aguas Subterráneas:

Los recursos en aguas subterráneas representan el volumen de agua explotable tomados a las reservas. Estos son función de:

- las reservas
- la posibilidad de explotación de las napas acuíferas, los cuales dependen de las características siguientes:
 - 1.- hidrología del terreno acuífero: permeabilidad y transmisibilidad;
 - 2.- técnicas y economía de las obras de captación.

3.- renovamiento de las reservas: alimentación y pérdidas.

Clasificación de las Reservas:

Podemos distinguir entre las reservas en aguas subterráneas cuatro grandes tipos determinados esencialmente por las condiciones hidrogeológicas y el ritmo de las precipitaciones:

- a) las reservas regulatrices
- b) las reservas geológicas
- c) las reservas naturales y d) las reservas de explotación.

a).- Reservas Regulatrices:

Ellos representan la cantidad de agua libre almacenada en el terreno acuífero en el curso de una recarga importante por alimentación natural, Ellos evolucionan por lo tanto en relación directa con el ritmo estacional o interanual de las precipitaciones. Su estimación está ligada al año hidrológico.

Las reservas regulatrices están en relación directa con las variaciones del nivel piezométrico y las amplitudes de las fluctuaciones de la superficie piezométrica de las napas. Ellas permiten repartir el caudal promedio de explotación sobre un valor promedio, función de un período y de un aporte en relación directa con el ritmo y la intensidad de las precipitaciones (estacional, anual o pluri-anual) teniendo en

cuenta la infiltración eficaz.

b).- Reservas Geológicas:

Las reservas geológicas o ~~seculares~~, o profundas, están en relación con el ciclo pluri-anual de las precipitaciones. Ellas permiten una explotación más importante regularizada sobre períodos de varios años. En el límite, estas son las aguas fósiles.

c).- Reservas Naturales:

La totalidad del agua libre contenida en un horizonte acuífero constituyen las reservas naturales. Por ejemplo, la napa delimitada por el substratum impermeable y la superficie piezométrica en un período dado representa la reserva natural. Aquella es pues igual a la suma de las reservas geológicas y regulatrices. Ellas podrían ser calificadas como potenciales.

d).- Reservas de Explotación:

La totalidad de las reservas naturales no pueden ser explotadas por razones técnicas o de seguridad; el volumen máximo de agua que pueda ser obtenido de un horizonte acuífero, constituye la reserva de explotación. Las reservas de explotación son determinadas por las reservas regulatrices y una parte de las reservas geológicas.

Clasificación de los recursos:

Se pueden distinguir:

- 1.- Los recursos potenciales teóricos
- 2.- Los recursos potenciales reales
- 3.- Los recursos explotables

1.- Los recursos potenciales teóricos:

Están determinados por el volumen de agua total que llega a la napa, como consecuencia de la infiltración eficaz de las precipitaciones y el vertimiento de otros horizontes acuíferos.

2.- Los recursos potenciales reales:

Representan una fracción de los recursos potenciales teóricos por déficit debido a la evotranspiración y a la pérdidas por fugas en las napas adyacentes y vertimiento en superficie.

3.- Los recursos explotables:

Representan la parte de los recursos potenciales reales en donde la explotación está condicionada por:

- las reservas
- las posibilidades de explotación de las napas acuíferas.

Explotación de los Recursos:

La explotación de los recursos pone un problema de prin

cipio general. Parece lógico limitar la explotación de las aguas subterráneas a los recursos explotables, los cuales, equilibrados con la alimentación y las pérdidas, conducen a la regularización y a la conservación de las reservas. Es no obstante concebible en las condiciones económicas particulares, pasar este límite y de agotar progresivamente las reservas naturales (reservas regulatriz y geológica). La duración de la explotación está así limitada intencionalmente a un cierto lapso de tiempo, 20, 50, 100 años.

Cálculo de los recursos:

El cálculo de los recursos en aguas subterráneas exige el conocimiento de numerosos datos:

- estructuras geológicas y condiciones hidrogeológicas de la región estudiada.
- características hidrogeológicas de los terrenos - acuíferos, porosidad eficaz, permeabilidad o transmisibilidad.
- características técnicas y económicas de las obras de captación.
- alimentación de las napas: precipitación, infiltración eficaz.
- pérdidas: evotranspiración, fugas en las napas adyacentes, vertimiento de superficie.

En el primer estado de los estudios hidrogeológicos, nuestros conocimientos sobre estos problemas muy aproximativos o rudimentarios, nos permiten solamente preparar un - programa provisorio de explotación de los recursos en agua.

Programa provisorio de explotación de recursos en agua:

El programa provisorio de explotación de los recursos en agua, es establecido según los datos sobre la estimación:

- de los recursos en agua
- de las necesidades en agua

El estudio permite formular las prescripciones concernientes a:

- la explotación de los recursos acuíferos
- la protección de las aguas y su conservación

Estimación de los recursos en agua:

En la estimación de los recursos en agua debe tenerse en cuenta su totalidad, agua de superficie y napas subterráneas en donde la armonización de la explotación debe ser realizada.

Después de la primera fase del estudio hidrológico, - esta estimación podría ser solamente aproximada y provisoria. Sería un error, grave en consecuencias, de considerarlo como suficiente.

Cálculo de Reservas.-

Cálculo de Reservas Naturales:

Los elementos de cálculo de las reservas naturales son:

- las dimensiones del horizonte acuífero
- porosidad eficaz

Las dimensiones del horizonte acuífero está determinada por los estudios geológicos e hidrogeológicos. Su precisión es de los datos recolectados.

En las napas libres, están determinadas por el planimetrage de todo el substratum impermeable y de la superficie piezométrica. Más simplemente, es el producto de la superficie por la potencia promedio del acuífero.

El volumen de agua libre utilizable es obtenido multiplicando el volumen del horizonte acuífero por la porosidad útil.

Cálculo de las Reservas Regulatrices:

Las reservas regulatrices están directamente ligadas a las variaciones del nivel piezométrico de las napas acuíferas libres. Se puede calcular por: el estudio de las variaciones del nivel piezométrico.

Estudio de las variaciones del nivel piezométrico:

Las variaciones del nivel piezométrico delimitan un espesor de terreno que almacena o libera el agua grávida.

Sea Δh , la variación de nivel, positivo o negativo entre dos posiciones sucesivas de la superficie piezométrica. La variación de volumen de reserva unitaria ΔR es igual a la porosidad eficaz por la variación del nivel piezométrico.

$$\Delta R = \Delta h \cdot n$$

Se llama ΔR , el índice de almacenamiento. Se expresa en mm. de altura de agua.

Conociendo n , se puede determinar la reserva regularizadora, en nuestro estudio, n es igual a 0.15 la amplitud promedio entre el máximo y el mínimo de la superficie piezométrica en el curso del año 1965 fué de $\Delta h = 2$ m.

Luego se tiene:

$$\Delta R = 2 \times 0.15 = 0.3 = 300 \text{ mm.}$$

Recursos Explotables.-

Para tener los recursos explotables, es necesario determinar la superficie promedio del agua subterránea, la variación promedio del nivel piezométrico h , y por último conocer la porosidad eficaz.

La reserva R correspondiente es igual a:

$$R = V \cdot n$$

$V =$ es el volumen que se determina multiplicando la superficie que cubre el agua subterránea por la variación promedio del nivel piezométrico. Para Casma Baja, se tiene, que este sector comprende desde la Estación de Aforos (carretera Panamericana) hasta el mar y tiene aproximadamente 5,000 Has. Se Sechín se puede considerar unas 2,600 Has, - pero que se pueden reducir a 2,000 Has. por ser el valle un tanto estrecho lo que disminuye probablemente la amplitud de la napa.

$$n = 0.15$$

Luego se tiene:

$$\text{Para Casma, } R = 50'000,000 \text{ m}^2 \times 2.0 \text{ m.} \times 0.15$$

$$R = 15'000,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Para Sechín, } R = 20'000,000 \text{ m}^2 \times 2.0 \text{ m} \times 0.15$$

$$R = 6'000,000 \text{ m}^3$$

El total de recursos explotables es:

$$R = 21'000,000 \text{ m}^3$$

Actualmente se bombea: En Casma Baja, 11'000,000 m^3 ;
y en Sechín: 6'000,000 m^3

Recarga.-

El árido clima de la región Casma-Sechín excluye toda posibilidad de recarga directa de las aguas subterráneas por medio de las precipitaciones que caen en la región. Las

muy escasas precipitaciones se infiltran solamente en la parte superior del suelo y se evaporan rápidamente. Existen, - sin embargo, otras tres posibles fuentes de recarga por ser consideradas: infiltración de los ríos y canales, corrientes de los Andes y flujo de retorno de la irrigación.

De acuerdo a lo mencionado de este estudio la región se halla cruzada a lo largo y a lo ancho por cauces de ríos y canales, portadores de agua provenientes de dos ríos. A lo largo de estos cauces de ríos y canales todos ellos desalineados, se produce una considerable filtración hacia las aguas subterráneas. Las observaciones indican que dicha infiltración representa una parte substancial de la recarga de las aguas subterráneas. El primer indicio es la relativamente alta elevación de las aguas subterráneas como lo muestra la curvatura al exterior de las líneas del nivel de agua al rededor de las principales corrientes y canales. También se nota que todo aumento del nivel de aguas en los pozos a tajo abierto está generalmente correlacionado con períodos de flujo en los canales adyacentes. Esto fue frecuentemente informado por los agricultores locales, las pérdidas de agua contribuyen a las recargas de las napas y es consumida en parte por la bundante vegetación en los valles y a lo largo de los canales.

Las pérdidas por filtración en los ríos es aproximadamente el 40 % de su flujo medio (la mayor parte es evapora-

da y transpirada por la espesa cubierta vegetativa, unos 60 %) y los restantes 40 % recargan la napa en la planicie,

Otra posible fuente de recarga que debe ser considerada es el agua proveniente del este, donde las montañas se elevan hasta 4,000 mts. y están expuestas a altas precipitaciones. - La geología de esta parte de la sierra indica que no puede esperarse una corriente subterránea significativa, ya que estos cerros consiste por lo general de formaciones impermeables y constituyen una barrera efectiva para las corrientes subterráneas provenientes del este, en caso de que las mismas existan.

No se ha intentado medir el flujo de retorno de la irrigación pues esto exige por lo general un largo y molesto proceso que no es aplicable a una investigación practica del tipo bajo consideración. Por consiguiente, puede ser dada solamente una estimación basada en otras hechas en zonas similares del Perú y en valores aceptados en otros lugares. Dichas estimaciones varían entre 10 % y 45 % del agua de irrigación. Parte de la infiltración de los campos irrigados llega a la napa superior y subsecuentemente también a la inferior en algunas partes de la región, dicho exceso de agua de irrigación causa serios problemas de drenaje (Casma Bajo).

Otra forma de determinar la recarga anual es realizar un balance de agua en cierta zona definida teniendo en cuenta todas las aguas entradas, salidas y almacenadas en depósi

to subterráneo. El agua que entra al depósito es igualada al agua que lo abandona sumando o restando el cambio en el almacenamiento.

En este caso puede ser adoptada la siguiente ecuación:

$$P + R_{inf} + R_{ir} + U_{in} = ET + Q + U_o \pm \Delta S$$

donde:

- P = recarga proveniente de las precipitaciones caídas sobre el área sometida al balance
- R_{inf} = recarga por infiltración de arroyos y canales
- R_{ir} = recarga por retorno de aguas de irrigación
- U_{in} = flujo de agua subterránea proveniente de los Andes
- ET = evapotranspiración
- Q = bombeo efectuado en la zona
- U_o = flujo al exterior del agua subterránea
- Δ S = variaciones en el almacenamiento de agua subterránea

Si el balance es efectuado en un área elegida en la planicie de la costa, lejos de los principales arroyos, canales y áreas de vegetación y donde P = 0, la ecuación mencionada se reduce a:

$$R = Q + U_o \pm \Delta S$$

donde R representa la recarga de la napa en la planicie y es igual a:

$$R_{inf} + R_{in} + U_{in} - ET$$

Para determinar la recarga en base a la ecuación anterior, se tiene que la corriente subterránea (U_0) a través de una sección equipotencial fué computada en base a la Ley de Darcy y las propiedades de las napas que fueron encontradas durante la investigación. La influencia de las fluctuaciones sobre el nivel de agua se puede eliminar y por lo tanto la variación de almacenamiento (ΔS) sea igualada a cero. El bombeo (Q) puede despreciarse debido a que su leve efecto sobre el nivel del agua es de carácter local y está parcialmente corregido en el mapa de niveles de agua, del cual fué derivado el gradiente medio. Por consiguiente, $R = U_0$, o como era de esperar; la corriente subterránea es igual a la recarga media de la planicie.

Recarga de la Cuenca Subterránea.-

Para las 3,700 Has. de la zona baja de Casma, el río entregará anualmente $31'400,000 \text{ m}^3$; si suponemos un 40 % de pérdidas, $12'560,000 \text{ m}^3$ irán a enriquecer la napa freática. Esta cifra puede ser un tanto mayor si asumimos una cantidad para el agua que directamente por infiltración baja de las zonas superiores.

Las 2,600 Has. de Sechín tendrán los recursos siguientes: aguas del río 23'600,000 m³. Igualmente, si tomamos sólo un 40 % como aguas de percolación, la recarga del estrato acuífero subterráneo será del orden - de los 9'300,000 m³

Si comparamos las cantidades anteriores, se dirá que es posible explotar en el futuro algo más de lo - que actualmente se bombea, pero sin ir a cantidades mayores.

C A P I T U L O VIII

P E R F O R A C I O N D E P O Z O S

TECNICA DE LA PERFORACION.-

La mayor parte de los pozos tubulares, han sido perforados por contratistas locales con equipo de percusión.

La profundidad de los pozos varía entre 40 y 80 m. Sólo un método geofísico ha sido utilizado en la zona para explotar el subsuelo o para determinar la ubicación de los pozos productores. La técnica de las perforaciones poco profundas es bastante satisfactoria, pero el acabado de los pozos es dejado en manos de los perforadores que no tienen experiencia en cuanto al uso de pantallas o métodos aceptados de relleno de grava. El enlechar con cemento, - excluir aguas de calidad no satisfactoria, no ha sido practicada en la zona. El procedimiento usual para la perforación y construcción es el siguiente: durante la perforación regular por percusión (18" al 14" de diámetro) es introducido un tubo de pared delgada (6 mm.) cuyo objeto es revestir el pozo en forma permanente. Una envoltura de -

gravas y piedras (10 cm. a 15 cm. de diámetro) es ubicada en un agujero cónico alrededor del encamisado y junto con ésta es introducido hasta la máxima profundidad posible. Después de haber terminado la perforación se perfora el encamisado - mediante una herramienta que produce ranuras en los lugares opuestos a donde se encuentran las capas de grava y arena, - mientras que la envoltura de grava tiene por función evitar la entrada de arena al pozo através de las ranuras de media pulgada de ancho. Durante los ensayos de bombeo, grandes - cantidades de arena son generalmente extraídos con el agua, produciéndose por lo tanto cavidades alrededor del pozo. - Con el objeto de detener el flujo de arena y evitar el de--rrumbe del pozo, se vuelve a introducir grava. En algunos casos dicho procedimiento suele ser eficaz, pero en otros, - la arena sigue fluyendo varios meses después de haber comen--zado el bombeo originando daños a la bomba, al motor y al equipo poniendo en peligro la construcción del pozo.

Inversión de los pozos.-

La inversión que exige un nuevo pozo asciende por - término medio a 500,000 soles oro. El costo de una perfora--ción infructuosa se ha calculado en 270,000 soles oro.

Conexión de los pozos al sistema de abastecimiento existen--te.-

La ubicación de los pozos se basará en informaciones hidrológicas ulteriores. La posición exacta se determinará

sólo durante el programa de perforación.

El costo de la conexión de los pozos al sistema de abastecimiento se ha calculado en 200,000 soles oro por km. de canal.

Costos anuales.-

Los costos incluyen los costos de capacitación, operación y mantenimiento.

Combustible y aceite lubricante, combustible a razón de 0.2 kg. por HP/hora, aceite a 2 gm. por HP/hora.

Servicio y reparaciones.

Mantenimiento de los canales, el costo de mantenimiento anual es de 9,000 soles por kilómetro de canal.

Administración, los gastos por administración calculados como el 1 % de la inversión total.

Costo de perforación y equipo de pozos.-

Costo promedio por pozo:

Perforación a \$ 1,600 por metro, incluido casing.

Bombeo de prueba a \$ 5,000 por las primera 24 horas y \$ 100 por cada hora adicional.

Instalación de equipo \$ 3,000.-

Costo del equipo:

- a) Bomba Vertical, 60 l/seg. 60 m. alcance de elevación (head).
- b) Cabeza de bomba y engranajes
- c) Columnas

d) Conducto principal (rising main)

e) Motor Diesel (Tipo Caterpillar 320 T)

Costo total incluido puesta en el lugar S/ 200,000

Edificios y bases para bombas S/ 16,000.-

Gastos imprevistos 5 %

Costo promedio de perforación sin éxito.-

(Si es abandonada por mala calidad del agua u otras razones).

Perforación a 1,600 soles por metro, incluido encamisado menos S/ 200.- por m. de encamisado recuperado.

Pruebas de bombeo y otras especiales.

Gastos imprevistos 5 %

Costo anual de operación y mantención de pozos.-

Costo por cada pozo:

Operación:

Salarios anuales S/ 27,000.-

Mantención:

Revisión rutinaria cada año a S/ 15,000.-

Revisión general cada 2 años a S/25,000.-

Revisión total cada 5 años a S/ 35,000.-

COSTO DEL METRO CUBICO DE AGUA SUBTERRANEA EN CASMA.-

A continuación se indicará el costo del m³ de agua subterránea, extraída de un pozo, la profundidad de ésta

se supone de 60 m. se debe tomar en cuenta la perforación, las pruebas de bombeo, el equipo, construcción del edificio y las bases para la bomba, los salarios, revisiones y el consumo de combustibles y lubricantes.

Todos los gastos se tienen que asumir para un año representativo, con un rendimiento del pozo de 60 lts/seg. trabajando 10 horas diarias y 7 meses al año.

La financiación; se puede asumir que el dinero inicial (o sea para la perforación del pozo, adquisición del equipo de bombeo, construcción de la caseta, etc) es prestado por alguna entidad financiera, sea nacional e internacional. Para este tipo de financiación, los pagos se pueden hacer en un número determinado de años, a un interés anual fijo. Para el tipo de inversiones como el de este caso, el pago puede ser en 20 años y el interés del 8 % anual.

La vida útil de las obras, se puede considerar también de 20 años.

Para el análisis, se procede de la siguiente manera:

Gastos iniciales:

1.- Perforación 1,600 x 60	\$	96,000.00
2.- Prueba de bombeo, 48 horas		7,400.00
3.- Compra de equipo		200,000.00

4.- Edificios y bases para bombas	16,000.00
<u>Mantenimiento:</u>	
5.- Salarios anuales	27,000.00
6.- Combustibles, consume 0.2 kg por HP/hora el motor es de 60 HP, en un día consumirá 120 kg. en un año 8,400 gal/ a \$ 2.50	21,000.00
7.- Lubricantes, consume 0.002 kg. por HP/hora en un día el consu- mo es 1.2 kg. en un año 84 galo- nes a \$ 120 será	10,900.00
8.- Revisión rutinaria cada año	15,000.00
9.- Revisión general cada 2 años	25,000.00
10.- Revisión total cada 5 años	35,000.00

Determinación del costo del m³ de agua.-

Para determinar el costo del m³ de agua extraída del pozo, hay necesidad de considerar el gasto anual representativo o sea el pago anual para amortizar el préstamo concedido, más los gastos de mantenimiento y la capitalización para las revisiones y finalmente considerar un 5 % como impre-
vistos.

Para el cálculo de las anualidades y las capitalizaciones es necesario realizar un estudio de Equivalencias Financieras. o sea la forma como el tipo de interés puede ha-

cer que cantidades diferentes de dinero pagadas en distintas fechas sean equivalentes. En el actual caso se tendrá que pagar una cuota anual por intereses y amortizaciones, de tal manera que la suma de ambas sea igual cada año. La cuota de amortizaciones va creciendo de año en año, mientras que la cuota de intereses va disminuyendo, de manera que la suma es siempre la misma.

Para calcular los intereses compuestos y las amortizaciones, se ha tomado las tablas, del tratado de Evaluaciones de la Relación Beneficio - Costo aplicada a proyectos de usos de aguas y tierras con ayuda financiera; preparada por la Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.)

La A.I.D., es actualmente la entidad pública estadounidense que tiene a su cargo la asistencia técnica y financiera de ese país. ha publicado tres ediciones (Junio 1, 1962; primera edición; Setiembre 2, 1963; segunda edición; Octubre 1, 1964; tercera edición) del manual denominado: Estudios de Factibilidad para Proyectos de Inversión, Análisis Económico y Técnico. Estos documentos se encuentran disponibles en las diferentes oficinas de la referida agencia - para el desarrollo. Tales manuales incluyen especificaciones para la formulación de proyectos de inversión que deseen financiar con dicho organismo. Se incluyen normas para proyectos: industriales, de energía, agrícolas, de transporte, minería, agua potable, educación. salud pública, etc.

Factor Valor actual por pago único

$$(1 + i)^{-n}$$

Este factor es el valor actual de un pago de \$ 1,00; que es realizado en n años, desde hoy, asumiendo interés compuesto anualmente a la tasa de interés convenida. Por ejemplo, el valor actual de \$ 1,00 que va a ser pagada dentro de 10 años, es 0.5584, si el interés compuesto es el 6%. Esto quiere decir que debemos separar \$ 0.5584, hoy, al 6% a los efectos de obtener \$ 1.00 dentro de 10 años.

El uso de este factor se denominará actualización, y se utilizará como descuento.

años

Tasa de Interés - i

n year	2½%	3%	3½%	4%	5%	6%	7%	8%
1	0.9750	0.9709	0.9662	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259
2	0.9518	0.9426	0.9335	0.9240	0.9070	0.8900	0.8734	0.8573
3	0.9286	0.9151	0.9019	0.8890	0.8638	0.8396	0.8163	0.7938
4	0.9060	0.8885	0.8714	0.8548	0.8227	0.7921	0.7629	0.7350
5	0.8839	0.8626	0.8420	0.8219	0.7835	0.7473	0.7130	0.6806
6	0.8623	0.8376	0.8135	0.7903	0.7462	0.7050	0.6663	0.6302
7	0.8413	0.8131	0.7860	0.7599	0.7107	0.6651	0.6227	0.5835
8	0.8207	0.7894	0.7594	0.7307	0.6768	0.6274	0.5820	0.5403
9	0.8007	0.7664	0.7337	0.7026	0.6446	0.5919	0.5439	0.5002
10	0.7812	0.7441	0.7089	0.6756	0.6139	0.5584	0.5083	0.4632
11	0.7621	0.7224	0.6849	0.6496	0.5847	0.5268	0.4751	0.4289
12	0.7436	0.7014	0.6618	0.6246	0.5568	0.4970	0.4440	0.3971
13	0.7254	0.6810	0.6394	0.6006	0.5303	0.4688	0.4150	0.3677
14	0.7077	0.6611	0.6178	0.5775	0.5051	0.4423	0.3878	0.3405
15	0.6905	0.6419	0.5969	0.5553	0.4810	0.4173	0.3624	0.3152
16	0.6736	0.6232	0.5767	0.5339	0.4581	0.3936	0.3387	0.2919
17	0.6572	0.6050	0.5572	0.5134	0.4363	0.3714	0.3166	0.2703
18	0.6412	0.5874	0.5384	0.4936	0.4155	0.3503	0.2959	0.2502
19	0.6255	0.5703	0.5202	0.4746	0.3957	0.3305	0.2765	0.2317
20	0.6103	0.5537	0.5026	0.4564	0.3769	0.3118	0.2584	0.2145
21	0.5954	0.5376	0.4856	0.4388	0.3589	0.2942	0.2415	0.1987
22	0.5809	0.5219	0.4692	0.4220	0.3418	0.2775	0.2257	0.1839
23	0.5667	0.5067	0.4533	0.4057	0.3256	0.2618	0.2109	0.1703
24	0.5529	0.4919	0.4380	0.3901	0.3101	0.2470	0.1971	0.1577
25	0.5394	0.4776	0.4231	0.3751	0.2953	0.2330	0.1842	0.1460
26	0.5262	0.4637	0.4088	0.3607	0.2812	0.2198	0.1722	0.1352
27	0.5134	0.4502	0.3950	0.3468	0.2678	0.2074	0.1609	0.1252
28	0.5009	0.4371	0.3817	0.3335	0.2551	0.1956	0.1504	0.1159
29	0.4887	0.4243	0.3687	0.3207	0.2429	0.1846	0.1406	0.1073
30	0.4767	0.4120	0.3563	0.3083	0.2314	0.1741	0.1314	0.0994
31	0.4651	0.4000	0.3442	0.2965	0.2204	0.1643	0.1228	0.0920
32	0.4538	0.3883	0.3326	0.2851	0.2099	0.1550	0.1147	0.0852
33	0.4427	0.3770	0.3213	0.2741	0.1999	0.1462	0.1072	0.0789
34	0.4319	0.3660	0.3105	0.2636	0.1904	0.1379	0.1002	0.0730
35	0.4214	0.3554	0.3000	0.2534	0.1813	0.1301	0.0937	0.0676
40	0.3724	0.3006	0.2526	0.2083	0.1420	0.0972	0.0668	0.0460
45	0.3292	0.2644	0.2127	0.1712	0.1113	0.0727	0.0476	0.0313
50	0.2909	0.2281	0.1791	0.1407	0.0872	0.0543	0.0339	0.0213

Factor de Recuperación de Capital

$$\frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Dada una deuda actual, de \$ 1.00 este factor es el pago uniforme anual necesario por un número de n de años, al interés convenido, para satisfacer la deuda más los intereses. Por ejemplo, para satisfacer la deuda actual de \$ 1.00 durante los próximos 50 años, a un interés de 3.5%, será necesario hacer pagos anuales de \$ 0.04263. De la misma manera, con un interés de 6%, será necesario hacer pagos anuales de \$ 0.06344. Este proceso recibe el nombre de amortización.

Años.

Tasa de Interés - 1

n year	2½%	3%	3½%	4%	5%	6%	7%	8%
1	1.02500	1.03000	1.03500	1.04000	1.05000	1.06000	1.07000	1.08000
2	0.51883	0.52261	0.52640	0.53020	0.53780	0.54544	0.55309	0.56077
3	0.35014	0.35353	0.35693	0.36035	0.36721	0.37411	0.38105	0.38803
4	0.25882	0.26003	0.27225	0.27549	0.28201	0.28859	0.29523	0.30192
5	0.21525	0.21836	0.22148	0.22463	0.23097	0.23740	0.24389	0.25046
6	0.18155	0.18460	0.18767	0.19076	0.19702	0.20336	0.20980	0.21632
7	0.15750	0.16051	0.16354	0.16661	0.17282	0.17914	0.18555	0.19207
8	0.13947	0.14246	0.14548	0.14853	0.15472	0.16104	0.16747	0.17401
9	0.12546	0.12843	0.13145	0.13449	0.14069	0.14702	0.15349	0.16008
10	0.11426	0.11723	0.12024	0.12329	0.12950	0.13587	0.14238	0.14903
11	0.10511	0.10808	0.11109	0.11415	0.12039	0.12679	0.13336	0.14008
12	0.09749	0.10046	0.10348	0.10655	0.11283	0.11928	0.12590	0.13270
13	0.09105	0.09403	0.09706	0.10014	0.10646	0.11296	0.11965	0.12652
14	0.08564	0.08853	0.09157	0.09467	0.10102	0.10758	0.11434	0.12130
15	0.08077	0.08377	0.08683	0.08994	0.09634	0.10296	0.10979	0.11683
16	0.07660	0.07961	0.08268	0.08582	0.09227	0.09895	0.10586	0.11298
17	0.07292	0.07595	0.07904	0.08220	0.08870	0.09544	0.10243	0.10963
18	0.06967	0.07271	0.07582	0.07899	0.08555	0.09236	0.09941	0.10670
19	0.06676	0.06981	0.07294	0.07614	0.08275	0.08962	0.09675	0.10413
20	0.06415	0.06722	0.07036	0.07358	0.08024	0.08718	0.09439	0.10185
21	0.06179	0.06487	0.06804	0.07128	0.07800	0.08500	0.09229	0.09983
22	0.05965	0.06275	0.06593	0.06920	0.07597	0.08305	0.09041	0.09803
23	0.05770	0.06081	0.06402	0.06731	0.07414	0.08128	0.08871	0.09642
24	0.05591	0.05905	0.06227	0.06559	0.07247	0.07968	0.08719	0.09498
25	0.05428	0.05743	0.06067	0.06401	0.07095	0.07823	0.08581	0.09368
26	0.05277	0.05594	0.05921	0.06257	0.06956	0.07690	0.08456	0.09251
27	0.05138	0.05456	0.05785	0.06124	0.06829	0.07570	0.08343	0.09145
28	0.05009	0.05329	0.05660	0.06001	0.06712	0.07459	0.08239	0.09049
29	0.04889	0.05211	0.05545	0.05888	0.06605	0.07358	0.08145	0.08962
30	0.04778	0.05102	0.05437	0.05783	0.06505	0.07265	0.08059	0.08883
31	0.04674	0.05000	0.05337	0.05686	0.06413	0.07179	0.07980	0.08811
32	0.04577	0.04905	0.05244	0.05595	0.06328	0.07100	0.07907	0.08745
33	0.04486	0.04816	0.05157	0.05510	0.06249	0.07027	0.07841	0.08685
34	0.04401	0.04732	0.05076	0.05431	0.06176	0.06960	0.07780	0.08630
35	0.04321	0.04654	0.05000	0.05358	0.06107	0.06897	0.07723	0.08580
40	0.03984	0.04326	0.04683	0.05052	0.05828	0.06646	0.07501	0.08386
45	0.03727	0.04079	0.04445	0.04826	0.05626	0.06470	0.07350	0.08259
50	0.03526	0.03887	0.04263	0.04655	0.05478	0.06344	0.07246	0.08174

Cálculo del año representativo.-

Pago en 20 años, al 8 % de interes anual. Vida útil del proyecto 20 años.

1.- Perforación	96,000 x 0.10185	\$ 9,777.60
2.- Prueba de bombeo	7,400 x 0.10185	753.69
3.- Equipo de bombeo	200,000 x 0.10185	20,370.00
4.- Edificio y bases de bomba		
	16,000 x 0.0994 x 0.10185	161.98
5.- Salarios anuales		27,000.00
6.- Combustibles		21,000.00
7.- Lubricantes		10,900.00
8.- Revisión rutinaria cada año		15,000.00
9.- Revisión general cada 2 años		
	25,000 x 0.8573 x 0.56077	12,018.75
10.- Revisión total cada 5 años		
	35,000 x 0.6806 x 0.25046	5,966.10
		<hr/>
	TOTAL GASTOS DIRECTOS \$	122,948.12
	Imprevistos 5 %	6,147.41
		<hr/>
	TOTAL GENERAL ANUAL	129,095.53
		<hr/> <hr/>

La producción de 60 lts/seg. en 10 horas diarias y 7 meses anuales será:

$$0.060 \times 3600 \times 10 \times 210 = 453,600 \text{ m}^3$$

Luego el costo por m^3 será:

$$\frac{129,095.53}{453,600} = 0.28 \text{ soles/m}^3$$

El valor de soles 0.28 por m³ puede ser menor, si se reducen las revisiones general y total, en este caso - puede llegar a ser de soles 0.24 por m³

CONCLUSIONES

El Proyecto.-

La finalidad del proyecto que presentamos, es el desarrollo agrícola de la región de Casma-Sechín por medio de la explotación de los recursos hidrológicos subterráneos.

La Investigación.-

La región de Casma-Sechín es árida y su agricultura depende de la irrigación. Las aguas superficiales provenientes de los Andes son suficientes para irrigar una pequeña fracción de la tierra labrantía y son aprovechadas casi en su totalidad. Las aguas subterráneas de dicha región han sido exploradas parcialmente y son aprovechadas en el presente en forma limitada.

El objeto de la exploración de las aguas subterráneas llevada a cabo en el presente proyecto, fué de estudiar el

aprovechamiento de las mismas en la región de Casma-Sechín, analizar su calidad, determinar el potencial y estimar la cantidad aprovechable para su utilización en la Zona del Proyecto.

Durante el periodo de exploración se ha intentado en forma especial:

- a) obtener información acerca de las aguas superficiales, su régimen de flujo y su distribución;
- b) obtener toda información posible referente a las aguas subterráneas, dirección e intensidad de las corrientes;
- c) recopilar información respecto de las cantidades de aguas subterráneas utilizadas en el presente y los métodos de perforación.

Con el objeto de obtener la información necesaria, se han ejecutado trabajos de campo, entre ellos los siguientes:

- 1) Localización de todos los pozos y perforaciones existentes en la zona y el trazado de los mismos sobre los mapas.
- 2) Inspección de los pozos, destinada a recoger datos sobre la profundidad y construcción, la calidad del agua, el equipo de bombeo instalado, los procedimientos de bombas, y las cantidades de agua extraídos de los mismos.
- 3) Líneas de nivel para establecer el nivel del suelo de los pozos, en Sechín. En la parte de Casma se usaron datos de pozos nivelados previamente.

4) Prueba de bombeo; durante el bombeo fueron medidos frecuentemente los niveles dinámicos, descarga del pozo y la recuperación del mismo

5) Análisis de muestras de agua efectuadas en Laboratorio. En el campo fué determinado el contenido de cloro, - en forma conjunta con la comprobación de temperatura y pH.

6) Una investigación geofísica, con mediciones de resistividad eléctrica.

7) Determinación del costo del m³ de agua subterránea.

Los acuíferos.-

Los acuíferos más importantes de la región Casma-Sechín, se encuentran en las capas sedimentarias originadas - en la época cuaternaria. La secuencia litológica está compuesta por arenas, cascajos y arcillas en forma separada o mezclada. En el este los sedimentos aluviales gruesos son abundantes, el material más grueso está generalmente depositado en las cercanías de las montañas, mientras que los sedimentos más finos son transportados por la corriente hasta el llano.

El río Sechín es estrecho, forma un acuífero angosto poco profundo; el río Casma, llega a la planicie a mayor distancia, el acuífero aluvial está mejor desarrollado, y la producción de los pozos es más satisfactoria.

Movimiento de las aguas subterráneas.-

La configuración del nivel del agua subterránea en la región de Casma-Sechín está mostrada en el mapa adjunto. Este mapa, diseñado en base a las observaciones del nivel de agua efectuados en pozos existentes y norias, describen la superficie piezométrica de la parte superior de la napa. Teniendo en cuenta que las aguas subterráneas tienden a fluir en dirección a la mayor pendiente del nivel del agua (que es perpendicular a las líneas equipotenciales), el mayor movimiento de las aguas subterráneas es hacia el suroeste en dirección del océano, que representa en nivel básico tanto del drenaje superficial como del subsuelo.

Por lo general, el modelo del nivel del agua muestra pendientes suaves bajo uniformes condiciones hidrológicas, mientras que algunas irregularidades observadas son resultado de diferencias locales en cuanto a la propiedad de las formaciones portadoras de agua o se deben al hecho de que los pozos observados se sirven de distintos horizontes de agua.

El gradiente medio del nivel de agua es aproximadamente 0.010 pero varía considerablemente dentro de la región.- Menores gradientes se encuentran donde el nivel de agua se acerca a la superficie del suelo (en ese caso existen pérdidas por evaporación) y aparentemente cerca de la costa y en las dunas arenosas. De acuerdo a la ley de gradencia de -

Darcy, bajo el ya mencionado gradiente y las constantes de la napa de agua, se mueve en esta región a razón de 0.797 cm. por día.

Agua subterránea en almacenamiento.-

En el caso particular de zonas áridas es frecuente y aconsejable de explotar, además de los reabastecimientos anuales, las vastas reservas de agua subterránea que se han acumulado entre las rocas en el pasado. Se ha tratado de efectuar una estimación de almacenamientos de agua subterránea, de la zona de Casma-Sechín. Existe debajo de la zona del proyecto una extensa napa cuya estructura, espesor y propiedades hidráulicas no son uniformes. De acuerdo a lo ya mencionado, la napa está formada por gravas, arenas, ciéno y arcillas tanto en forma de capas separadas como entremezcladas en distintas proporciones. No obstante, ha sido hecha una estimación aproximada de las cantidades de agua almacenadas en las napas mejor conocidas en base a las propiedades de la napa superior. El coeficiente de porosidad para la parte superior de la napa, es estimado en 15 %. - Las cantidades depositadas en las zonas examinadas fueron calculadas asumiendo un desagüe producido por un descenso de unos 2 m. del nivel de agua.

Situación Hidrológica.-

El agua subterránea a utilizarse proviene de dos fuen

tes: recarga estacional y almacenaje subterráneo

Recarga estacional:

Este término se aplica al agua que se infiltra y recarga las formaciones de agua subterránea. En nuestro caso, puesto que la precipitación es insignificante, la recarga se debe principalmente a la infiltración del agua de los ríos y canales y el flujo de retorno del agua de irrigación.

Almacenaje subterráneo:

La zona considerada contiene un volumen considerable de agua subterránea sin alterar, por ahora, el equilibrio hidrológico con el océano y sin causar efectos adversos sobre las condiciones hidrológicas locales.

El aprovechamiento de las reservas de agua subterránea del depósito no es diferente de la explotación de las reservas minerales, y está recomendado por los especialistas en desarrollo de recursos hidrológicos de las Naciones Unidas (WRDC) en 1960.

RECOMENDACIONES

1.- La prospección geofísica, será necesario, en una mayor extensión en Sechín y realizar primeras prospecciones en Casma.

2.- Así se podrá determinar la potencia del acuífero y detectar si existen fallas en el basamento.

3.- Instalación de pozos testigos (piezómetros) convenientemente ubicados. Contando con estos elementos se podrá confeccionar cartas isopiezométricas (mensuales o bimensuales) que servirán para conocer la cinemática de las napas y sus variaciones en función del tiempo.

3.- Mediciones de rendimientos periódicos para conocer con mayor exactitud el volumen anual bombeado.

4.- Mediciones de temperaturas del agua para confeccionar las cartas iso-térmicas. La frecuencia de las mediciones se hará en función de las variaciones observadas.

5.- Sugerir a los organismos estatales, exija a los propietarios o Compañías perforadoras la entrega de los cortes litológicos de los pozos, de tal manera que se puedan obtener estos datos en los archivos de la repartición estatal encargada.

6.- Análisis químicos y pruebas de resistividad, designando previamente los pozos que van a servir para este control. Efectuando análisis y pruebas periódicas, conocer

remos la evolución de las aguas salinizadas y levantar cartas de iso-resistividad correspondientes a las estaciones climáticas anuales.

7.- Mayores pruebas de bombeo, para conocer más exactamente las características de la napa:

- El coeficiente de permeabilidad (K)
- La transmisibilidad (T)
- El radio de influencia (R)

8.- Instalación de Estaciones de observaciones Hidrometeorológicas e Hidrológicas, que cubran una mayor zona de detalle, consistirán principalmente en:

- Estaciones hidrometeorológicas, que medirán las precipitaciones, la evotranspiración, las temperaturas, los vientos.

- Estaciones hidrológicas, consistirán principalmente en mediciones de aforos en los cursos de agua.

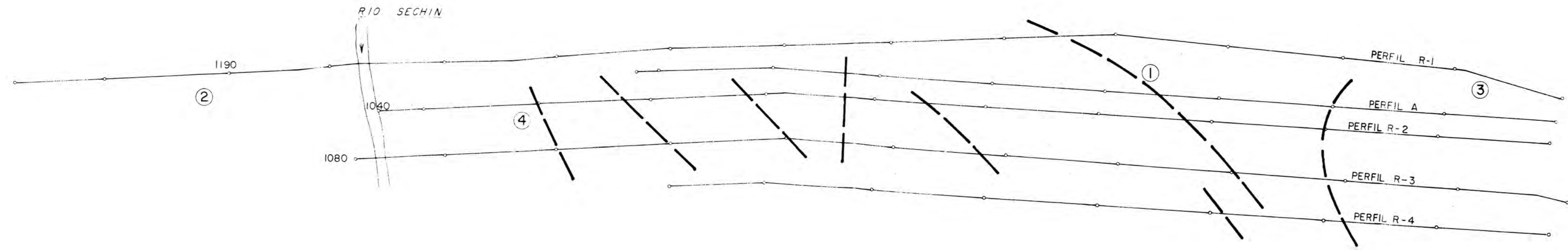
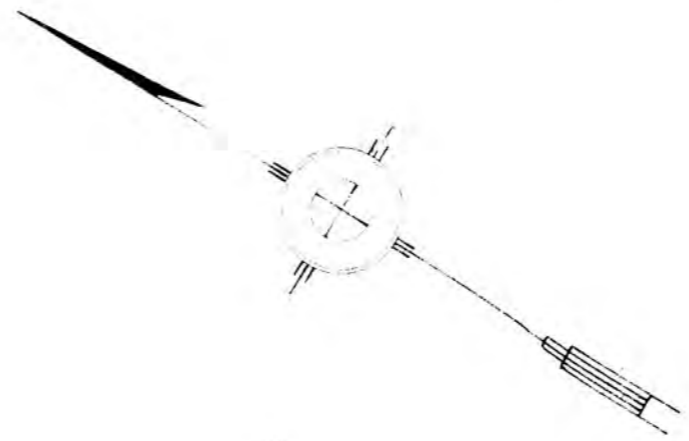
B I B L I O G R A F I A

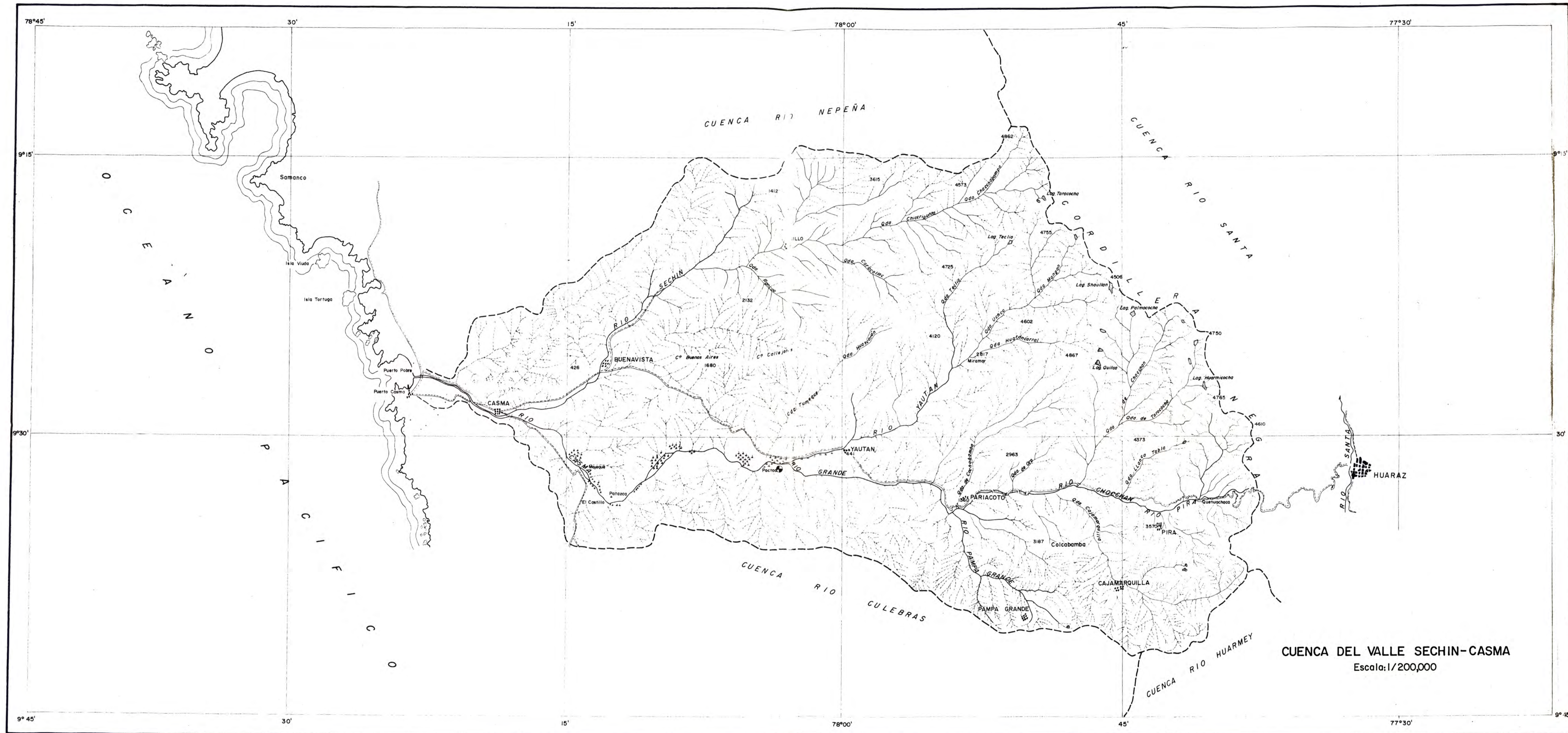
- GEOLOGIA PARA INGENIEROS - J.M. Trefethem
 - GEOLOGIA BASICA EN CIENCIAS E INGENIERIA - E.C. Dapples
 - PRINCIPIOS DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA PARA INGENIEROS - Dimitri P. Kyrnine y William R. Judd
 - HYDROLOGY - Todd
 - TESIS DE GRADO - Alfredo Flores N.
 - TESIS DE GRADO - Juan Luis Sayán M.
 - HOJA DE CASMA - Carta Geológica
 - Comisión de Aguas Subterráneas, Ministerio de Fomento y Obras Públicas - Estudios realizados en la zona.
 - Departamento de Estudios Agrológicos - Dirección de Irrigación - Ministerio de Fomento y Obras Públicas - Estudios realizados en la zona.
 - TESIS DE GRADO - Luis Nazario H.
 - Asociación de Regantes de Casma - Información General.
 - S.A.H. - Precipitaciones de la Zona.
 - Dirección General de Meteorología del Perú - Precipitaciones de la zona.
 - GEOFISICA APLICADA - José E. Arce H. - Trabajo Geofísico.
 - A.I.D. - Evaluaciones de la Relación Beneficio - Costo aplicado a proyectos de usos de aguas y tierras con ayuda financiera.
-

FUNDO "HUANCAMUÑA"
CROQUIS DE UBICACIONES

Trazas superficiales de las estructuras de mayor permeabilidad relativa

② Puntos recomendados

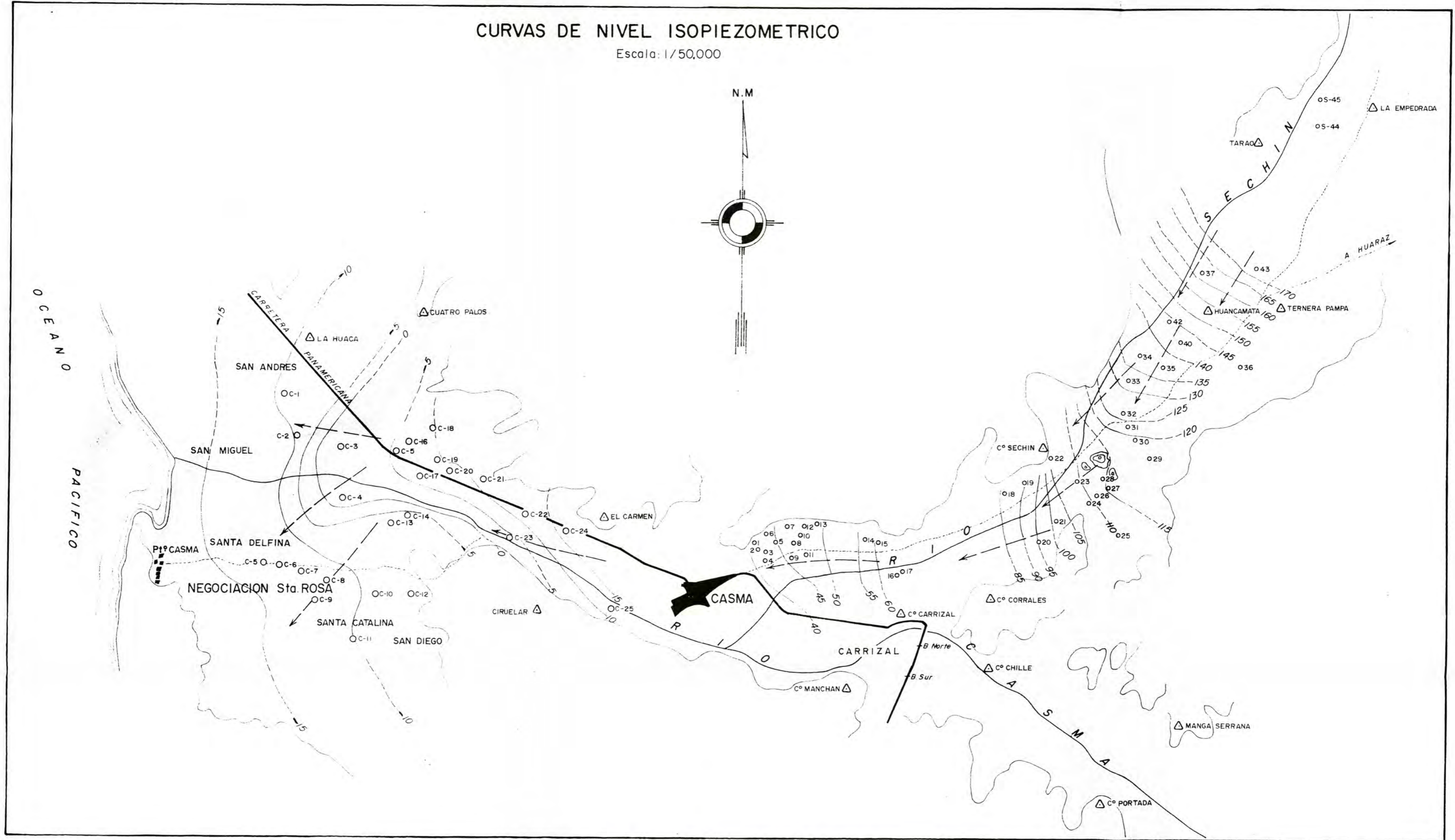
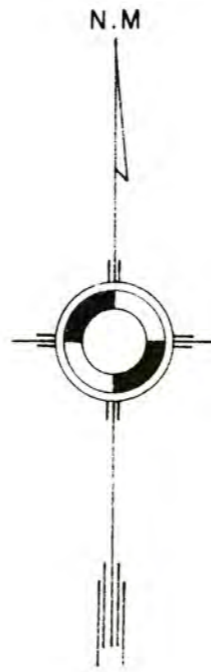




CUENCA DEL VALLE SECHIN-CASMA
 Escala: 1/200,000

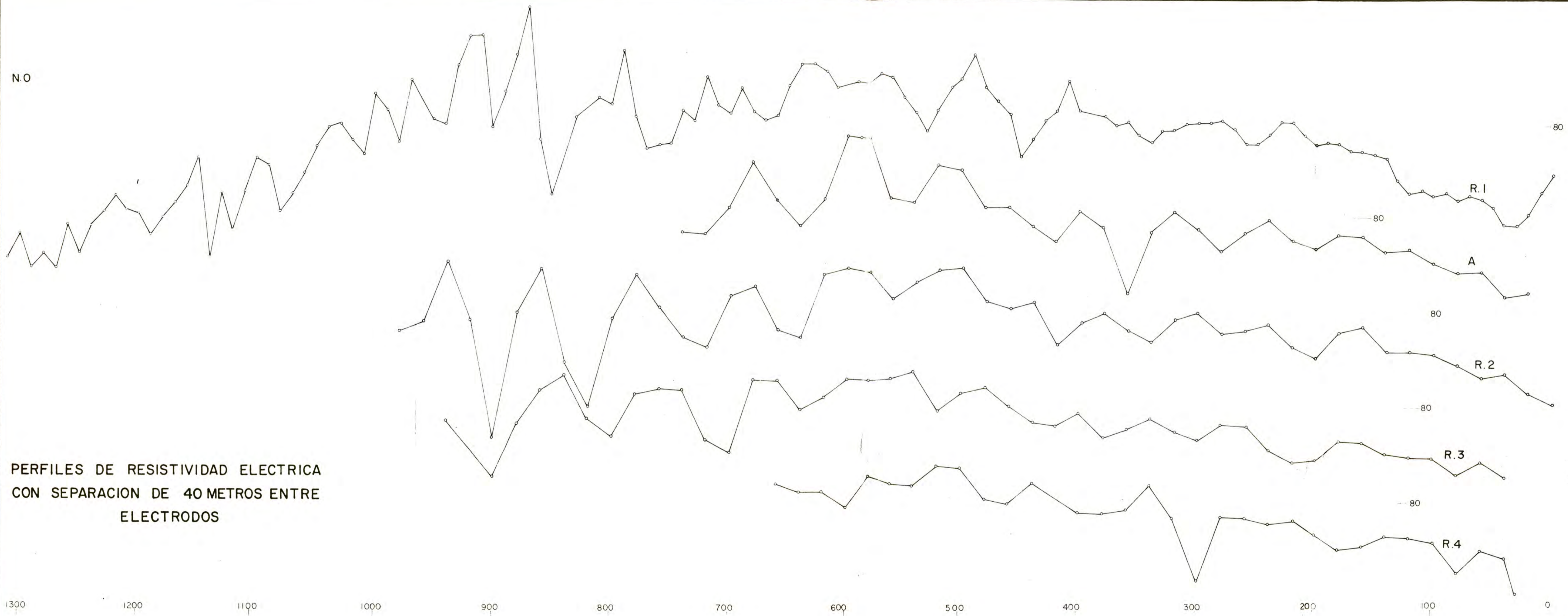
CURVAS DE NIVEL ISOPIEZOMETRICO

Escala: 1/50,000



N.O

S.E



PERFILES DE RESISTIVIDAD ELECTRICA
CON SEPARACION DE 40 METROS ENTRE
ELECTRODOS

1300 1200 1100 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0 METROS

OHMIOS - METRO



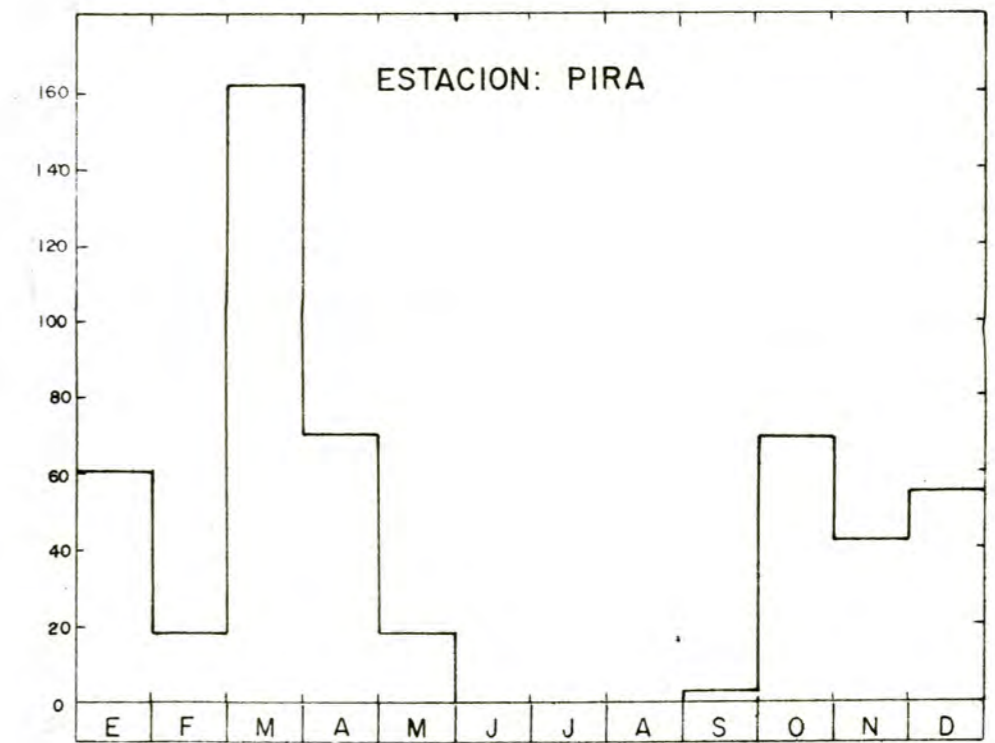
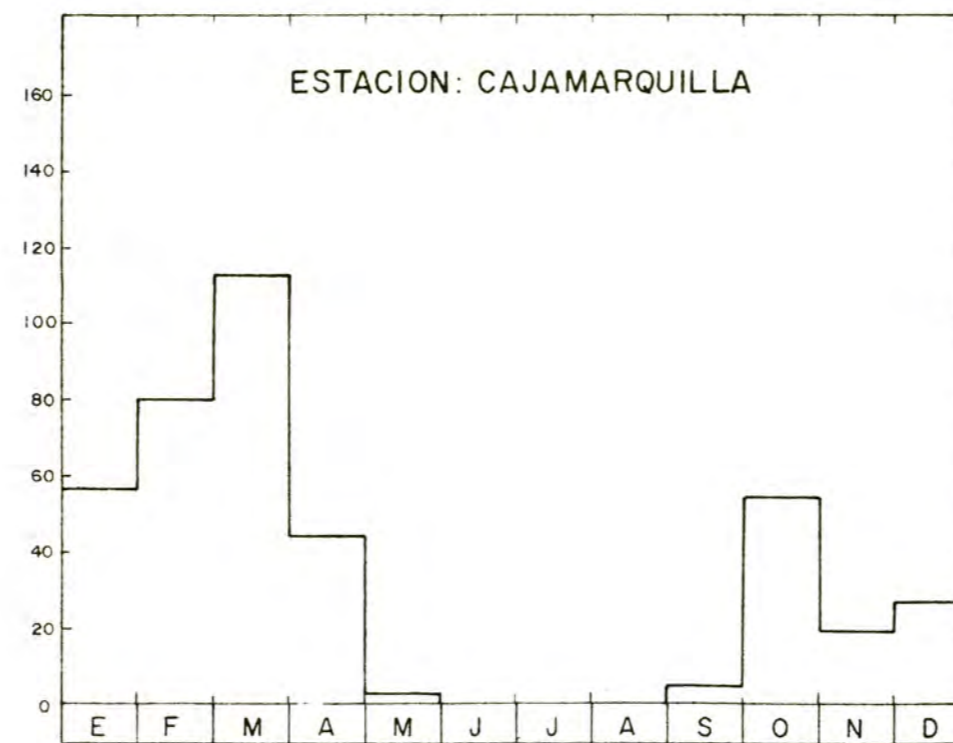
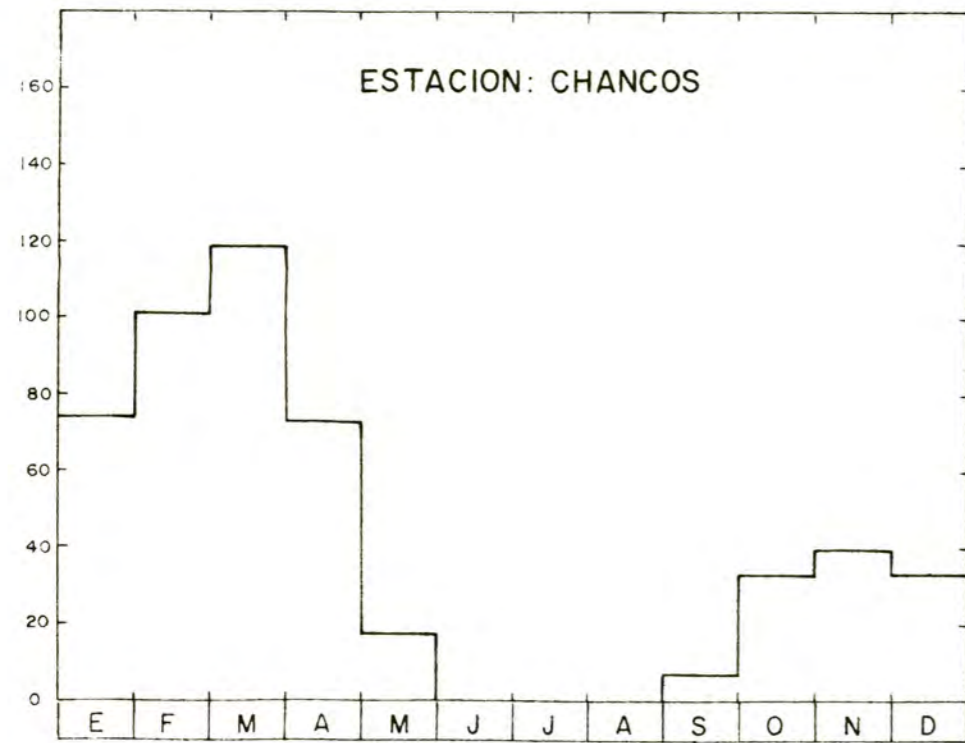
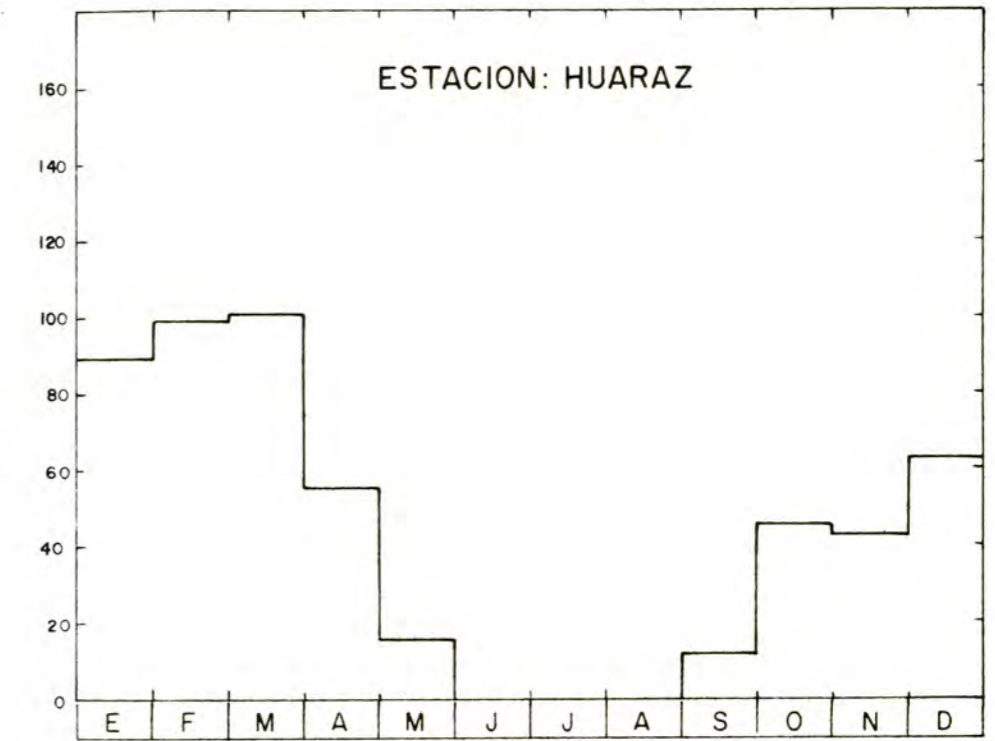
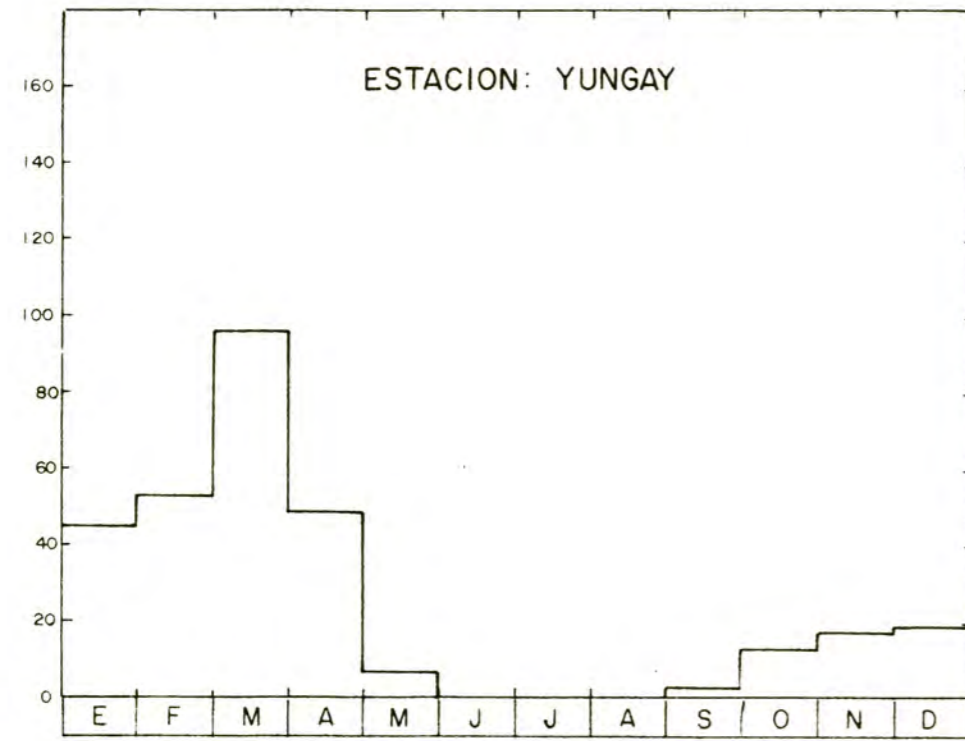


POLIGONOS DE THIESSEN

Escala: 1/200,000

DIAGRAMA DE PRECIPITACIONES: MEDIAS MENSUALES

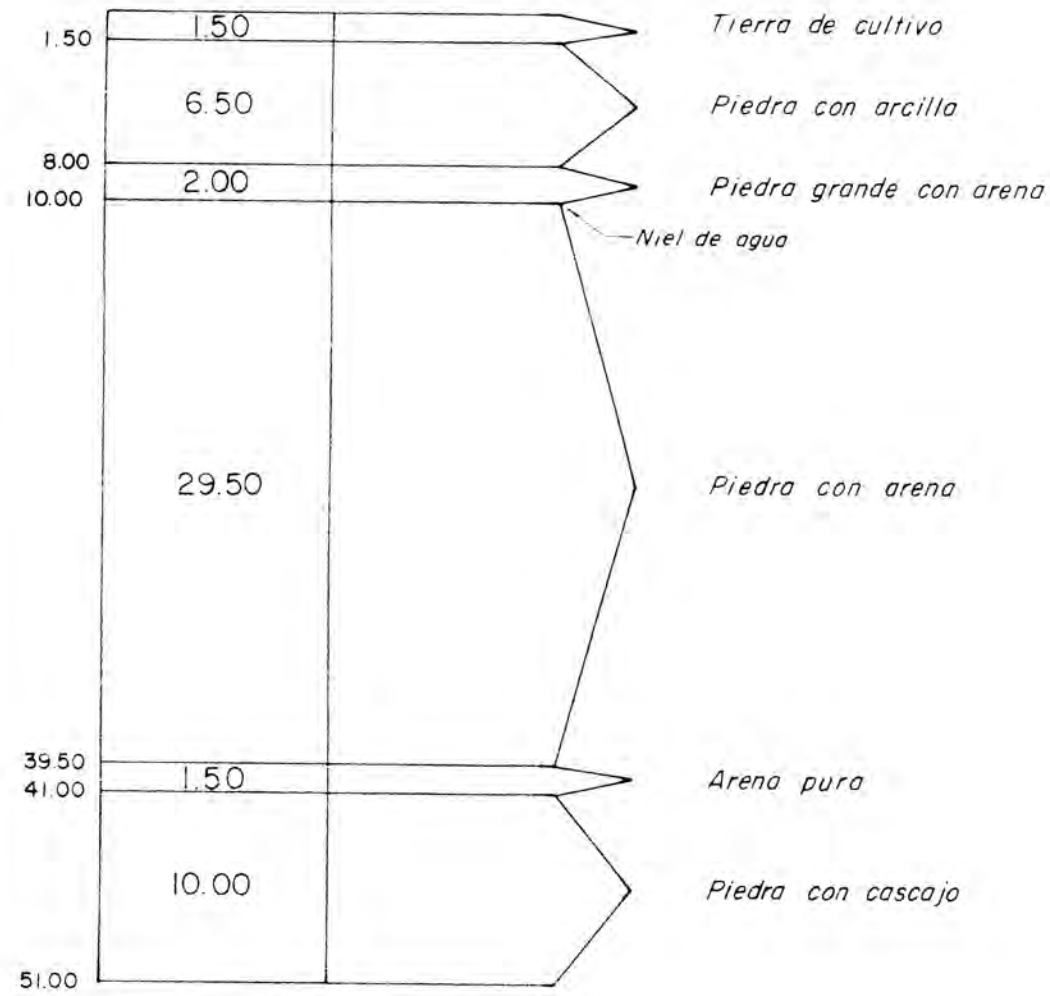
PRECIPITACIONES EN M.M



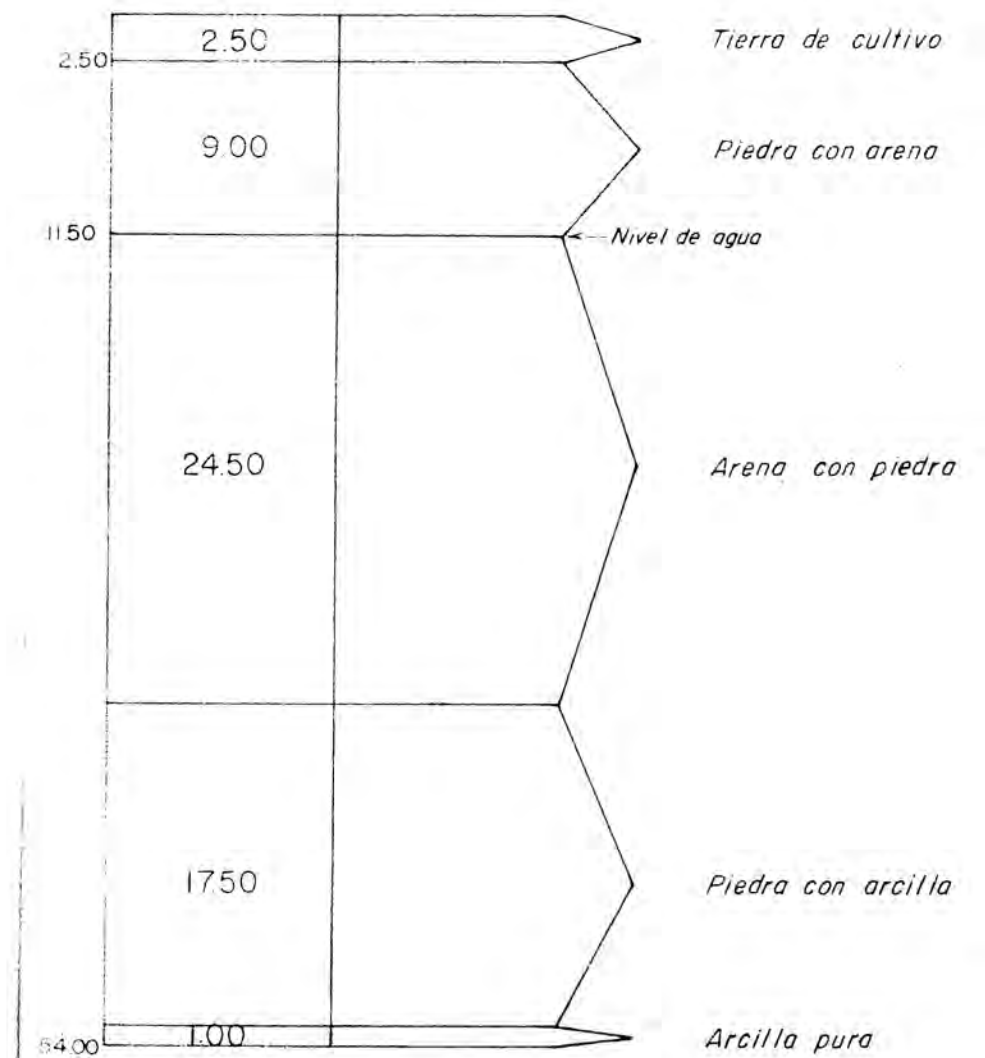
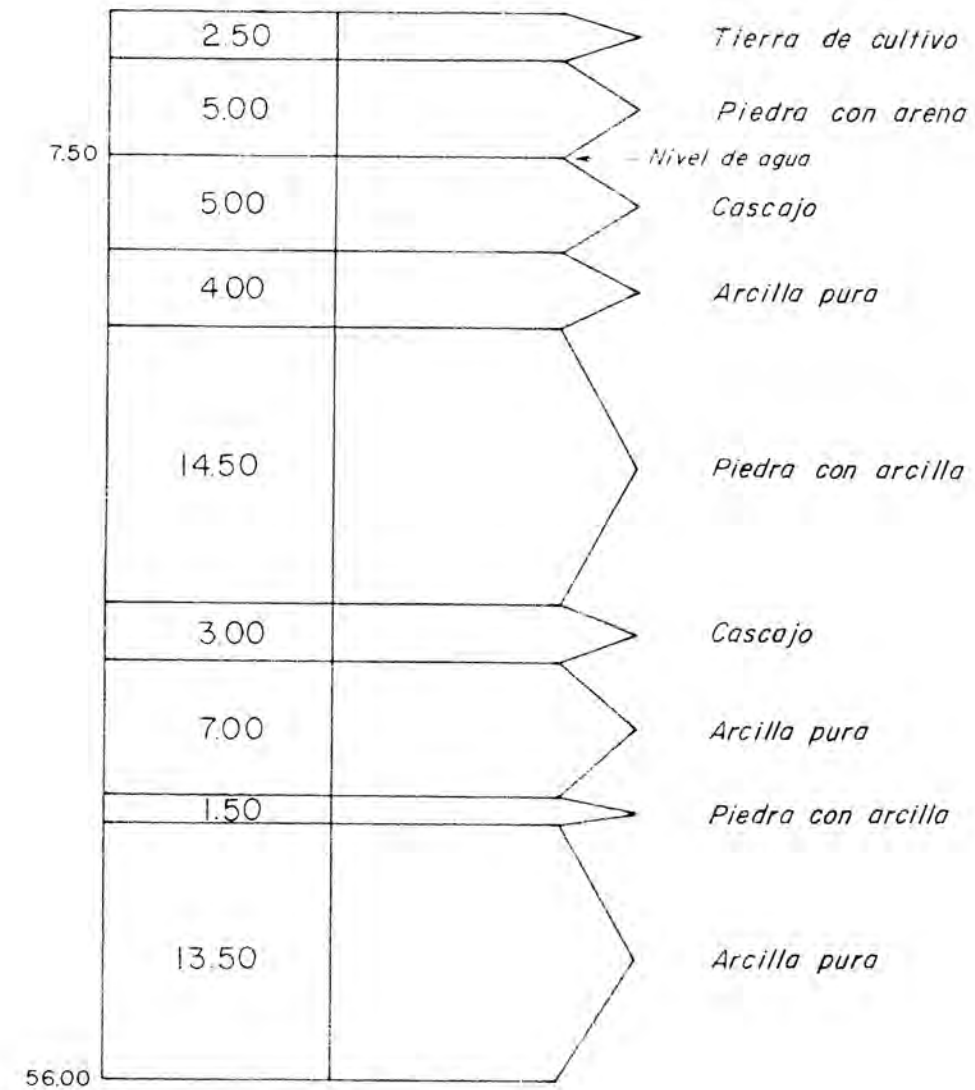
MESES DEL AÑO PROMEDIO

CORTE LITOLOGICO DEL POZO No.40-41-43

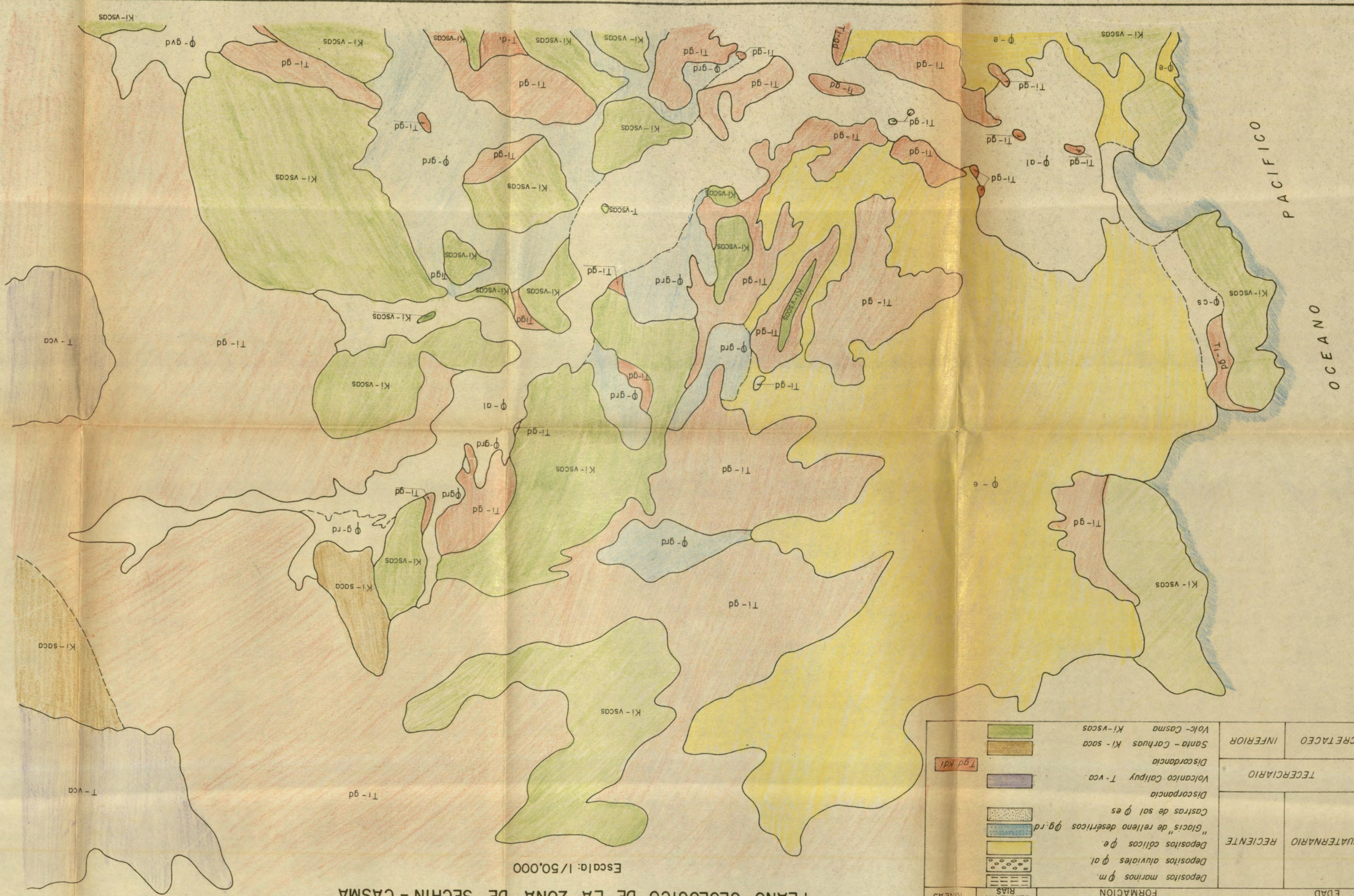
Escala: 1/400



Construido entre el 9 de Octubre de 1965 al 29 de Noviembre de 1965.



Constructora "DIAZ" del 30 de Noviembre de 1965 al 10 de Enero de 1966.



PLANO GEOLOGICO DE LA ZONA DE SECHIN - CASMA

Escala: 1/50,000

EDAD		FORMACION	
CUATERNARIO	RECIENTE	Depositos marinos ϕ m.	ROCAS SEDIMENTARIAS
		Depositos aluviales ϕ al.	
		Depositos collicos ϕ e.	
		"Glacis" de relleno desérticos ϕ g. rd.	
		Castras de sal ϕ es	
TERCIARIO		Discorpancia	
		Volcanico Callipy T - vca.	
		Discorpancia	
CRETACEO	INFERIOR	Santa - Carhuas Ki - soca	
		Volc - Casma Ki - vscas	

PACIFICO
OCEANO

N.O

SE

PERFILES DE RESISTIVIDAD ELECTRICA
CON SEPARACION DE 60 METROS ENTRE
ELECTRODOS

OHMIOS - METRO

1300 1200 1100 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0 METROS

R.1

A

R.2

R.3

R.4

80

80

80

80

80

