

RESUMEN

PROPOSICION DE PROYECTO DE RIEGO

EN LA ISLA DE PASCUA

MIGUEL ACUÑA LUARTE
Constructor Civil
Director Regional de Riego
V-Región

CLAUDIO ROMAN BELTRAMINO
Ingeniero Agrónomo
Serplac V-Región

SEPTIEMBRE DE 1987

PROPOSICION DE PROYECTO DE RIEGO EN ISLA DE PASCUA

RESUMEN:

1.1.-OBJETIVOS

Con el proyecto propuesto se intenta hacer un aporte para resolver las serias deficiencias de desarrollo agrícola detectadas en la Isla de Pascua.

Los objetivos considerados más importantes son:

- Crear las condiciones favorables para satisfacer la demanda interna de productos agrícolas susceptibles de desarrollarse, a fin de evitar el transporte de ellos desde el continente.
- Desarrollar e introducir las especies agrícolas y frutícolas para aprovechar las condiciones especialmente climáticas de la Isla, para:
 - a) Sustituir productos tradicionalmente importados por Chile Continental, como el caso de la Piña.
 - b) Exportar productos hortícolas hacia Tahití, donde aparece un mercado interesante, aprovechando las ventajas de transporte de los aviones en tránsito, con capacidad libre.
 - c) Lograr un desarrollo económico armónico de la Isla.
 - d) Lograr a través del desarrollo agrícola el empleo intensivo permanente de mano de obra, objetivo muy necesario, dada la cesantía existente.

1.2.- JUSTIFICACION DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA:

Aún cuando la precipitación anual promedio en Isla de Pascua es superior a 1.000 mm, y su distribución es relativamente homogénea, se produce regularmente períodos de sequía estival en que la evaporación supera a la precipitación creándose condiciones de déficit hídrico. La alta evaporación en Isla de Pascua es el resultado de la elevada radiación solar, de las temperaturas y de los continuos vientos.

Esta condición, unida a la baja capacidad de retención de humedad de los suelos determina la existencia de una escasa humedad aprovechable por las plantas. Para el éxito de cualquier cultivo se requiere regularizar la disponibilidad de agua a través del riego.

Las técnicas de riego que se utilicen deben considerar las características físicas y químicas de los suelos, las fuentes de agua disponibles, la presencia de malezas, plagas y enfermedades y, finalmente la idiosincrasia y cultura de la población objetivo del proyecto.

Desde el punto de vista de los suelos es importante destacar que ellos poseen una altísima permeabilidad que provoca grandes pérdidas por percolación profunda. Los terrenos tienen un bajo contenido de materia orgánica, por su rápida descomposición y niveles bajos de nitrógeno, potasio y microelementos que le imprimen una fertilidad relativamente baja.

El clima, con alta humedad relativa, elevadas temperaturas y fuertes vientos, contribuye a la proliferación de malezas y la subsistencia de plagas y enfermedades. Sin embargo, el clima de característica tropical-subtropical, crea condiciones de alta productividad, principalmente por la gran luminosidad. Los constantes vientos que por un lado limitan la horticultura y fruticultura, por otra parte constituyen una fuente de energía no convencional de bajo costo, en relación al precio del petróleo, que actualmente se utiliza para generar energía eléctrica.

Aún cuando existe un sector de la isla, vecino al área urbana, que se ha considerado para uso agrícola entregando los terrenos en propiedad a los isleños, la agricultura no se ha desarrollado por los factores antes enunciados, por las limitaciones del mercado local y por existir otro tipo de actividades económicas menos riesgosas (artesanía, turismo, servicios) de menor complejidad.

Con la intención de desarrollar esta zona de parcelas y los huertos familiares del área urbana, en que existen los suelos con menores limitaciones, se ha considerado la puesta en riego de parcelas y sitios en una superficie total de 4 Hás. En estas parcelas piloto demostrativas se validará técnicas modernas de riego a las condiciones locales; se probarán variedades de hortalizas y frutales y se divulgará tanto las técnicas de manejo como la factibilidad de utilización de agua para riego. El proyecto debe considerar la permanente asistencia técnica en atención a la escasa cultura agrícola de los isleños, agravada con el aislamiento y condiciones especiales de Rapa Nui. También se considera dar a conocer los distintos incentivos y mecanismos de fomento que el Supremo Gobierno dispuso para la agricultura y el riego.

Se debe recalcar que para conseguir un apropiado desarrollo agrícola de la isla, se debe idear un proyecto de etapas sucesivas y crecientes que considere la superación de las limitantes detectadas.

Los principales aspectos necesarios de incluir en el proyecto son:

- a) Asistencia técnica,
- b) Elección de las especies hortofrutícolas compatibles con los recursos disponibles,
- c) Manejo Fitosanitario,
- d) Agua para Riego,
- e) Control de malezas,
- f) Fertilización,
- g) Estudios de Mercado y comercialización.

Sin lugar a dudas el proyecto debe dar especial relevancia a la transferencia tecnológica y agudizar el ingenio para aprovechar eficientemente la energía otorgada por el viento, sol, etc.

Respecto a los ensayos de riego, se deben centrar en la aplicación tecnificada por medio de goteo, aspersión, porosidad de envases enterrados, etc.. Todo esto debido al costo del agua y a la alta permeabilidad de los suelos.

1.3.- PROYECTOS PROPUESTOS EN EL CORTO PLAZO:

Concretamente se propone desarrollar 8 parcelas demostrativas y productivas en predios particulares. Especialmente en esta etapa del proyecto se debe cuidar que además de realizar los ensayos, demostraciones y estudios pertinentes; haya un beneficio económico razonable para el dueño del predio, para complementar el incentivo al resto de los agricultores.

El tamaño de las parcelas será de 0.5 Hás., distribuidas y caracterizadas de la siguiente manera:

a) 2 parcelas de 0.5 Hás., en el Sanatorio, donde se ve la mejor agricultura de la isla.

Se haría ensayos de las materias antes mencionadas que incluiría el recurso de agua lograda en cantidad más que suficiente, del actual pozo ubicado en el sector.

Para los ensayos de riego se debe considerar el suministro de una bomba de elevación de agua y los elementos de riego tecnificado que cada caso aconseja.

b) 2 parcelas demostrativas de 0.5 Hás. en los huertos familiares situados en el sector urbano (no). La cantidad de estos huertos es abundante en esta zona.

Este ensayo tendría especial interés pues permite un muy buen efecto de vitrina a los agricultores, que en su mayoría viven en el pueblo. Un adecuado cuidado respecto a pérdidas de producción por hurto y aprovechar la mejor calidad de suelos en esta zona.

El ensayo incluye los aspectos antes mencionados donde el recurso agua se consigue de acoplamiento a la red matriz de agua potable existente, al riego tecnificado. No se prevé fallas de abastecimiento pues la demanda de riego estimada debe estar cercana a los 2.000 m³/Hás./año, que para las 2 Hectáreas resulta 4.000 m³/año, que frente a la producción de agua potable de 31.000 m³/año., representa un valor irrelevante.

c) 2 parcelas demostrativas de 0.5 Hás., en el sector parcelas preferentemente ubicadas en la cercanía de pozos existentes, sin bombas, al Oriente de Hanga Roa.

El ensayo es similar a los casos anteriores donde el agua de riego, conseguida de los pozos mediante molinos de viento que poseen. La gran ventaja de elevar pequeños caudales por el largo período de viento diario existente, lo que disminuye la probabilidad de intrusión de agua salina al lente de agua dulce.

d) 2 parcelas demostrativas de 0.5 Hás., en el sector parcelas especialmente en predios en actual operación.

En este caso el ensayo excluye el aspecto riego y se centra en agricultura de secano.

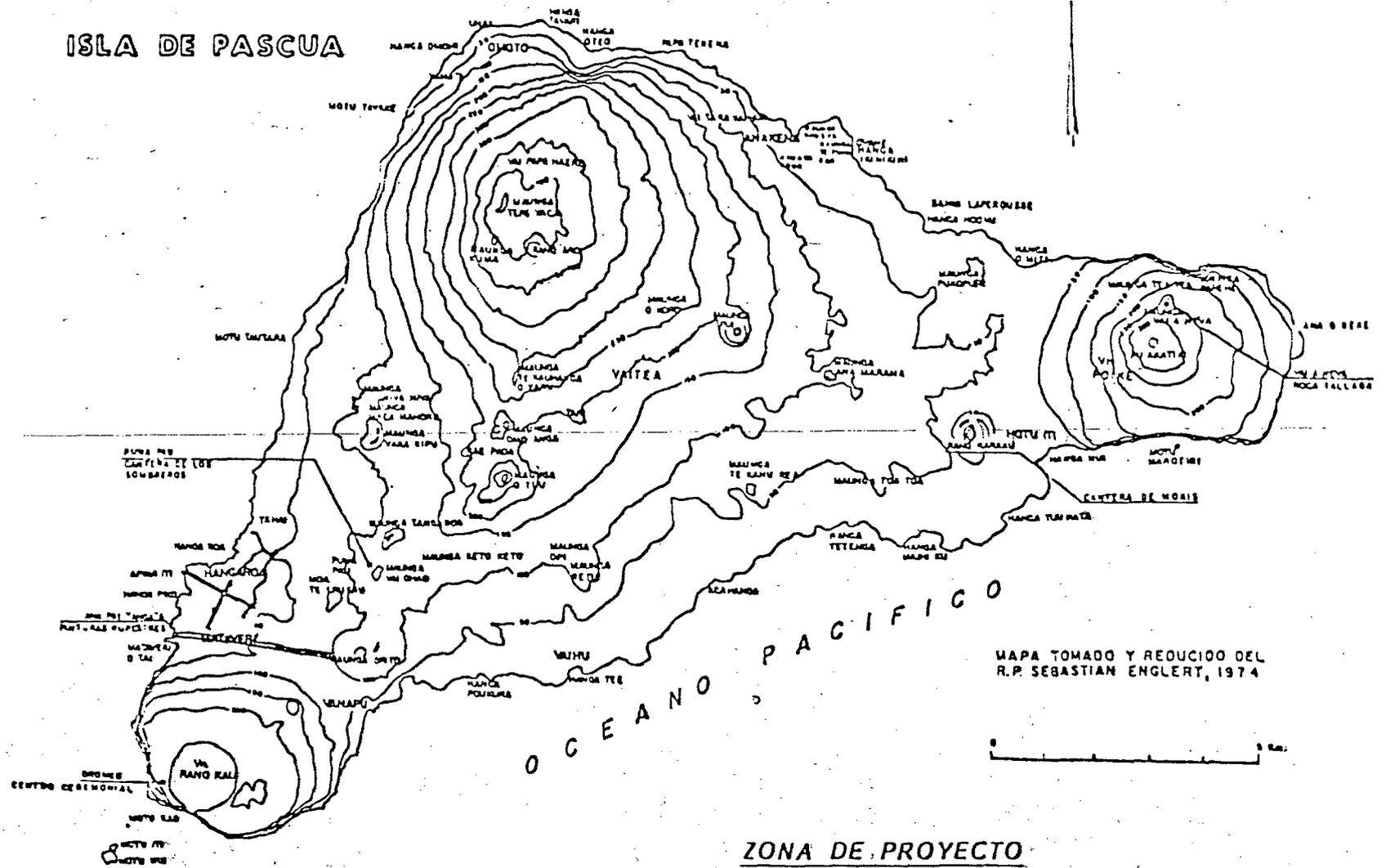
El caso de estas parcelas, representa la mayoría de los predios agrícolas de la isla, por lo que aparece una experiencia valiosa y podrá optar al riego en la medida que haya rentabilidad.

Paralelamente al desarrollo de las parcelas pilotos, se deberá estudiar el abastecimiento de agua para riego, previendo un incremento de la superficie de agricultura de riego de la isla, considerando que el área potencial no es una limitante.

El costo para desarrollar la experiencia de las 8 hectáreas durante tres años de producción propuestas en total, se estima entre \$ 15 a 20 millones el primer año y \$ 5 millones los años siguientes. En este costo se incluyen los estudios de factibilidad referente a los fuentes de agua para riego, insumos del proyecto y asesoría técnica.

Las etapas inmediatamente superiores en tamaño a las enunciadas, serían radicalmente inferiores, pues deberán desarrollarse con insumos preferentemente privados, aunque con un sostenido apoyo técnico estatal.

ISLA DE PASCUA



MAPA TOMADO Y REDUCIDO DEL
R.P. SEBASTIAN ENGLERT, 1974

ZONA DE PROYECTO

2.- ORIGEN DE LA INFORMACION:

2.1.- EN LA ISLA:

La recepción de antecedentes en la isla se efectuó a través de entrevista con diferentes personas relacionadas con el tema:

- a) Sr. Gobernador Provincial,*
- b) Sra. Alcaldesa,*
- c) Jefe Provincial del Ministerio de Obras Públicas ,*
- d) Jefe Provincial del Servicio Agrícola y Ganadero,*
- e) Administrador fundo Vaitea del la Soc. Agrícola de la Isla de Pascua,*
- f) Señores Agricultores,*
- g) Múltiples habitantes.*

2.2.- INFORMACION EN EL CONTINENTE :

- a) Informe preliminar posibilidad de riego en la Isla de Pascua, D. de Riego, Junio de 1984,*
- b) Entrevista Ing. Sr. Fernando Alamos, Asesor del Sistema de Agua Potable de la Isla.,*
- c) Biblioteca SERPLAC V-Región,*
- d) Agricultura de la Isla de Pascua, Plagas y Proyecciones, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Noviembre de 1981.*

3.- GENERALIDADES SOBRE LA ISLA DE PASCUA :

3.1- SITUACION:

La Isla de Pascua ocupa un lugar central en el Pacífico Sur, a la cuadra de Caldera y a unos 3.700 Kms., al Oeste de la Costa Continental Sud Americana, constituyendo la provincia más occidental de Chile. Las coordenadas geográficas que limitan son los meridianos Oeste $109^{\circ}15'$ y $109^{\circ}27'$ y los paralelos $27^{\circ}08'$ y $27^{\circ}12'$.

Pascua es la isla más habitada de la Polinesia, quedando a una distancia de 4.240 al Este de Tahití. La isla más cercana a ella es Sala y Gómez situada a 400 Kms., al Nordoriente y la isla habitada más cercana es Pitcairn, situada a 2.200 Kms., al Nordoeste.

Rapa Nui o Isla de Pascua tiene en planta, una forma triangular, con un lado mayor de orientación ENE y de 23.6 kms., de longitud. El costado Norte tiene un largo de 16 kms., y el tercero, de rumbo NNE de 16 kms. Comprende una extensión de tierra de 165 kms.². En cada uno de sus vértices se levanta un volcán apagado, que, junto con las depresiones centrales y otros conos paralelos menores parásitos, dan a la isla su característica fisonomía, que combina un paisaje montañoso con peniplanicies.

Todo esto se puede apreciar en el mapa de la Fig. N°1, que destaca los lugares más interesantes.

El volcán Rano Kao ocupa el vértice SW. Se eleva 320 mts. s.n.m. y ostenta la boca de caldera más espectacular de la isla. El cráter, de forma circular, tiene un diámetro basal de 1 km. y de boca 1.5 kms. El fondo de él está poblado de lagunas entre matorrales y totoras, pero crecen otras plantas domésticas al reparo del viento: vid, camote, caña de azúcar. Cae por su costado al mar en un acantilado casi vertical.

En el vértice Sudeste de la isla se levanta el macizo del volcán Poike, con una altura sobre el nivel del mar de 360 mts.. Tiene en su cima un cráter ocupado por un bosque de eucaliptus.

Finalmente el extremo Nordoccidental se alza el macizo volcánico del Maunga Terevaka con sus 500 mts., de altitud y cuyo principal cráter, en atención a su tamaño, es el Rano Aroi, ocupado como el del Poike, con un tupido bosque.

Desde la cumbre del Terevaka se dispone hacia el Sur una serie de volcanes parásitos en una franja de 1 km. de ancho que culmina por el Sur con el Orito, un cono de obsidiana. Otra corrida de conos parásitos tiene dirección al Sur Este y termina con el volcán Rano Raraku, famoso por haber sido la cantera donde se extraían los característicos moais o estatuas pascuenses. Las bases de los grandes conos volcánicos son bañadas por el mar, el que ha labrado las 3/4 partes del periplo del Poike y también del Rano Kao, un notable acantilado de más de 200 mts. de altura.

Entre el macizo Terevaka y el Poike se extiende un relieve bajo y suave de altitud media de 50 m.s.n.m. que constituye la base de la hacienda Vai Tea, de Corfo (ex-hacienda de la Sociedad Explotadora de la Isla de Pascua).

Los pastizales se prolongan hasta los faldeos del Poike. Bordeando la costa oriental de la isla se extiende también una llanura inclinada, entre la cota 50 y el que termina por el Sur en Mataveri, al pie Norte del Rano Kao.

3.2.- GEOLOGIA:

De acuerdo a O. González F. y a Bunnister Potts (1981), "Isla de Pascua corresponde a una isla volcánica de tipo oceánico, de edad reciente, estructurada por un complejo ciclo efusivo que culminó con el desarrollo de varios centros eruptivos, los que asociados a los procesos erosivos del mar le han dado los rasgos actuales morfológicos".

El triángulo volcánico de I. de Pascua se levanta unos 3.000 m. sobre el fondo del océano que estructura un típico escudo volcánico "oceánico".

La Isla de Pascua está principalmente formada como se ha dicho por tres centros volcánicos fundamentales y otra serie de centros volcánicos satélites o parásitos de categoría secundaria, que suman alrededor de cien.

El volcán Poike del vértice SE., es de forma simple y simétrica y fue construido por la superposición de múltiples flujos laminares de lava, principalmente basáltica y hawaítica. El Poike es el más antiguo de los volcanes, con edades que oscilan entre tres millones de años a menos de 300.000 años. Presenta un pequeño cráter de 150 m. de diámetro y 10 a 15 m. de profundidad.

Tanto el Poike como sus conos parásitos fueron atacados en su periferia violentamente por la erosión marina, que generó los acantilados y plataformas de abrasión de aguas poco profundas situadas entre el Rano Raraku y el Poike, las que más tarde fueron cubiertas por los flujos de lavas basálticas provenientes de los centros parásitos del Terevaka.

El volcán Rano Kao sigue en la antigüedad al Poike, aunque su formación fue muy cercana en el tiempo a la de aquél, con edades que oscilan entre 2,56 millones de años y 180.000 años.

Presenta una fase final compleja que culmina en la explosión que generó el colapso del cono central dando origen a la colosal caldera que se puede admirar hoy. Su altitud asciende a 320 m.s.n.m. y esta formada por una sucesión de lavas basálticas que gradan en hawaiíticas y otros tipos en las fases eruptivas superiores. Las lavas domos en el Rano Kao pueden alcanzar 30 o más metros y los flujos de lava de tipo benmoritas afloran desde el somma (borde superior) de la caldera, presentando diaclasamientos de grandes bloques prismáticos. Estos a su vez han sufrido un diaclasamiento secundario que produce un deshojamiento esferoidal.

El Terevaka es el producto de múltiples erupciones fisurales de tipo islandico (de Islandia) que se manifiestan en dos sistemas de fracturas de orientación aproximada N-S desde Hanga Oteo, en la costa Norte, hasta Puna Pau.

Esta actividad secundaria se manifiesta hoy como una faja de conos y cráteres de un kilómetro de ancho, que termina en el Puna Pau. Su última actividad eruptiva se estima ocurrida hace 10.000 a 12.000 años.

Aparte de los conos volcánicos, las lavas han ocupado depresiones intermedias generando muchos accidentes y formas en la superficie de la isla que derivan de la viscosidad propia de la naturaleza del líquido magmático que las origina y de las circunstancias de su enfriamiento. La naturaleza de la lava varía desde basalto a Hawaiitas, mugeritas, traquitas, riolitas y sus derivados piroclásticos. Las formas predominantes en la isla son lavas "Pahoe-hoe", que corresponden a efusiones muy líquidas laminares, pobres en gases, de viscosidad baja, alta temperatura y producen, al enfriarse, una superficie suave ondulada o "enrollada". Se las encuentra en el sector Norte y Nordoeste del Terevaka y en el acantilado Norte del Poike. Otro tipo de formación es la de lavas "aa", predominante en la costa Oeste de la isla y en los acantilados del Rano Kao y en el sector de las costas entre Vaihu y Hanga Ttenga. Formas frecuentes son los "tumulos", que son hinchazones dómicas generadas por las lavas Pahoe-hoe que pueden llegar a tener 5 m. de altura por 3 a 10 m. de ancho y hasta 30 m. de longitud; se observan túmulos en las lavas que avanzan del Terevaka hacia el Poike y en las cercanías del Rano Raraku.

3.3.- DESCRIPCION HISTORICA:

El potencial de desarrollo agrícola de la Isla de Pascua deberá compatibilizar de manera armónica el nivel cultural de los habitantes, íntimamente relacionados con su historia; el valor geopolítico asignado, los recursos naturales disponibles, la elección de los productos viables con mayores ventajas comparativas, y a lo menos el máximo autoabastecimiento de productos agrícolas para la población fija y flotante de esta lejana provincia de Chile.

La historia de los isleños se desarrolló a través de una sucesión de hechos violentos, de permanentes guerras tribales y que se inicia aproximadamente en 1722, con una matanza sin motivos en manos de marinos holandeses. A comienzo del siglo 19, capturan a un grupo de isleños como esclavos, los que logran más tarde escapar, pero se tornan desconfiados y agresivos.

Continúa con el suceso más significativo en la historia, que produce un quiebre en el desarrollo y casi una eliminación de la población isleña, debido a una masiva captura de ellos como esclavos. Fue en 1862, cuando apresan una gran mayoría de hombres y los llevan a trabajar al Perú; al cabo de algunos meses regresan sólo 15 isleños trayendo consigo la viruela, que produce muchas muertes reduciendo la población a unos pocos cientos.

En el último cuarto del siglo 19, gran parte de la población fué evacuada hacia Tahití por misioneros católicos, permaneciendo en la isla 111 habitantes, subyugados al mando de un traficante francés.

En el año 1888, la Isla de Pascua fué anexada a Chile y cedida a una compañía ganadera inglesa, que les permitió a los pascuenses sobrevivir, pero restringidos fuertemente de su libertad.

La tradición nos habla de una gran cultura prehistórica, anterior al siglo 18, y que, los hechos narrados anteriormente se encargaron de borrar la gran mayoría de sus manifestaciones.

3.3.1. HISTORIA DEL DESARROLLO AGRICOLA.

La leyenda cuenta que con la llegada del rey HQTU - MATUA a la Isla, se introdujeron las primeras especies arbóreas y agrícolas, de las cuales prosperaron las que se adaptaron mejor al clima más frío. Antes de su llegada estas no existían, salvo el toro - miro, que es un arbusto que proporcionó a los habitantes madera de uso artesanal durante siglos.

Los primeros visitantes encuentran en la isla huertos significativos constituidos principalmente por bananos, taros, ñames, caña de azúcar, curcuma y moreras. Habitualmente estos cultivos se realizaban en depresiones cercadas de muros de piedra para protegerlos del viento, conservar la humedad y evitar la brisa salina.

Durante el auge de la cultura pascuense, los productos agrícolas constituyeron el principal abastecimiento alimenticio y dentro de las castas tribales, los agricultores estaban en un lugar de privilegio frente a los demás trabajadores.

Debido a un largo período de pocas lluvias disminuye la producción agrícola, las castas nobles pierden su imagen divina de influir sobre la naturaleza, viene un período de anarquía, de aniquilamiento de las castas superiores, guerras tribales y pérdida de gran parte de la tradición agrícola.

La violenta historia antes narrada se encargó de disminuir más aún las antiguas técnicas agrícolas. Con la llegada de la Compañía Ganadera Inglesa, a comienzos de este siglo, por sobrecarga de ovinos y caprinos se eliminó prácticamente los restos de agricultura y cubierta vegetal de la isla.

Desde entonces se han realizado un sin número de intentos silvo - agropecuarios, con resultados aceptables en la minoría de los casos. De estos vale la pena sólo mencionar algún progreso en ganadería para el consumo interno y plantaciones de eucaliptus con fines energéticos y madereros; producidos por la empresa agrícola SASIPA, que explota el fundo VAITEA, que ocupa gran parte del territorio de la isla.

La horticultura actualmente desarrollada por los parceleros privados se limita a escasos productos de mala calidad y que no alcanzan a cubrir el consumo interno. Todo esto producto de limitantes climáticos, especies y variedades no aptas a las condiciones naturales, no acceso a tecnología, ataques importantes de plagas llevadas de Chile Continental y falta de recursos de agua para riego.

3.3.2. LA ANTIGUA AGRICULTURA RAPA NUI

La agricultura formaba en el pasado la base del sistema de subsistencia de los antiguos pascuenses, la pesca de orilla y de altura complementaba a la actividad agropecuaria. También se criaba gallinas como únicos animales domésticos. El año 1799 La Perouse indicaba haber visto cultivar batatas, ñames, bananos y caña de azúcar. Los cultivos tradicionales coincidían con los del resto de la polinesia, incluyendo además de los indicados el taro, el tÍ y la púa.

Las crónicas respecto a los sistemas agrícolas empleados son escasas y se limitan a las observaciones de algunos navegantes en el siglo XVIII y a los relatos de misioneros el siglo XIX. En el año 1722 la tierra estaba cultivada en gran medida, las plantaciones se encontraban bien delimitadas y los productos agrícolas eran abundantes pero no variados.

Durante la segunda mitad del siglo pasado el camote (o batata), se había convertido en el principal alimento en la dieta isleña.

En el pasado, los isleños usaban cenizas como abono y también la materia orgánica resultante de la descomposición de pastos y especies vegetales. En su producción utilizaban todos los restos obtenidos al limpiar y desmalezar el terreno, los cuales eran apilados al lado de la plantación para su descomposición (¿compost?). Indudablemente, esta sabia práctica contribuía a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y con ello, su fertilidad y capacidad de retención de humedad, ambas importantes restricciones del suelo.

El uso de incorporar cenizas como abono, como también la utilización de materia orgánica descompuesta eran conocimientos antiguos, ampliamente utilizados en el Pacífico Sur, aún antes de ser descubiertos por los europeos (Barrau, 1971, In: notas sobre economía prehistórica. Inst. de Estudios Isla de Pascua. U. de Chile).

El riego en la época prehistórica estaba definido por la utilización del agua de lluvia que escurría por los cauces naturales; estos recursos hídricos eran utilizados en el riego de terrazas. De estas estructuras aún hay ciertas evidencias en algunos sectores de la isla (quebradas que descienden del Maunga Terevaka). Se estima que en el pasado la vegetación era más abundante y por lo mismo el escurrimiento de las pequeñas cuencas era más permanente.

Las técnicas de cultivo tradicionalmente usadas por los isleños eran muy satisfactorias en los rubros tradicionales como plátanos, camotes, caña de azúcar, taro, ñame, más aún, la utilización de estos productos llegaba a alcanzar altos grados de sofisticación (secado, conservación, etc). Además, ciertos rituales y prohibiciones permitían proteger los campos cultivados y su producción.

La importancia de la agricultura en el pasado de Isla de Pascua se ve reflejada en las festividades religiosas que se celebraban en época de cosecha o siembra. Existía casi una coincidencia absoluta entre las festividades religiosas y las actividades agrícolas, constituyendo un sistema de control social sobre las actividades económicas.

3.4.- TENENCIA DE LA TIERRA

El año 1888 el Gobierno Chileno incorporó, a través de Policarpo Toro, a su soberanía la Isla de Pascua. La inscripción en el Conservador de Bienes Raíces de Valparaíso se hizo recién el año 1933, incluyendo bajo una sola inscripción todo el perímetro de la isla a nombre del Fisco. Una vez creado el Departamento de Isla de Pascua (Ley 16.441) se trasladó la inscripción al Conservador de Bienes Raíces de Isla de Pascua.

A partir del año 1978 y de acuerdo a la Ley 2.885 se empieza a reconocer la calidad de poseedores regulares, entregando títulos gratuitos, a aquellos habitantes de Isla de Pascua que pudieran demostrar derechos ancestrales con la documentación correspondiente.

Los títulos de dominio han sido entregados en el área urbana y en la zona de parcelas. El resto de la isla es reserva fiscal y corresponde al Fundo Vaitea, que es administrado por SASIPA, o ha sido declarado Parque Nacional, y es administrado por CONAF.

3.5. HIDROGRAFIA

La única fuente de recursos hidrológicos en la isla es la lluvia. Esta, al ser interceptada por el suelo permeable de origen volcánico reciente, se infiltra y pasa a alimentar un embalse subterráneo generalizado y de características que son peculiares a las islas oceánicas. Sin embargo, en los cráteres de los volcanes y en cavernas abiertas en la lava suele acumularse el agua lluvia al punto de haber constituido importantes reservas para la población y también, en épocas más recientes, para bebida del ganado. Hasta no hace muchos años una cañería extraía agua del cráter del Rano Raraku y la conducía a un estanque de hormigón situado en el llano.

De tal manera que en la Isla prácticamente no existen los escurrimientos superficiales. Sin embargo, desde la falda oriental del Terevaka surgen a lo menos tres cauces que con lluvias abundantes suelen llevar cierto escurrimiento de carácter esporádico. Uno de estos cauces, el más activo, tiene conexión al parecer con el cráter del Rano Aroi, situado en la ladera SE del Terevaka, y se manifiesta como un zanjón labrado en la lava que a veces está a la vista y presenta pequeños saltos, y otras muestran los característicos túneles que dejan las lavas al enfriarse. Este cauce va a morir en Vai Tea. Otras dos de estas "quebradas" se desarrollan más al norte. Una va a morir en los llanos entre Vai Tea y Anakena, y el más septentrional prácticamente se identifica con la zona deprimida que se disuelve en Anakena. El gasto continuo del primer cauce, en su curso superior, no supera a 1 l/s.

Para suplir la carencia de aguas corrientes, desde tiempos prehistóricos la lluvia fue retenida por los isleños en pequeños recipientes labrados en las rocas, conocidos con el nombre de taheta en idioma pascuense. Se las reconoce especialmente en los antiguos complejos aldeanos. En tiempos modernos la gente de la isla colecta aguas lluvias en los techos de las casas conduciéndolas a estanques cisternas, y un informe técnico de hace pocos años propicia adecuar la cancha de aterrizaje de Mataveri para tal objetivo (Alamos, F., 1979)

Con lo expresado, queda de manifiesto la importancia del embalse subterráneo como fuente de recurso lo cual debe considerarse en el análisis de una eventual obra de regulación superficial.

Hoy los problemas de abastecimiento de agua se resuelven en gran medida mediante bombeo desde el embalse subterráneo. Este se presenta como una lente de agua dulce, muy plana, que tiene su máxima altura de aproximadamente 1 m. en el centro de la isla y su mínima junto a la línea de costa. Este embalse descarga en forma natural hacia el mar, a través de todo el perímetro de la isla. Se ha calculado que se produce un escurrimiento de 1 l/s por cada 20 m. de costa. En el pozo de Vai Tea que ocupa una posición central en la isla, se encuentra el nivel freático a la más alta cota de toda ella.

La forma de lente con que se presente el acuífero, comprobada a través de los sondeos practicados, es común en las islas oceánicas. El equilibrio se conserva por diferencia de densidades entre el agua dulce del embalse recargado por la lluvia a través de un medio muy permeable como son los suelos y lavas de Pascua, y el agua del mar. La penetración del agua salada del mar se produce cuando el agua dulce se bombea, de modo de que si el sondeo penetra más de la cuenta, puede mezclarse agua salada con el agua dulce al bombear, situación que más de una vez se ha producido en los pozos perforados por CORFO.

De allí que se recomienda que los pozos profundos estén lo más alejados posible de la costa.

Por otra parte, se ha comprobado a través de pruebas de agotamiento en los pozos, que la influencia que el bombeo ejerce sobre otro en su vecindad es mínima, lo que indica la abundancia del recurso subterráneo y la gran permeabilidad del subsuelo, y también se ha comprobado que el nivel freático en los pozos sufre fluctuaciones con las mareas, con cierto desfase.

En la actualidad se encuentran en funcionamiento 7 sondeos, de 26 que perforó la Corfo entre los años 1964 a 1968.

El potencial de recurso de agua para riego se debe elegir, en las fuentes que compatibilicen los mínimos costos de extracción con el resto de variables que permitan un sostenido progreso agropecuario. En todo caso las disponibilidades de agua para riego, sin considerar el resto de recursos, se pueden enumerar conforme a una priorización de costo y facilidad de extracción.

- Ocupar el sistema de agua potable de Hanga Roa, que posee la ventaja de un bajo costo respecto a la inversión inicial, pero un costo significativo del valor del agua.

- **Agua acumulada** en volúmenes significativos en las **cráteres de los volcanes Rano Kau y Rano - Raraku.** Este recurso aparentemente fácil de extraer gravitacionalmente, se deberá estudiar con atención, cuidando de no producir deterioro en el medio ambiente.

- **Alumbramiento de aguas subterráneas en pozos someros y sondajes existentes.** Especialmente atractivo resulta estudiar la factibilidad de extraer el agua mediante **molinos de viento.** Existen a lo menos 4 pozos con rendimiento.

- **Acumulación de aguas lluvias** en sectores de escorrentía superficial como:

a) Sector urbano, que resultaría como un subproducto del saneamiento de **evacuación de aguas lluvias de Hanga Roa.**

b) **Lista aterrizaje de Mataveri,** aprovechando y adaptando las canaletas laterales receptoras de aguas lluvias.

- **Almacenamiento de aguas lluvias** en pequeñas hoyas previamente impermeabilizadas.

3.7.- SUELOS:

Los suelos de la Isla de Pascua derivan de cenizas volcánicas y lavas basálticas y andesíticas imtemperizadas. Los suelos no presentan un buen desarrollo del perfil debido al lento proceso de laterización que han sufrido. La mayoría de los suelos son delgados como lo demuestran los afloramientos de rocas, presentan serias limitaciones para el desarrollo de cultivos dadas su alta pedregosidad, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, escasa profundidad, pendientes excesivas y grados de erosión. Solamente el 29.5% de los suelos de la isla son arables (clases II, III, y IV de capacidad de uso).

La baja capacidad de retención de humedad del suelo está determinada por el tipo y contenido de arcillas y por el bajo contenido de materia orgánica. Esta característica, unida al drenaje excesivo, tiene como consecuencia una limitación en la disponibilidad de agua para los cultivos en la época de verano.

La baja fertilidad de los suelos de Pascua, está relacionada con la rápida descomposición de la materia orgánica que ocurre como consecuencia de las elevadas temperaturas. En la isla se ha encontrado frecuentemente síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo, y potasio. El alto poder de fijación de fósforo de los suelos volcánicos obliga a la fertilización con este elemento. Al mismo tiempo se ha detectado deficiencia de microelementos que podrían impedir que los cultivos desarrollaran su potencial.

3.8.- CLIMA:

El clima de Isla de Pascua corresponde a un clima marítimo con características subtropicales, templado cálido con lluvias distribuidas homogéneamente a lo largo del año. Isla de Pascua se encuentra localizada en el límite Sur del clima tropical, pero por existir variaciones estacionales de temperatura, se le ha clasificado en subtropical.

La humedad relativa es muy alta y esta sobre el 80 % prácticamente todo el año. El mes más frío es Julio y Febrero es el más cálido.

Los vientos predominantes son los del Este con velocidades apreciables durante prácticamente todo el año. El viento se constituye en una de las principales limitaciones para el cultivo de hortalizas y frutales.

3.9.- COMERCIALIZACION:

La producción local es comercializada directamente del productor al consumidor en la feria libre y mercado municipal, vendida a domicilio o entregada a negocios. No se tienen experiencias respecto a exportaciones al continente o Tahití.

Los precios de los productos agrícolas son muy altos como consecuencia del elevado costo de los insumos, las restricciones a la producción y el precio que alcanzan los productos enviados desde el continente. Están determinados sobre todo por este último aspecto por el hecho de tratarse de un mercado cerrado.

De la producción local aproximadamente el 40% se vende; el resto es trocado, regalado o consumido por el propio grupo familiar. Tradicionalmente, los isleños han producido hortalizas en los huertos caseros. Aún cuando esta modalidad ha perdido alguna importancia, contribuye a abastecer de productos vegetales a las familias isleñas.

3.10.- TRANSPORTE:

Isla de Pascua se encuentra a 3.700 Kms. de las costas de Chile Continental y a una distancia similar de Tahití.

La isla no está en la ruta de ninguna línea de navegación regular. Dado que no tiene puerto, ni carga, no interesa a las líneas que unen el extremo Oriente con Sud América. Sólo es visitada ocasionalmente por yates de alta mar y algunos barcos de turismo.

La conexión aérea la hace Lan Chile dos veces por semana uniendola a Tahití y el continente.

Considerando el alto costo del transporte de carga de Isla de Pascua, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones subsidia el tráfico marítimo a ese territorio. El año 1987 se dispuso 14,5 millones de pesos para ese efecto. Considerando los costos de flete, estiba y desestiba, el costo por tonelada Valparaíso-Hanga Roa fue de \$ 30.000.- Esto descontando la bonificación.

A partir del mes de Octubre el beneficio del subsidio se distribuirá directamente a cada uno de los usuarios, dependiendo del volumen de toneladas que el subsidio permita financiar.

3.11.- AGRICULTURA ACTUAL:

Aún cuando en el pasado los Rapa Nui tenían una gran cultura agrícola, la fueron perdiendo al verse obligados por diversas circunstancias, a modificar sus actividades laborales hacia la ganadería, turismo y de servicios.

En la actualidad se puede apreciar que los pascuenses tienen una escasa cultura agrícola que se refleja en la utilización de tecnologías muy primitivas. Esto se ve agravado al comprobar que se han ido incorporando rubros no tradicionales para los isleños, como las hortalizas de clima templado, que vinieron a complementar la dieta isleña, luego de la llegada de la administración civil a la isla (1965). Tradicionalmente se cultivaba en Pascua, camotes, taro, ñame, tñ y algo de maíz. Por ello la llegada de hortalizas verdes significó un cambio radical en la estructura de uso del suelo y en las técnicas de manejo.

La situación de postergación de la agricultura pascuense se debe a las múltiples limitantes al desarrollo agrícola que existe en la Isla de Pascua:

- La restringida demanda de productos agrícolas de Isla de Pascua, por su escasa población y reducido número de turistas, determina un mercado de fácil saturación que no motiva a realizar grandes inversiones.
- Los vientos constantes, de velocidad promedio de 15 nudos constituyen una importante restricción al desarrollo agrícola.
- Las altas temperaturas y humedad relativa hacen a la isla el sitio ideal para el desarrollo de plagas y enfermedades que prácticamente destruyen todo tipo de cultivos.
- La precaria calidad de los suelos (pobres en materia orgánica, poco profundos, erosionables) con una bajísima fertilidad determina rendimientos bajos.
- La inexistencia de riego obliga a practicar solamente agricultura de secano, que se ve limitada por una temporada de sequía relativa (Octubre-Abril), en que la evaporación supera a la precipitación por la alta demanda atmosférica.

Como se indicó anteriormente, la agricultura como actividad productiva no interesa al pascuense. Sólo el 15% de la superficie de parcelas es actualmente utilizado por un escaso número de agricultores. Desde el punto de vista del empleo la actividad agropecuaria es muy poco significativa. El servicio Agrícola y Ganadero indicaba el año 1983 que las bonificaciones al transporte y al turismo han hecho poco atractiva y rentable la agricultura.

TERMINOS DE REFERENCIA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA ISLA DE PASCUA - V REGION

I INTRODUCCION

De acuerdo con la Directiva Presidencial para el Desarrollo de Isla de Pascua (Octubre/87) el Gobierno ha definido un Plan de Desarrollo cuyo objetivo básico es la consolidación del desarrollo integral de Isla de Pascua, teniendo en cuenta su importancia estratégica en el Pacífico Sur y recordando que este año se cumplen 100 años desde su integración al territorio nacional.

Para este efecto se creó una "Comisión Isla de Pascua", presidida por el Sr. Ministro del Interior e integrada además por los Srs. Ministros de Relaciones Exteriores, Hacienda, Director de la Oficina de Planificación Nacional e Intendente de la Región de Valparaíso, la que evaluará las orientaciones fundamentales de las políticas económicas y sociales en el proceso de planificación para la Provincia Isla de Pascua y coordinará con los demás Ministerios la definición de planes, programas y cursos de acción de carácter nacional para dicha provincia.

Entre las disposiciones específicas fijadas por esta Directiva Presidencial le ha correspondido a la Comisión Nacional de Riego el "estudio de la factibilidad de construir un sistema de regadío, aprovechando las napas de agua subterránea".

Para este efecto, y considerando los informes preliminares existentes sobre la materia (a.- y b.-), la Comisión Nacional de Riego ha resuelto dividir este estudio en dos fases, siendo la primera una evaluación exhaustiva de los recursos hídricos de la isla, especialmente sus aguas subterráneas. En una segunda fase, y dependiendo de los volúmenes de agua que como resultado del estudio hidrogeológico se recomiende explotar, se diseñará un sistema de regadío adecuado a las características agroclimáticas, de suelos, tipos de cultivos existentes o posibles de implantar y aspectos económicos propios de las condiciones particulares de la Isla de Pascua.

-
- a.- "Informe Preliminar Posibilidades de Regadío en Isla de Pascua, V Región", Dirección de Riego - M.O.P., Junio/84
 - b.- "Resumen - Proposición de Proyecto de Riego en Isla de Pascua", Dirección Regional de Riego y Serplac - V Región, Septiembre/87.

II OBJETIVO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio hidrogeológico, que comprende la totalidad de la superficie de la Isla, que alcanza a 179 Km².

Se plantea como objetivo fundamental la definición de los recursos hídricos subterráneos, que considere la existencia de agua subterránea en la Isla, el grado de explotación actual y su posibilidad de expansión condicionada a la preservación de la calidad del agua necesaria para el consumo de la población.

III CONTENIDO DEL ESTUDIO

El estudio comprenderá, a lo menos, un reconocimiento detallado de terreno, análisis de la información hidrológica e hidrogeológica existente y elaboración de un informe que defina las características del embalse subterráneo, a saber, su geometría, características de los acuíferos, funcionamiento hidráulico, balance y alternativas de explotación.

Para estos efectos se deberá realizar una recopilación de antecedentes hidrológicos, levantamiento hidrogeológico, encuestas, muestreos, aforos, análisis químicos, construcción, calibración y operación de un modelo de simulación hidrogeológica, obtención de resultados y elaboración de un informe final.

La cartografía que servirá de plano base del estudio será la disponible en el Servicio Aerofotogramétrico de la FACH a escala 1:10.000 del año 1982.

IV MATERIAS A DESARROLLAR POR EL CONSULTOR

1. Pluviometría

Se deberá recopilar, analizar, corregir, completar y procesar toda la información pluviométrica existente en la isla, con el objeto de obtener estadísticas homogéneas que permitan finalmente determinar valores medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia. Adicionalmente, se analizará el régimen de precipitaciones máximas, incluyendo las ocurridas en períodos variables de 24 horas, 48 horas y hasta 120 horas consecutivas. Finalmente, en base a los antecedentes pluviográficos existentes, se determinarán las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para precipitaciones de hasta 120 minutos y con períodos de retorno comprendidos entre 2 y 50 años.

2. Catastro de Pozos

Se realizará un inventario completo de las diferentes fuentes de agua existentes en la Isla, tales como cráteres, vertientes, pozos y

norias. De cada uno de ellos se confeccionará una ficha con su ubicación, y cuando proceda los antecedentes técnicos constructivos, tipo de habilitación, uso del agua, niveles estáticos y conductividad eléctrica. Cuando se disponga de instalación de extracción, se indicará también el caudal entregado por cada fuente y su nivel dinámico.

3. Levantamiento Hidrogeológico

Se determinará las condiciones geológicas del área, que hacen posible la existencia de un embalse subterráneo, particularmente en cuanto a los materiales aflorantes, la geomorfología, su estructura y tectónica, todo ello en función de su importancia desde el punto de vista hidrogeológico.

4. Definición del Embalse Subterráneo

Sobre la base del análisis de los antecedentes disponibles, del reconocimiento de terreno, y de los resultados obtenidos en los puntos 2 y 3, se procederá a delimitar los bordes superficiales del embalse subterráneo. Este documento sirve para encuadrar el área de estudio posterior y detallar el contenido de los capítulos posteriores dentro de los límites establecidos para el o los embalses subterráneos.

5. Características Geométricas del Embalse Subterráneo

Se efectuará una caracterización geométrica. Esto implica una definición estereoscópica del embalse subterráneo enmarcada dentro de los límites definidos en el punto 4, con el objeto de conocer la ubicación y cubicación del mencionado embalse.

Este análisis deberá ir acompañado de planos de planta y cortes hidrogeológicos que sirvan para ilustrar la definición tridimensional del acuífero.

6. Características de los Acuíferos

Se deberá determinar:

- a.- Profundidad de los niveles estáticos
- b.- Variación temporal de los niveles estáticos
- c.- Sentido de escurrimiento del agua subterránea
- d.- Coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento
- e.- Calidad química del agua subterránea

De cada uno de estos parámetros, además del texto y las tablas que se obtengan, se elaborará un documento gráfico que sintetice cada una de estas características y que permita la comprensión de sus valores.

7. Relación Acuífero-Mar

Se realizará un análisis de las fluctuaciones de mareas, determinando la posición de la interfase agua dulce - agua salada para cada situación y para todos los embalses subterráneos que existan en la Isla. Se incluirán documentos gráficos tales como perfiles transversales de la Isla u otro tipo de esquemas.

8. Funcionamiento Hidráulico del Embalse

Se determinará una relación cualitativa de todas y cada una de las entradas y salidas de agua hacia y desde el sistema. La buena concepción de este capítulo permite plantear el balance cuantitativo que se describe más adelante. Dentro de este esquema se considera de fundamental importancia el estudio hidrológico de la Isla.

9. Balance

Sobre la base de todos los elementos analizados en los puntos anteriores, se planteará en términos cuantitativos el Balance de entradas y salidas al sistema, para cada uno de los términos descritos en el funcionamiento. La escala requerida para este Balance es de carácter anual, a menos que durante el desarrollo del estudio se detecte que el régimen de precipitaciones de la Isla indique la conveniencia de hacerlo semestral o trimestral.

En el término salidas del embalse se deberá incluir las explotaciones actuales de la Isla.

10. Construcción de un Modelo

Se deberá elaborar un modelo de simulación hidrogeológica con el grado de detalle que los antecedentes hidrogeológicos existentes lo permitan, indicando las condiciones de borde, datos de entrada, procesos de calibración y validación y elementos físicos de contraste.

11. Posibilidades de Empleo del Agua Subterránea y Modalidad de Explotación

De acuerdo con el conocimiento adquirido en todos y cada uno de los puntos anteriores se deberá establecer un esquema de obtención de agua subterránea. Para ello deberá indicarse las áreas más promisorias definiendo además para cada una de ellas las características de un pozo tipo: profundidad de perforación, método de perforación,

diámetros a emplear, características del entubamiento definitivo y caudales esperados, así como la posible calidad química de las aguas.

Para cada pozo tipo se determinará un presupuesto detallado de construcción y explotación.

12. Criterios de Explotación

Considerando que el acuífero está localizado en una Isla, se deberán fijar los criterios de explotación, como asimismo, los sistemas de vigilancia y control a que debe quedar sometido, con el fin de prevenir riesgos de explotación excesiva en algunos sectores que signifiquen ascenso de la intrusión salina, teniendo en cuenta los resultados preliminares obtenidos del modelo de simulación.

13. Informe Final del Estudio

El informe final del estudio, deberá contener todos los puntos definidos en este Capítulo IV. Este informe deberá contener una memoria y anexos. La memoria incluirá los aspectos principales de cada capítulo, en particular los datos de base, forma de analizarlos, resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones con las tablas y gráficos indispensables. En Anexos, se entregará la estadística empleada, estratigrafía de pozos, pruebas de bombeo, análisis químicos de agua, modelo de simulación, etc. que hayan sido empleados en el estudio y redacción de la memoria. Por otra parte se presentarán los planos ilustrativos con las características del embalse subterráneo.

COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA
SANTIAGO - CHILE

ANEXO 2

COMISION NACIONAL DE RIEGO

SECRETARIA EJECUTIVA

ESTUDIO DEL REGADIO

DE

ISLA DE PASCUA

I ETAPA : ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

PROPUESTA TECNICA

MAYO - 1988

ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

TOLEDO 1944 , PROVIDENCIA - TELS.: 2231142 - 2514551 SANTIAGO

INDICE

	<u>Página</u>
5.2.1 RECOPIACION Y ANALISIS CRITICO DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS EXISTENTES EN LA ISLA DE PASCUA	1
5.2.1.1 Prospección Hidrogeológica de la Isla de Pascua	1
5.2.1.2 Proyecto de Racionalización, Mejoramiento y Ampliación de la Red de Agua Potable, Pozos de Captación y Estanques Acumuladores.	1
5.2.1.3 Situación Energética Isla de Pascua	3
5.2.1.4 Tablas de Mareas	3
5.2.1.5 Diagnóstico del Servicio de Agua Potable de Hanga Roa - Isla de Pascua	3
5.2.1.6 Detección de Fugas Red de Agua Potable Isla de Pascua	4
5.2.1.7 Labor Realizada años 1981-1983, Programa 1983	4
5.2.1.8 Labor Realizada en 1984 - Servicio de Agua Potable	4
5.2.1.9 Labor Realizada en 1985 - Servicio de Agua Potable	5
5.2.1.10 Labor Realizada en 1986 - Servicio de Agua Potable	6
5.2.1.11 Labor Realizada en 1987 - Servicio de Agua Potable	6
5.2.1.12 Informe de Habilitación, Desarrollo y Prueba de Bombeo en Pozo N° 23 del Fundo Vaitea	7
5.2.1.13 Una Alternativa para Abastecimiento de Agua para Hanga Roa - Isla de Pascua-Chile	7

5.2.1.14	Resumen - Proposición de Proyecto de Riego en la Isla de Pascua	7
5.2.1.15	Informe Preliminar - Posibilidades de Regadío en Isla de Pascua y Región	8
5.2.1.16	Mapa Hidrogeológico Nacional	8
5.2.1.17	Análisis Crítico de la Red de Medición de Niveles de Agua Subterránea	8
5.2.1.18	Análisis de la Capacidad de Soporte de los Pavimentos del Aeropuerto Mataveri en Isla de Pascua	9
5.2.1.19	Asesoría para la Construcción de la Prolongación del Aeropuerto, incluyendo Terraplén Base y Pavimento de Rodado.	9
5.2.1.20	Asesoría Permanente desde el año 1978 a la fecha en el Abastecimiento de Agua Potable	10
5.2.2	INDICE DETALLADO DE MATERIAS QUE SE ABORDARAN	11
5.2.2.1	Recopilación y Análisis de Antecedentes	11
5.2.2.2	Precipitaciones	11
5.2.2.3	Catastro de Pozos, Norias y Vertientes	11
5.2.2.4	Levantamiento Hidrogeológico	11
5.2.2.5	Definición del Embalse Subterráneo	11
5.2.2.6	Características Geométricas del Embalse Subterráneo	11
5.2.2.7	Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo	12
5.2.2.8	Características de la Napa Acuífera	12
5.2.2.9	Relación Acuífero - Mar	12
5.2.2.10	Funcionamiento Hidráulico del Embalse	12
5.2.2.11	Balance Cuantitativo del Funcionamiento	12

5.2.2.12	Modelo Hidrogeológico	13
5.2.2.13	Empleo del Agua Subterránea - Modalidad de Explotación	13
5.2.2.14	Criterios de Explotación	13
5.2.2.15	Informe Final del Estudio	14
5.2.3	METODOLOGIA DE TRABAJO	16
5.2.3.1	Introducción y Objeto del Estudio	16
5.2.3.2	Estudio de Precipitaciones	16
5.2.3.3	Catastro de Pozos	18
5.2.3.4	Levantamiento Hidrogeológico	19
5.2.3.5	Definición del Embalse Subterráneo	19
5.2.3.6	Características Geométricas del Embalse Subterráneo	20
5.2.3.7	Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo	21
5.2.3.8	Características de la Napa Acuifera	21
5.2.3.9	Relación Acuifero - Mar	23
5.2.3.10	Funcionamiento Hidráulico del Sistema	24
5.2.3.11	Balance Cuantitativo del Funcionamiento	24
5.2.3.12	Modelo Hidrogeológico	25
5.2.3.13	Empleo del Agua Subterránea	29
5.2.3.14	Criterios de Explotación	29
5.2.4	PROGRAMA DE ACTIVIDADES	31
5.2.5	CALENDARIO ENTREGA INFORMES	33
5.2.6	NOMINA DE PROFESIONALES	34
5.2.7	ESQUEMA ORGANIZATIVO	36

5.2.1 Recopilación y Análisis Crítico de los Estudios Hidrológicos e Hidrogeológicos Existentes en la Isla de Pascua

5.2.1.1 Prospección Hidrogeológica de la Isla de Pascua

Este trabajo fue realizado entre los años 1963 y 1967, por el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, en ése entonces denominado Sección Aguas Subterráneas. El estudio consistió en un reconocimiento general de la Isla, desde el punto de vista de la posible obtención de agua subterránea; en la construcción de un total de 26 sondeos con profundidad comprendida entre 7 y 102 metros, y con análisis de las características químicas del agua. El Ingeniero encargado de este proyecto fue el señor Fernando Alamos Cerda. No existe ningún informe publicado al respecto, que contenga el detalle del trabajo realizado, como las conclusiones obtenidas, sólo existe el catastro de pozos como tal. El resto de la información y experiencia obtenida, se encuentra en notas de trabajo de borrador en poder del Ingeniero Alamos Cerda, como en el bagaje de conocimientos por él adquiridos durante la etapa de investigación.

El empleo que se hará de estos datos corresponde al inventario de pozos con sus características, constructivas, de producción, calidad química de las aguas. Asimismo se vertirá la concepción sobre las condiciones de existencia del agua subterránea en la Isla y los criterios de explotación, sobre la base de la experiencia adquirida en esos años.

5.2.1.2 Proyecto de Racionalización, Mejoramiento y Ampliación de la Red de Agua Potable, Pozos de Captación y Estanques Acumuladores Hanga Roa - Isla de Pascua - Fernando Alamos Cerda - Febrero 1979

Este estudio contiene los siguientes aspectos que se emplearán en el trabajo propuesto.

- Recursos de Aguas Superficiales y Subterráneas
- Pozos Profundos, Fluctuaciones del Nivel Estático
- Calidad de las Aguas, Físico-Químico y Bacteriológico
- Anteproyecto de Captación, Regulación y Distribución

De ello se aprovechará todos los antecedentes antes descritos, en particular las fluctuaciones del nivel estático, calidad química de las aguas, funcionamiento del acuífero y criterios de ubicación de sondeos, como también criterios de explotación de la misma.

El informe comprende 69 páginas, 8 tablas, 3 anexos, 4 gráficos y dos planos.

Las Tablas son las siguientes:

- Registro de Pozos Profundos
- Análisis Bacteriológico de Agua Subterránea
- Listado Físico Químico de Agua Subterránea
- Listado y Características de Motobombas Existentes
- Empalmes de Agua Potable por Sector
- Tasa Anual de Crecimiento Demográfico
- Población Futura
- Consumos futuros de agua en Hanga Roa

Los anexos incluyen:

- Contrato - Análisis Físico-Químico - Equipo Sondeo

Los gráficos contienen:

- Oscilación del N.E. en Pozo N° 10 en correlación con Mareas
- Oscilación del N.E. en Pozos N° 10 y 11 en correlación con Mareas
- Oscilación del N.E. en Pozo N° 21 en correlación con Mareas
- Población Futura

Los Planos contienen:

- Ubicación de Pozos Profundos
- Red de Agua Potable de Hanga Roa

5.2.1.3 Situación Energética Isla de Pascua - Comisión Nacional de Energía - 1982

Los antecedentes más importantes de este estudio y que serán empleados en el trabajo que se propone se refieren a:

- Registro de Temperaturas
- Registros de Humedad Relativa
- Registros de Precipitaciones entre 1970 y 1979
- Registro de Dirección y Magnitud de Vientos
- Radiación Solar

Todos estos datos, serán analizados, en el estudio hidrogeológico, en particular en el ítem infiltraciones por agua de lluvia. Dado que se deberá restar de la precipitación la evapotranspiración correspondiente. Para ello se emplearán las fórmulas de Penman, Tura, Contagne u otra que se ajuste a las características de la Isla.

5.2.1.4 Tablas de Mareas Instituto Geográfico de la Armada

Se refiere a un punto de control que posee en Hanga Piko, y el registro comprende la fluctuación diaria de mareas en un registro suficientemente extenso para los fines perseguidos en este estudio.

Su empleo se relaciona con la posición de la interfase y su zona de difusión, según se detallará más adelante en el capítulo correspondiente a la relación Acuífero - Mar.

5.2.1.5 Diagnóstico del Servicio de Agua Potable de Hanga Roa - Isla de Pascua ICSA para CORFO Abril 1975

Este estudio hace un detallado análisis y diagnóstico de la situación del servicio de Agua Potable de la Isla de Pascua, a esa fecha.

A parte de los antecedentes propios del servicio en cuanto a su funcionamiento, caudales bombeados, red de distribución, etc., contiene un interesante dato sobre la variación de la salinidad del agua subterránea, en relación con el caudal bombeado en el sondeo P-21. Agrega 3 análisis químicos de fecha 17-2-75 y entrega criterios de depresión máximas admisibles para evitar peligros de intrusión.

Todo lo anterior será empleado en el capítulo correspondiente a hidrogeología en el estudio que se propone, en particular en la relación acuífero - mar, criterios de explotación y concepción general del funcionamiento del sistema acuífero de la Isla de Pascua.

5.2.1.6 Detección de Fugas Red de Agua Potable Isla de Pascua. R y Q Ingenieros Ltda. Dic. 1982.

Se trata de un trabajo especializado en el cual se empleó un instrumento diseñado para detección de fugas en redes de Agua Potable.

Los resultados que se obtuvieron con concordantes con los análisis efectuados con anterioridad por nuestra empresa consultora.

El empleo que se dará a estos resultados se refiere al balance de entradas y salidas de agua al acuífero, en que uno de los parámetros de entrada de agua corresponde a las pérdidas en la red de Agua Potable.

5.2.1.7 Labor Realizada años 1981 - 1983, Programa 1983. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Abril 1983

Es un informe de 76 páginas, 1 anexo y 2 planos, contiene un registro de volúmenes explotado por los pozos N° 7, 21 y 25 a nivel mensual. Un análisis del funcionamiento de dichos pozos y proposiciones para su mejoramiento de las captaciones, un estudio hidrogeológico para emplazamiento de dos nuevos sondeos y proyecto de construcción. Además se agregan datos de calidad química para los pozos de la referencia y el pozo N° 2 para los años 81, 82 y 83.

El empleo de estos datos será en el capítulo correspondiente de hidrogeología, ya que proporciona datos históricos sobre niveles, volúmenes bombeados y calidad química de las aguas.

5.2.1.8 Labor Realizada en 1984 - Servicio de Agua Potable. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Marzo 1985

Es un informe de 62 páginas, plano con red de agua potable y anexo con registro de consumos.

Se da cuenta de la explotación del embalse subterráneo durante 1984, con destino a abastecimiento, siendo el

mayoritario en la Isla, se incluye un registro mensual de volúmenes bombeados por cada pozo. También se analiza la situación del abastecimiento al Fundo de CORFO.

Durante ese año se perforaron cuatro pozos, tres de los cuales resultaron improductivos por razones de construcción, se producen fácilmente desvíos por dureza de la roca a perforar.

El pozo con éxito corresponde al N° 27, del cual se dispone de prueba de bombeo y registro de conductividad durante la prueba.

Se efectuó además limpieza, desarrollo y prueba de bombeo de un pozo en la estación de riego.

Se incluye análisis químico de aniones y cationes para los pozos 25, 21 y 7 y una medición en terreno de la conductividad de los mismos.

Toda esta información será empleada en el estudio hidrogeológico de la Isla. Los datos de perforación en las características geométricas, las pruebas de bombeo en las características hidráulicas; los datos de calidad química en las características químicas de la napa y el registro de volúmenes extraídos en el balance y funcionamiento del acuífero. Además todo servirá para analizar las relaciones acuífero - mar. Del mismo modo se incluye una determinación de pérdidas en la red, las que serán usadas en el estudio del balance. Se dispone además de los consumos de energía mensual por cada pozo.

5.2.1.9 Labor Realizada en 1985 - Servicio de Agua Potable. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Marzo 1986

Este informe consta de 41 páginas. Tiene como objetivo analizar el funcionamiento de los pozos, como la conducción y distribución de agua potable. Hace un diagnóstico de las condiciones hidrogeológicas del sector, y propone un programa de trabajo para el año 1986.

Incluye una serie de datos de interés hidrogeológico y que son:

- Registro mensual de volúmenes extraídos por cada pozo.
- Catastro de bombas de pozo profundo en la Isla con sus características, ubicación y uso.

- Registro de Variación mensual discontinua del total de sólidos disueltos de las aguas de los sondeos 7, 25 y 21 entre los años 1967 y 1983.
- Estudio de Pérdidas en la red de agua potable.

5.2.1.10 Labor Realizada en 1986 - Servicio de Agua Potable. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Marzo 1987

Es un informe de 31 páginas y un anexo de 40 páginas. Se analiza el comportamiento de los pozos, volúmenes mensuales producidos, volúmenes mensuales de pérdidas y análisis del sistema de regulación y distribución de las aguas.

Este año se hizo la habilitación del pozo 27, efectuándose una prueba de bombeo en él y medición de conductividad.

Se incluye además un registro de conductividad mensual de cada uno de los pozos en explotación a saber los NOS 7, 21 y 25. Labor sistemática que comenzó en Julio de 1985 y que se mantiene hasta el día de hoy.

Todos estos antecedentes serán usados en el capítulo de hidrogeología correspondiente del mismo modo que se ha descrito en los puntos anteriores.

Además se efectuó un control del funcionamiento del pozo del Fundo Vaitea.

5.2.1.11 Labor Realizada en 1987 - Servicio de Agua Potable. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. Abril 1988

Es un informe de 28 páginas con el mismo contenido de los anteriores.

Se mantiene el registro mensual de los volúmenes extraídos en los sondeos 7, 21, 25 y 27 de reciente habilitación.

El control mensual de calidad química de éstos 4 pozos abarca desde Mayo a Diciembre.

El control de pérdidas en la red, también se encuentra a nivel mensual.

Se incluye también un diagnóstico del funcionamiento de cada sondeo, incluyendo el del Fundo Vaitea.

5.2.1.12 Informe de Habilitación, Desarrollo y Prueba de Bombeo en Pozo Nº 23 del Fundo Vaitea. (Archivo Interno Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Limitada) Sept. 1981

Se dispone del registro de niveles y caudales. La duración de la prueba fue de 9,5 horas y contiene datos de niveles y recuperación. Este dato se empleará en el estudio hidrogeológico para conocer los valores de Transmisibilidad en un punto del acuífero.

5.2.1.13 Una Alternativa para Abastecimiento de Agua para Hanga Roa - Isla de Pascua - Chile. Arturo Hanser Y. 1986

El estudio consta de 14 páginas y en el se incluye un análisis de precipitaciones, las características geológicas de la Isla y las condiciones topográficas. Propone la explotación del cráter del Volcán Rano-Kau, por medio de drenes radiales y elementos anexos.

Este informe será empleado en todos sus aspectos pero básicamente en la descripción geológica, geomorfológica de la Isla y riesgo volcánico, incorporados al capítulo correspondiente al levantamiento hidrogeológico.

5.2.1.14 Resumen - Proposición de Proyecto de Riego en la Isla de Pascua. M. Acuña y C. Román B. - Sept. 1987

Trabajos realizados por la Dirección Regional de Riego V Región y SERPLAC V Región; consta de 20 páginas y hace una descripción de las características de suelo, clima, geológicas, transporte, historia del desarrollo agrícola de la Isla y propone un plan de trabajo para desarrollar el sector riego en la Isla. En particular, este estudio, se empleará en la descripción geológica efectuada, la que se basa en el trabajo de los geólogos señores D. González F. y Bunnister Potts (1981).

Se analizarán además ambos estudios rescatando de ello todo lo que haga referencia a la litología, geomorfología, estructura y tectónica de la Isla y que tenga importancia desde el punto de vista hidrogeológico. Ello dará luces tanto para el levantamiento hidrogeológico que se promete, como para el funcionamiento hidráulico del sistema acuífero.

5.2.1.15 Informe Preliminar - Posibilidades de Regadío en Isla de Pascua V Región. M.O.P. Dirección de Riego - Junio 1984

Es un informe cuyo contenido se ajusta al título del informe consta de 26 páginas y 7 anexos.

Lo más interesante desde nuestro punto de vista, corresponde al anexo A sobre Recursos Acuíferos; el anexo B sobre Clasificación de Suelos de la Isla; el anexo C sobre Génesis y Mineralogía de los Suelos de la Isla.

Todos ellos serán empleados por una parte en el estudio hidrológico y después en el Balance para determinar la capacidad de retención del suelo y así tener un punto de referencia en el cálculo de las infiltraciones por agua de lluvia.

5.2.1.16 Mapa Hidrogeológico Nacional. M.O.P. - D.G.A. Dic. 1986

Este documento describe en forma breve, las principales condiciones de existencia del agua subterránea en la Isla de Pascua, asimilando el conjunto de la Isla a una formación rocosa de lavas porosas del cuaternario. Aparte de ello se encuentra en la D.G.A. los antecedentes para la confección del mapa hidrogeológico a escala 1:1.000.000, el cual incluirá la Isla de Pascua. Aunque la escala es muy diferente a la del estudio que se ofrece se tendrá en cuenta como punto de referencia en el levantamiento Hidrogeológico.

5.2.1.17 Análisis Crítico de la Red de Medición de Niveles de Agua Subterránea. V Región D.G.A. Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Limitada. Dic. 1987.

El estudio consta de 10 tomos de un total de 2.000 páginas y 100 planos. En el se describe y analiza la red piezométrica actual y la red de calidad química, y se propone una nueva red para todo el país. Dentro de un tomo se encuentra la V Región y ésta incluye la cuenca 056 denominada Islas del Pacífico. Entrega una recopilación de los Análisis Químicos de Agua en la Isla y el catastro de Pozos correspondiente, será empleado en el estudio hidrogeológico en los capítulos correspondientes a las materias citadas.

- 5.2.1.18 Análisis de la Capacidad de Soporte de los Pavimentos del Aeropuerto Mataverí en Isla de Pascua. M.O.P. Dirección de Aeropuertos. Guillermo Noguera y Asociados. Eptisa Chile Limitada - Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Limitada. Dic. 1984.

Este informe consta de 2 tomos con 500 páginas en total, el primero es el texto y el segundo Anexos. El objeto es calcular la capacidad de soporte de la pista existente a la fecha y proposición de modificaciones para su refuerzo y buen funcionamiento. Dentro de ella se incluyeron un estudio hidrológico y otro hidrogeológico del sector de la Pista. Para ello se analizó la precipitación de la Isla para el período 1943 - 1983 en particular las máximas en 24 horas a nivel mensual, con ello se construyó las curvas IDF para períodos de recurrencia de 5 y 10 años. En cuanto al agua subterránea se revisaron los registros de pozos y niveles de alrededor de 30 pozos y norias en la Isla con el objeto de tener una visión general de los recursos hídricos subterráneos y su empleo. En particular en el sector del Aeropuerto se perforaron 11 piezómetros. Incluye además un estudio de evacuación de aguas lluvias y el proyecto de los drenes de evacuación de estas.

Los antecedentes serán empleados en el capítulo correspondiente a hidrología; como también en el tema de la infiltración pues provee de descripciones litológicas en los 11 piezómetros y en once calicatas para determinar tipo de material del subsuelo.

- 5.2.1.19 Asesoría para la Construcción de la Prolongación del Aeropuerto, incluyendo terraplén, base y pavimento de rodado. D.A.P. - NASA - 1986 - 1987

La experiencia que se rescata de este trabajo, corresponde al reconocimiento de canteras efectuado por EPTISA CHILE LTDA., en la persona del señor Freddy Estañaro, quien ahora forma parte del equipo propuesto. Este técnico, tiene conocimiento de la Isla, en cuanto a la prospección y ubicación de materiales para la obra del Aeropuerto. Para ello debieron reconocerse toda la Isla, diferenciando los diferentes materiales tanto para la base del terraplén, como los agregados pétreos para la fabricación del asfalto.

Ese conocimiento, será empleado para la confección del catastro de pozos y norias de la Isla y su experiencia será particularmente importante en los apoyos logísticos para este trabajo en la Isla.

5.2.1.20 Asesoría Permanente desde el año 1978 a la fecha en el Abastecimiento de Agua Potable.

Esta labor ha sido realizada por la Empresa ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda. Gran parte de los datos, antecedentes y conocimientos se encuentran vertidos en la descripción de los informes anuales en puntos anteriores, sin embargo, hay una cantidad de conocimientos tanto hidrológicos, como hidrogeológicos y de terreno que se encuentran en la experiencia de la empresa, y en material de borrador que forman parte de su archivo y de su Know-How. Todo ello será empleado en los diferentes capítulos que abarca el estudio, en particular con la participación del Ingeniero Fernando Alamos Cerda en su calidad de Jefe de Proyecto. Al respecto cabe citar que en estos diez años se ha realizado como mínimo un viaje al año, con estancia cercana a los diez días cada vez. Se ha controlado el funcionamiento de los sondeos, y se ha tomado contacto con las condiciones de terreno tanto físicas como laborales y sociales, aspectos de particular importancia en la Isla, ello será particularmente útil en la proposición de trabajos futuros y su metodología de realización.

5.2.2 INDICE DETALLADO DE MATERIAS QUE SE ABORDARAN

5.2.2.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes

5.2.2.2 Precipitaciones

- Recopilación, análisis, corrección, complementación y proceso de la información.
- Determinación de valores medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia.
- Precipitaciones máximas en 24 horas, 48 y 120 horas
- Curvas I-D-F para precipitaciones de hasta 120 minutos con períodos de retorno entre 2 y 50 años.

5.2.2.3 Catastro de Pozos, Norias y Vertientes

5.2.2.4 Levantamiento Hidrogeológico

- Análisis de Información Geológica existente
- Cartografía de superficie, diferenciando materiales permeables, semipermeables e impermeables
- Geomorfología
- Tectónica adaptada a hidrogeología

5.2.2.5 Definición del Embalse Subterráneo

- Límites superficiales del embalse
- Cortes hidrogeológicos transversales
- Condiciones de borde, laterales y de fondo

5.2.2.6 Características Geométricas del Embalse Subterráneo

- Plano de isoespesor del acuífero
- Plano de isoespesor saturado del acuífero
- Plano de Posición probable de la interfase

5.2.2.7 Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo

- Antecedentes de Pruebas de Bombeo
- Valores de Transmisibilidad
- Valores de Coeficiente de Almacenamiento

5.2.2.8 Características de la Napa Acuifera

- Profundidad del nivel de saturación
- Variación Temporal de los niveles estáticos
- Sentido de escurrimiento del agua subterránea
- Calidad química del agua subterránea

5.2.2.9 Relación Acuifero - Mar

- Posición de la interfase
- Influencia de las mareas en la interfase
- Influencia de las precipitaciones en la interfase.

5.2.2.10 Funcionamiento Hidráulico del Embalse

- Entradas de agua al sistema (Análisis Cualitativo)
- Salidas de agua desde el sistema (Análisis Cualitativo)
- Factores más importantes que inciden en el funcionamiento.

5.2.2.11 Balance Cuantitativo del Funcionamiento

- Entradas de Agua
- Salidas de Agua
- Elementos principales del Balance

5.2.2.12 Modelo Hidrogeológico

- Condiciones de Borde
- Mallaje del Modelo
- Datos de Entrada
- Procesos de Calibración
- Elementos Físicos de Contraste
- Programa de Mediciones Futuras

5.2.2.13 Empleo del Agua Subterránea - Modalidad de Explotación

- Areas más promisorias para obtener agua
- Pozo tipo para cada área
- Características y Condiciones Constructivas
- Presupuesto de las Obras
- Calidad Química Esperada
- Modalidad de Explotación para cada área o Pozo Tipo.

5.2.2.14 Criterios de Explotación

- Zonas con Riesgos de Intrusión
- Explotación Programada y Controlada
- Aumento Paulatino de las Extracciones
- Sistemas de Vigilancia y Control del Acuífero

5.2.2.15 Informe Final del Estudio

- Estudio de Precipitaciones
 - Análisis, corrección, ampliación de estadística
 - Precipitaciones medias mensuales
 - Precipitaciones máximas en 24,48 y 120 horas
 - Curvas IDF para 2 y 50 años
- Estudio Hidrogeológico de Detalle
 - Catastro de Pozos, Norias y Vertientes
 - Levantamiento Hidrogeológico
 - Definición del Embalse Subterráneo
 - Características Geométricas del Embalse Subterráneo
 - Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo
 - Características de la Napa Acuifera
 - Relación Acuifero - Mar
 - Funcionamiento Hidráulico del Embalse
 - Balance cuantitativo del Funcionamiento
- Modelo Hidrogeológico
 - Mallaje del Modelo
 - Condiciones de Borde
 - Datos de Entrada
 - Elementos Físicos de Contraste
 - Proceso de Calibración
 - Programa de Mediciones Futuras

- Empleo del Agua Subterránea - Modalidad de Explotación
 - Areas más Promisorias
 - Sondeos tipo, características y Presupuesto
 - Calidad Química del Agua
 - Modalidad de Explotación
- Criterios de Explotación

ANEXOS

- Datos Pluviométricos Empleados
- Fichas del Catastro de Pozos, Norias y Vertientes
- Análisis Químicos de Aguas

PLANOS

- Mapa Hidrogeológico a escala 1:25.000 contiene cartografía hidrogeológica con puntos acuíferos y diagrama de Stiff.
- Cartas Hidrogeológicas escala horizontal 1:25.000
escala vertical 1:5.000
- Mapa de Isoespesor Saturado
- Mapa de Isopiezas
- Mapa con Mallaje del Modelo

5.2.3 Metodología de Trabajo

5.2.3.1 Introducción y Objeto del Estudio

La metodología de trabajo que se describe a continuación, considera todos y cada uno de los temas expresados en los términos de referencia del Estudio Hidrogeológico de la Isla de Pascua - V Región. Se entiende que ésto comprende la Ia. etapa del "Estudio de Regadío de Isla de Pascua" en consecuencia la forma de desarrollar el trabajo estará orientada hacia dicho propósito.

De acuerdo con el conocimiento que nuestra firma, tiene, en relación con la hidrogeología de la Isla y sobre la base de la cantidad de datos hidrogeológicos existentes, se estima que la escala de presentación del trabajo se hará a 1:25.000 con base topografía con curvas cada 25 metros. No obstante la escala de trabajo en terreno será la de 1:10.000 con curvas cada cinco metros efectuada por el Servicio Aerofogramétrico de la FACH el año 1982. El número de láminas a esta escala es de seis. Por otra parte se dispone de las cotas topográficas de 15 sondeos del total de 26 pozos que aparecen en el catastro.

El objeto específico del estudio que se ofrece es el de reconocer las condiciones de existencia del agua subterránea en la Isla, su explotación actual, condiciones de funcionamiento y posibilidades de explotación futura. Especial mención se hará sobre la calidad química de las aguas.

5.2.3.2 Estudio de Precipitaciones

El estudio de las precipitaciones comprende una serie de actividades que son las que se explica a continuación:

a) Recopilación, Análisis, Corrección, Complementación y Proceso de la Información Existente

El estudio de las precipitaciones parte por recopilar todos los antecedentes existentes al respecto en la Isla de Pascua.

En 1963 y 1964 se instalaron 3 estaciones para la medición de las precipitaciones. Dos de ellas se controlaron sólo algunos meses, mientras que la denominada Isla de Pascua FACH, a cargo de la Dirección Meteorológica de Chile, ha seguido operando hasta la fecha.

La estación Isla de Pascua FACH tiene un registro bastante completo de precipitaciones diarias, mensuales y anuales para todo el período de control. A partir de 1983 dispone también de pluviogramas.

Una vez completa la recopilación de antecedentes se procederá a completar y corregir las estadísticas. Para ello se empleará técnicas tradicionales, como las promedios ponderados, basándose en la información existente. Esta labor se hará para la estadística de precipitaciones mensuales, de modo de obtener finalmente una estadística lo más completa posible.

El procesamiento de la información pluviométrica tendrá como fin generar los antecedentes necesarios para caracterizar el régimen pluviométrico y las precipitaciones máximas. El primer aspecto se abordará mediante la estadística de precipitaciones mensuales, corregida y ampliada del modo antes indicado.

Para caracterizar el régimen de precipitaciones máximas se hará un análisis de las precipitaciones diarias, de manera de obtener series de precipitaciones máximas en 24 horas, 48 y 120 horas. De igual manera, con miras a la generación de las curvas IDF, se analizará la información pluviográfica para determinar precipitaciones máximas, de duraciones hasta 120 minutos.

b) Determinación de Valores Medios Mensuales para Diferentes Probabilidades de Excedencia

Una vez que se disponga de la estadística de precipitaciones mensuales, según lo indicado en el punto anterior, se determinará las curvas de Variación Estacional o, dicho de otra manera, los valores medios mensuales de la precipitación, para diferentes probabilidades de excedencia. Esto se hará aplicando el método de Weibull a las series de precipitaciones de cada mes, lo que permite conocer las probabilidades de excedencia.

c) Precipitaciones Máximas en 24 horas, 48 y 120 horas

Mediante los antecedentes recopilados de precipitaciones diarias, se hará un análisis de precipitaciones máximas en 24, 48 y 120 horas, determinando probabilidades de excedencia y períodos de retorno. Para esto se seleccionará del registro histórico la precipitación máxima anual en 24, 48 y 120 horas, y luego se hará un análisis de frecuencia de las series elegidas.

d) Confección de Curvas IDF

Las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia se generarán basadas en las intensidades de lluvias registradas en pluviógrafos, para duraciones de hasta unos 120 minutos.

En este caso los registros pluviográficos son cortos, sólo 5 años, lo que hará difícil obtener estas curvas sólo basado en esa información. No obstante, existen técnicas para generar curvas IDF a partir de precipitaciones máximas en 24 horas, aplicando coeficientes adecuados.

En el caso de Isla de Pascua se empleará ambas técnicas, dentro de lo posible, comparando después los resultados para definir las curvas IDF que mejor se ajusten a la realidad de la Isla.

5.2.3.3. Catastro de Pozos

Existen algunos datos de los 26 pozos que aparecen en el catastro actual. A ello se agregarán los nuevos pozos perforados para agua potable, como asimismo las norias existentes en la Isla, siempre y cuando sean representativas. Por otra parte se localizarán las vertientes principales, las cuales son de dos tipos, las que se ubican en la playa y las que están en el interior. Todos estos puntos acuíferos quedarán localizados en el plano 1:10.000 durante el trabajo de terreno y posteriormente serán traspasados al plano 1:25.000. Para cada uno de estos puntos se confeccionará una ficha con sus principales características, las que se refieren a ubicación, características constructivas, condiciones de uso, conductividad del agua, así como la profundidad del nivel del agua en los pozos y norias y los caudales aproximados de las vertientes. Los datos consignados en

las fichas de terreno serán traspasados a listados computacionales, forma en que será entregado el trabajo de la Comisión Nacional de Riego.

5.2.3.4 Levantamiento Hidrogeológico

Uno de los aspectos más importantes de un estudio hidrogeológico, es la confección de un adecuado mapa en el que se vierta la información referente a la Geomorfología, materiales aflorantes, historia geológica, litología y tectónica. Cada uno de estos aspectos será juzgado y analizado desde el punto de vista de su utilidad hidrogeológica, tanto en cuanto condicionen la existencia del agua subterránea y su funcionamiento.

Para ello se usará el reconocimiento de terreno, la fotografía aérea, y el análisis de los documentos que existen sobre la materia. Entre ellos cabe citar la obra de O. González F. y Bunnister Pohns (1981), en la cual describen la génesis de la formación de la Isla y la disposición de sus materiales. Del mismo modo se empleará el trabajo titulado Génesis y Mineralogía de los suelos de Isla de Pascua, por Leonel León al 1964.

En el plano en que se vierta la información se diferenciarán los materiales permeables de los impermeables; los rasgos geomorfológicos, como cráteres, acantilados, llanuras, etc., también los aspectos tectónicos, principales sistemas de fallas que puedan afectar a la estructura geológica de la Isla. También se incluirá en dicho documento gráfico, la ubicación de los pozos, norias y vertientes procedentes del catastro.

5.2.3.5 Definición del Embalse Subterráneo

Sobre la base del análisis de los antecedentes disponibles, del catastro de pozos y del levantamiento hidrogeológico, se procederá a definir los límites del embalse subterráneo.

Esta labor tiene por objeto definir el sistema hidrogeológico que será materia de estudio en los puntos posteriores. Se trata de delimitar los bordes del mismo, desde el punto de vista geográfico y al mismo tiempo, identificar los materiales geológicos que son capaces de constituir un embalse subterráneo. Estos materiales deben cumplir con las dos condiciones básicas que constituyan un acuífero, es decir ser capaces de almacenar agua y

transmitirla desde un punto a otro. En el caso particular de la Isla de Pascua, al tratarse de materiales volcánicos la permeabilidad del mismo se produce por dos procesos diferentes a saber: los huecos que quedan en la masa volcánica que se somete a un enfriamiento rápido. Los diaclasas y grietas que se forman por enfriamiento y contracción de cada colada de lava. Estas grietas pueden llegar a tener considerables dimensiones.

El conjunto de ambos factores antes descrito, es el que da origen a la formación de una unidad geológica capaz de comportarse como un embalse subterráneo, cuando estos huecos y grietas se encuentran rellenas con agua.

5.2.3.6 Características Geométricas del Embalse Subterráneo

Se trata en este capítulo de entregar una visión estereométrica del embalse subterráneo, a través de los planos de planta y cortes hidrogeológicos.

Los límites de superficie, son aquellos que se han determinado en el capítulo anterior, los límites de fondo se determinarán mediante la relación de Gyben-Herzberg partiendo del modelo clásico de hidrogeología de una Isla. Para ello se dispone de las cotas del agua en cada punto acuífero de la Isla, lo que permite conocer el espesor de la capa de agua dulce sobre y bajo el nivel medio del mar. Se tendrá en cuenta la amplitud de oscilación de las mareas, factor que produce una zona de difusión en la cual el agua tiene un contenido salino intermedio entre agua dulce y agua de mar. Para esto último se tendrá en cuenta las mediciones de conductividad de las norias más cercanas al mar.

Con todo este material se confeccionará dos planos, cuyo contenido expresa gráficamente las características geométricas del acuífero. El primero corresponde al isoespesor saturado del acuífero, y que representa para cada punto de la Isla, la distancia entre el nivel de saturación y el límite superior de la zona de difusión. El segundo corresponde a varios cortes hidrogeológicos transversales de la Isla, en número no inferior a tres, en los cuales figura, la superficie del terreno, el nivel del mar, la posición del nivel estático y la posición de la interfase. Para estos planos se empleará la información que proporciona la descripción litológica de los sondeos, los que quedarán asimismo representados en los cortes hidrogeológicos.

Con estos documentos gráficos se estima que quedan definidas las características geométricas del acuífero, de acuerdo con los antecedentes disponibles.

5.2.3.7 Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo

Estas se refieren a las propiedades que tiene la formación acuífera, para almacenar y transmitir agua. Aunque el concepto y la metodología de determinación de estos parámetros se ha desarrollado para acuíferos detríticos, también se ha hecho extensivo para los acuíferos rocosos volcánicos y existe amplia experiencia al respecto en el extranjero. Entre estas cabe citar las Islas Canarias en el Océano Atlántico cuya formación geológica es similar y están sujetas a una intensa explotación de agua subterránea.

Los valores de los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento, serán analizados mediante los resultados de las pruebas de bombeo por una parte, pero también por similitud con acuíferos similares existentes en el mundo, algunos de los cuales se encuentran bastante estudiados.

Los valores que así se obtengan serán puntuales, su extrapolación e interpolación tendrán en cuenta la heterogeneidad y anisotropía del material acuífero de que se trata asignando valores más concordantes con la realidad.

5.2.3.8 Características de la Napa Acuífera

Se entiende por ello a las características físicas y químicas del manto acuífero propiamente tal, éstas se refieren a la profundidad del nivel de saturación, la variación temporal de este nivel, el sentido de escurrimiento de las aguas y la calidad química de ellas.

- La profundidad del nivel de saturación se medirá en todos los pozos y norias que se registren en el catastro, estos valores corresponderán a una medida simultánea realizada en un lapso de 15 días, lo que constituirá una fotocopia instantánea, estos valores se colocarán en el plano 1:25.000 con lo cual se trazará el plano de isopiezas asumiendo un valor cercano a cero en la orilla del mar.

- La variación temporal de los niveles será analizada sobre la base de mediciones realizadas en la época de construcción año 1964, y de los registros parciales que se tienen en diversas épocas, al que se añadirá la medición simultánea realizada en el curso del presente estudio.

- El sentido de escurrimiento del agua subterránea, será analizado sobre la base del plano de isopiezas, al cual se superpondrá un esquema de las líneas de flujo. Esto permitirá conocer las áreas de circulación preferencial y precisar los elementos de recarga y descarga. Del mismo modo dará una visión sobre la variación.

- La calidad química del agua subterránea será estudiada sobre la base de los antecedentes que existen en nuestro poder, que datan desde 1965 a 1968; otros en el año 1978 y otros entre los años 67 y 78. En total se cuentan con 30 análisis químicos completos de diferentes pozos en la Isla, más un total de 15 mediciones de conductividad eléctrica. A parte de las mediciones sistemáticas que se describieron en el punto 5.2.1.

A parte de ello, se medirá la conductividad eléctrica en todos los pozos, norias y vertientes correspondientes al catastro que se ofrece, como además se hará un análisis químico de aniones y cationes al agua de lluvia y agua de mar, con el objeto de tenerlos como elementos de referencia.

Con todo lo anterior se procederá a efectuar una caracterización de la calidad química del agua subterránea en la Isla. Esto se representará por medio de diagramas de Stiff en un plano 1:25.000, a parte de las tablas de datos correspondientes.

Después de ello se efectuará un análisis del contenido de iones predominantes y una comparación con las aguas lluvia y de mar, lo que servirá para estudiar el tema de las mezclas de agua y la relación acuífero-mar.

Finalmente se entregarán conclusiones sobre el origen del contenido de iones y las recomendaciones que sobre mediciones y controles periódicos deban realizarse. Se elegirá además un elemento traza para estudiar las relaciones agua dulce-agua de mar, elemento al que se le propondrá un seguimiento más estricto.

5.2.3.9 Relación Acuífero-Mar

Este capítulo se refiere al análisis detallado de una de las condiciones de borde del acuífero, a saber el mar.

En primer lugar se hará un análisis de la posición de la interfase en que se tenga en cuenta tanto:

- La relación de Gyben Herzberg
- Los registros de los pozos perforados
- La influencia de las mareas
- La influencia de las precipitaciones

La relación de Gyben Herzberg, se basa en las diferencias de densidades del agua dulce con respecto al agua de mar y llega a determinar la posición más probable de la cuña de agua salobre, hacia tierra adentro. Ultimamente se ha trabajado en algunas correcciones de la fórmula por efectos dinámicos, llegando a un espesor mayor de agua dulce y en consecuencia un hundimiento de la cuña de agua salobre.

Los registros de los pozos perforados y la calidad química de las norias, entregan indicación sobre la posición del agua salada en los diferentes puntos de la Isla.

Existen en nuestro poder, experiencias realizadas en que se ha medido, sistemáticamente el nivel de las mareas y el nivel del agua en los pozos, con lo cual se puede analizar la influencia de lo primero en dos segundos.

También se dispone de información, en nuestro poder relativo a la variación del nivel estático en relación con las precipitaciones.

Todo esto será un material de apoyo y un elemento de contraste, para el análisis de la relación acuífero-mar.

La definición más precisa de la interfase, como su variación en relación con las mareas y las precipitaciones tienen una incidencia determinante en las depresiones máximas admisibles en los sondeos, y por lo tanto en el proyecto del sondeo tipo que más adelante deberá especificarse.

El desarrollo de este capítulo incluye los esquemas de funcionamiento, en forma gráfica, el análisis de los datos disponibles para tal efecto; los cálculos teóricos involucrados y los resultados que se obtengan. Así como las conclusiones a que se llegue.

5.2.3.10 Funcionamiento Hidráulico del Sistema

Se refiere a la Ingeniería conceptual del fenómeno de la existencia y ocurrencia del agua subterránea en la Isla. La correcta concepción de éste funcionamiento, es esencial para el buen desarrollo del recurso.

En este capítulo se describe en forma cualitativa todas y cada una de las entradas y salidas de agua al sistema. Esto desde el punto de vista espacial y temporal. Otro aspecto que será abordado se refiere a la inercia del sistema para responder frente a las diferentes excitaciones externas, lo que es condicionante para el desarrollo del recurso agua subterránea en un acuífero rocoso dentro de una Isla.

Las entradas, se producen por infiltración directa de la lluvia y por infiltración de eventuales escorrentías en determinados sectores de la Isla. De acuerdo con el estudio de precipitaciones se determinará la forma de ocurrencia de este fenómeno, tanto en su distribución geográfica como en el tiempo en que transcurre. Además se producen por infiltración desde la red de Agua Potable. Las salidas se producen por descargas subterráneas al mar, descargas superficiales en la orilla del mar y por descargas puntuales mediante la extracción por bombeo. Cada uno de estos temas será abordado de acuerdo con los antecedentes de que se disponen, como de los que se generarán durante la realización del estudio que se ofrece. En particular los antecedentes sobre volúmenes mensuales bombeados descritos en el punto 5.2.1.

5.2.3.11 Balance Cuantitativo del Funcionamiento

Se refiere al intento de cuantificación de las entradas y salidas de agua al sistema.

Dentro del primer tema, se tratará las precipitaciones, partiendo del estudio realizado, cuya descripción se encuentra en el punto 5.2.3.2, se determinará en forma cuantitativa la infiltración y percolación profunda. Dado

que en la práctica no existen cursos de agua permanentes en la Isla, se infiere que la precipitación tiene dos destinos, a saber, la evaporación y evapotranspiración por una parte y la infiltración y percolación por otra. La evaporación y evapotranspiración tienen lugar desde el suelo desnudo y desde la capa vegetal y/o con suelo el agua de lluvia es retenida por el sistema agua suelo, de ella una parte infiltra y la otra se evapora. Para su determinación se tendrá en cuenta la cubierta vegetal de la Isla y los valores de viento, temperatura y radiación que inciden sobre la evapotranspiración. Además se cuantificarán las infiltraciones desde el sistema de Agua Potable, de acuerdo a los datos del punto 5.2.1.

Dentro del segundo aspecto, se analizará en primer lugar las extracciones artificiales, de las cuales nuestra empresa cuenta con un registro a nivel mensual desde hace casi diez años. En segundo lugar se cuantificará las salidas al mar, aspecto relativamente difícil, pero que se intentará sobre la base de las manifestaciones de estas salidas en el catastro ya descrito y en fórmulas adecuadas al fenómeno, de acuerdo con el análisis de la relación acuifero-mar anteriormente dicho.

5.2.3.12 Modelo Hidrogeológico

El modelo hidrogeológico tiene por objeto representar en forma matemática, la realidad física del embalse subterráneo y su funcionamiento, de manera que constituya una herramienta de fácil manejo y que sea capaz de prever las respuestas del acuifero para diferentes condiciones de explotación y naturales hidrológicas.

El embalse subterráneo de la Isla de Pascua es particularmente sensible al proceso de salinización de sus aguas mediante el proceso de intrusión marina. De allí que su explotación debe programarse sobre la base del conocimiento previo del funcionamiento del embalse y de las condiciones que deben cumplirse para evitar el riesgo de intrusión. Es en este aspecto, donde radica la mayor utilidad de un modelo matemático de simulación del embalse subterráneo de la Isla de Pascua.

Ahora bien, la bondad de un modelo hidrogeológico, radica en la precisión que se obtenga durante los procesos de calibración y validación, como también en los análisis de sensibilidad que de éste se haga. La calibración y

validación dependen a su vez de la longitud y calidad de los valores físicos de contraste que se empleen. En la actualidad no hay un programa sistemático de medición de niveles, conductividades, precipitaciones u otros parámetros que se requieren para su más adecuada calibración.

No obstante, lo mencionado anteriormente, es posible construir un modelo de simulación con los antecedentes que se poseerán al final del estudio hidrogeológico que aquí se ofrece. Dicho modelo en consecuencia será impreciso para predecir los efectos de una explotación y no servirá para aconsejar sobre los sitios de ubicación y características constructivas y de explotación más adecuada de los sondeos.

Todo ello en tanto, no se cuente con al menos un año de mediciones sistemáticas hidrológicas e hidrogeológicas en la Isla. Después de dicho período se podrá volver a calibrar el modelo y en consecuencia disponer de una herramienta más útil.

Hechas las anteriores aclaraciones, se pasa a detallar la metodología del trabajo a realizar en la construcción de un modelo.

- Los aspectos a considerar son los siguientes;

- Condiciones de Borde
- Discretización espacial y temporal
- Datos de entrada
- Elementos físicos de contraste
- Procesos de calibración
- Programa de mediciones futuras

- Las Condiciones de Borde, se fijan al principio y establecen las relaciones del sistema hidrogeológico con el medio que lo rodea. En particular en el caso de la Isla, intervendrán el mar, los volcanes, y aquellos sectores que por sus características resulten ser impermeables.

- Discretización Espacial y Temporal

Ello corresponde a una división física en celdas para tratar de adaptarse a las variaciones espacial de las características físicas y de funcionamiento del embalse subterráneo. La discretización temporal establece el lapso en el cual se le exigirá al modelo que entregue los datos de salida y de ello dependen a su vez los pasos de cálculo que el programa debe hacer. En principio se estima como suficiente una escala mensual de tiempos, aunque no se descarta que a la luz del análisis de los antecedentes hidrológicos y del estudio hidrogeológico, se debe recurrir a una escala de simulación quincenal.

- Los Datos de Entrada, corresponden al estado inicial de las variables que intervienen en el proceso de simulación, como también a las características físicas del embalse subterráneo a modelar. El detalle de estos datos es el siguiente.

- Cota de terreno para cada malla (Valor medio)
 - Cota del nivel piezométrico en el mes de inicio (valor medio).
 - Condición de borde permeable, impermeable, o bien nivel fijo en caso de nivel medio del mar para mallas costeras.
 - Valores de Transmisibilidad para cada malla.
 - Valores de Coeficiente de Almacenamiento
 - Valores de Infiltración por lluvia por cada mes y cada malla.
 - Valores de Infiltración en la red de Agua Potable.
- Elementos Físicos de Contraste, estos se refieren a mediciones históricas y/o situaciones de borde que sirven de elemento de comparación y contraste durante el proceso de ajuste. El modelo se calibra por medio de aproximaciones sucesivas, de modo que al final la respuesta del modelo sea lo más similar posible a la respuesta física del embalse reflejada en sus mediciones. Los elementos de contraste que se emplearán son los siguientes.

- Mallas con vertientes, las que deben coincidir con la posición real de éstas.
 - Variaciones del nivel piezométrico
 - Balance de entradas y salidas
- Proceso de Calibración

Durante el proceso de ajuste se varían los valores de los parámetros hidrogeológicos, dentro de los límites permitidos por el conocimiento que se tiene del embalse subterráneo. Eventualmente se deben retocar las condiciones de borde cuando así lo demuestre el análisis de las salidas del modelo. En el caso particular de la Isla, al no contarse con un registro histórico de los elementos de contraste, el modelo se calibrará relativamente rápido, haciendo coincidir las mallas con vertientes y el Balance del Sistema, de esa manera se dejará operando el modelo, de modo de poder recalibrarse cuando se tengan más datos de mediciones y poder ser empleado como elementos de predicción y para programar el manejo de embalse subterráneo.

- Programa de Mediciones Futuras

De acuerdo con el conocimiento que se adquiriera en el presente trabajo tanto en la parte del estudio hidrogeológico, como en la construcción del modelo, se propondrá un programa de mediciones futuras, éstas se refieren a:

- Controles piezométricos en pozos y norias
- Control de conductividad en pozos y norias
- Control de conductividad en vertientes localizadas a la orilla del mar.
- Perforación de algún sondeo de reconocimiento hidrogeológico.
- Programa de campaña de geofísica, si ha lugar.

5.2.3.13 Empleo del Agua Subterránea

De acuerdo con el conocimiento hidrogeológico adquirido en el estudio hidrogeológico y en el modelo, se establecerá como conclusiones el modo más idóneo de extraer mayores caudales de agua subterránea, en la Isla, que los actuales.

En primer lugar se determinarán las áreas más promisorias para la obtención de agua subterránea tanto en cantidad como en calidad.

En cada una de estas áreas se diseñará un pozo, el que representará las características medias del lugar. Se especificará el rango de caudales esperados, la calidad del agua a obtener, la profundidad del pozo y los niveles estáticos y dinámicos probables para cada caudal dentro del rango establecido.

Para cada pozo tipo se indicarán sus características constructivas, tanto en sus diámetros de perforación y habilitación, como también la forma de efectuar la perforación, las precauciones que se deben tomar para evitar desviaciones del pozo y los registros sobre materiales, nivel del agua, avance y ensayos de verticalidad que deban considerarse.

Del mismo modo se establecerá la calidad química esperada de sus aguas, basado en la conductividad eléctrica de éstas y en la posición del límite superior de la interfase.

Se indicará asimismo la modalidad de explotación en lo que se refiere al equipamiento necesario para la extracción del agua y los equipos de guardaniveles que se deban emplear para evitar riesgos de salinización. Todo ello referido a cada pozo tipo en particular.

5.2.3.14 Criterios de Explotación

Este aspecto se refiere a las normas que se deben aplicar a la explotación de aguas subterráneas en la Isla, considerando el embalse subterráneo como un conjunto. Bajo éste tema se señalarán para toda la Isla, las zonas alto riesgo de intrusión marina, riesgo mediano y bajo riesgo.

Por otra parte se definirá un criterio de explotación programada, ello significa que se fijarán las pautas de incremento de extracción en el tiempo, simultáneamente se llevará un control de niveles, caudales extraídos y variaciones en los valores de conductividad. Del análisis de la evolución de estos valores se irá ajustando el programa de explotación, por medio de aproximaciones sucesivas. En cada caso se empleará el modelo hidrogeológico, de modo de prever la respuesta del acuífero en el futuro.

Dado que éste estudio, se efectúa para realizar un programa de regadío en la Isla, se entiende que ello se desarrollará en el tiempo con lo cual se puede ir a un aumento paulatino de las extracciones.

El sistema de vigilancia y control, se definirá en el estudio y consiste en un sistema de mediciones de niveles estáticos y dinámicos, volúmenes extraídos, situación de vertientes y caudales cuando se pueda medir. Como asimismo de las variables meteorológicas.

Los puntos de medida, su frecuencia y forma de registro y análisis periódico, serán definidos al final del estudio y de acuerdo con el resultado del mismo.

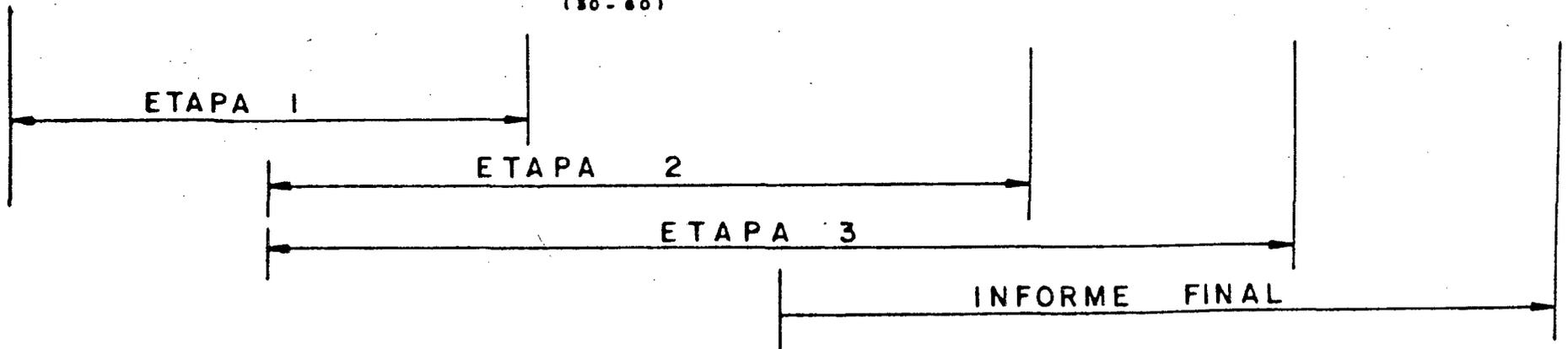
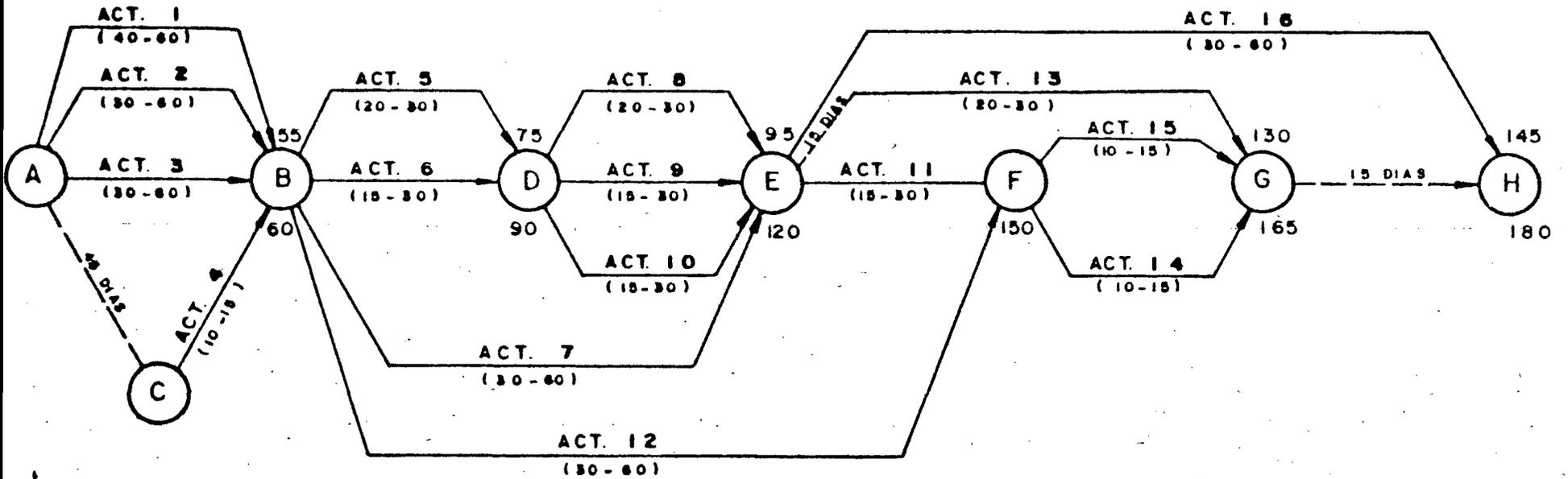
ESTUDIO DEL REGADIO DE ISLA DE PASCUA
I ETAPA : ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

5.2.4.- PROGRAMA DE TRABAJO - CARTA GANTT

MAYO - 88

N°	ACTIVIDAD	TIEMPO (Mes)					
		1	2	3	4	5	6
	ETAPA 1						
1	PRECIPITACION	■	■				
2	CATASTRO DE POZOS , NORIAS Y VERTIENTES .	■	■				
3	LEVANTAMIENTO HIDROGEOLOGICO.	■	■				
4	DEFINICION EMBALSE SUBTERRANEOS.		■				
5	INFORME ETAPA 1			■	■		
	ETAPA 2						
6	CARACTERISTICAS GEOM. EMBALSE SUBTERRANEO.			■	■		
7	CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS .			■	■	■	
8	RELACION ACUIFERO - MAR				■	■	
9	FUNCIONAMIENTO HIDRAU- LICO DEL EMBALSE .				■	■	
10	BALANCE				■	■	
11	INFORME ETAPA 2					■	■
	ETAPA 3						
12	CONSTRUCCION DE UN MO- DELO HIDROGEOLOGICO .			■	■	■	■
13	POSIBILIDADES DE EMPLEO Y MODALIDAD DE EXPLOTACION .					■	■
14	CRITERIOS DE EXPLOTACION						■
15	INFORME ETAPA 3						■
16	INFORME FINAL DEL ESTUDIO .					■	■

5.2.4.- C.P.M. DE PROGRAMA DE ACTIVIDADES (EN DIAS)



5.2.5 CALENDARIO DE ENTREGA DE INFORMES DE ACTIVIDADES TERMINADAS

INFORME ETAPA 1 - NODO D DEL CPM - FIN DEL 3^{er} MES

INFORME ETAPA 2 - NODO F DEL CPM - FIN DEL 5^o MES

INFORME ETAPA 3 - NODO G DEL CPM - DIA 15 DEL 6^o MES

INFORME FINAL - NODO H DEL CPM - FIN DEL 6^o MES

El informe final, que contendrá los temas especificados en el punto 5.2.2, se entregará en 50 ejemplares. La edición será en cuanto a su papel en fotocopia ordinaria simple, los anexos en tablas en el mismo papel, los planos en copias OZALID normales. La tapa será en cartulina con los títulos correspondientes. Las hojas irán unidas entre sí y con las tapas en corchete grande adecuado al grosor del informe.

ESTUDIO DEL REGADIO DE ISLA DE PASCUA - ETAPA I : ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

5.2.6. CUADRO DE NOMINA DEL PERSONAL

(Distribucion por etapas)

NOMBRE PROFESIONAL	CATEGORIA	UNIDAD	TIEMPO EN HORAS - ETAPA			TOTAL HORAS UNIDAD	TOTAL HORAS
			ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3		
Fernando Alamos C.	ING. A	Jefe de Proyecto	480	320	160	960	960
Fernando Peralta T.	ING. A	Estudios Terreno	180	0	0	180	420
		Hidrogeología	0	160	0	160	
		Posib. Explotación	0	0	80	80	
Gerardo Díaz D.	ING. A	Estudios Terreno	140	0	0	140	140
Pablo Jaramillo P.	ING. B	Hidrología	130	0	0	130	380
		Hidrogeología	0	50	0	50	
		Modelación Hidrog.	50	90	60	200	
Fernando Alamos S.	ING. C	Hidrogeología	100	60	0	160	420
		Modelación Hidrog.	80	60	0	140	
		Posib. Explotación	0	60	60	120	
Freddy Estaño A.	Tecnico	Estudios Terreno	280	0	0	280	380
		Modelación Hidrog.	100	0	0	100	
TOTAL			1540	800	360	2700	2700

ESTUDIO DEL REGADIO DE ISLA DE PASCUA - ETAPA I : ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

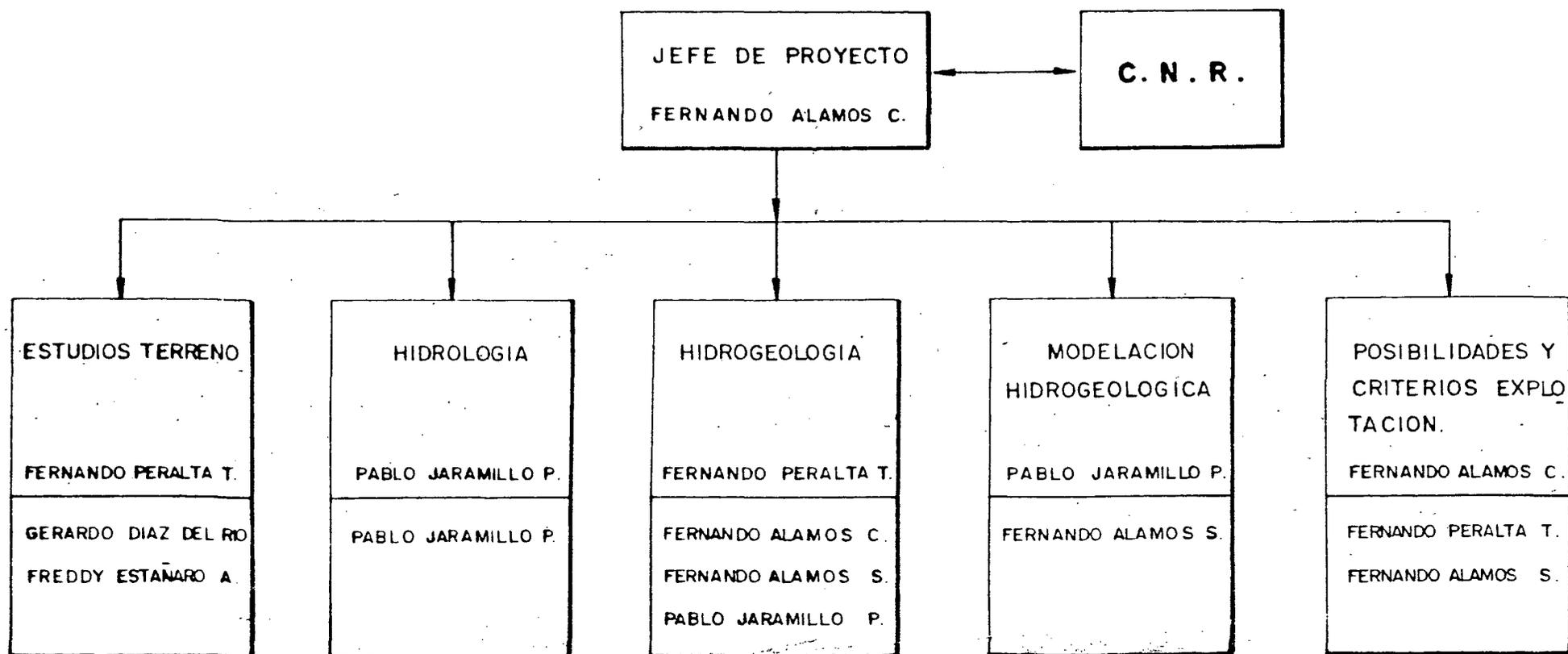
5.2.6. CUADRO DE NOMINA DEL PERSONAL

(Distribución Semanal)

NOMBRE PROFESIONAL	CATEGORIA	UNIDAD	TIEMPO EN HORAS - SEMANA																								TOTAL HORAS UNIDAD	TOTAL HORAS	MINIMO HORAS SEMANALES (TRABAJADAS)
			Semanas																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Fernando Alamos C.	ING. A	Jefe de Proyecto	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	960	960	40	
Fernando Peralta T.	ING. A	Estudios Terreno	10	10	15	15	20	20	20	20	15	15	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	420	10	
		Hidrogeología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0	160			
		Posib. Explotación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20			80
Gerardo Diaz D.	ING. A	Estudios Terreno	20	20	20	20	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	140	15		
Pablo Jaramillo P.	ING. B	Hidrología	20	20	20	20	15	15	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	380	10		
		Hidrogeología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0			50	
		Modelación Hidrog.	0	0	0	0	0	0	0	10	10	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15			200	
Fernando Alamos S.	ING. C	Hidrogeología	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	160	420	15	
		Modelación Hidrog.	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	140			
		Posib. Explotación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15	15	120			
Freddy Estabero A.	Tecnico	Estudios Terreno	45	45	45	45	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	380	25		
		Modelación Hidrog.	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			180	
TOTAL			135	135	140	140	115	115	110	110	135	135	135	135	115	120	115	110	85	85	85	85	90	90	90	90	2700	2700	

ESTUDIO DEL REGADIO DE ISLA DE PASCUA
I ETAPA : ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

5.2.7.- ESQUEMA ORGANIZATIVO PARA EFECTUAR EL ESTUDIO



COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA
SANTIAGO - CHILE

ANEXO 4

ACTA DE NEGOCIACION DE PROPUESTA
CON ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
PARA EL ESTUDIO INTEGRAL DEL REGADIO DE ISLA DE PASCUA,
I ETAPA: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

En Santiago de Chile, a 30 de Junio de 1988, en la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego, en adelante la Comisión, por quien comparecen los señores Marcial González S., Lucía Lizana S. y Alfonso Ugarte S., se realiza la negociación de la propuesta con la firma Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda., en adelante el Consultor, representada por el Sr. Fernando Alamos C.

Se adoptaron los siguientes acuerdos:

1. Se estudiará las precipitaciones máximas en 24, 48, 72, 96 y 120 horas, de acuerdo a lo señalado en las bases del concurso y según la metodología presentada en la propuesta.
2. Las curvas IDF se estudiarán con los antecedentes disponibles en la Dirección Meteorológica. Se empleará la información pluviográfica disponible, que comienza en 1983. Por ser este período muy corto, se hará un análisis basado en las precipitaciones máximas en 24 horas. Se empleará toda la estadística que se encuentre registrada y utilizable, hasta el 30 de Abril de 1988.
3. Las curvas IDF se desarrollarán para duraciones variables entre 5 y 120 minutos. En el caso de requerirse extenderlas, se hará el estudio para 240 minutos.
4. Con respecto al punto 5.2.3.2 de la propuesta se acuerda lo siguiente:

b) Determinación de Valores Medios Mensuales para Diferentes Probabilidades de Excedencia

Una vez que se disponga de la estadística de precipitaciones mensuales, según lo indicado en el punto anterior, se determinará las curvas de Variación Estacional o, dicho de otra manera, los valores medios mensuales de la precipitación para diferentes probabilidades de excedencia. Esto se hará ajustando una función de distribución de probabilidades a la serie de datos históricos. Para ello se calculará primeramente las probabilidades de excedencia observadas mediante fórmulas apropiadas como Hazen, California o Weibull. Luego se estudiará el ajuste de alguna función de distribución, para lo cual se probará el ajuste de una distribución normal, una log-normal y una Gumbell. El mejor ajuste se evaluará a través del test χ^2 (chi-cuadrado).

c) Precipitaciones Máximas en 24, 48, 72, 96 y 120 horas

Mediante los antecedentes recopilados de precipitaciones diarias, se hará un análisis de precipitaciones máximas en 24, 48, 72, 96 y 120 horas, determinando probabilidades de excedencia y períodos de retorno. Al igual que en el caso anterior esta labor se hará a través del ajuste de una función de distribución. En este caso se ajustará una función de eventos extremos para lo cual se estudiará el mejor ajuste entre las distribuciones Gumbel, Gamma 2, Gamma 3, Normal, Log-Normal y Log Pearson III. La calidad del ajuste se evaluará mediante el test X^2 (chi-cuadrado).

5. Se hará un inventario de todos los puntos de agua en la isla.
6. Las vertientes continentales se aforarán, midiéndose caudales, temperaturas y Conductancia Específica (C.E.).
7. Si es posible obtener un financiamiento específico adicional para este Estudio:

a) Se efectuarán pruebas de bombeo en hasta 4 pozos que se encuentren habilitados, midiéndose caudales y depresiones, temperatura y C.E. Además se extraerá una muestra de agua en cada pozo para su posterior análisis de Laboratorio.

La duración de la prueba se extenderá hasta lograr estabilización del N.D., con un máximo de 24 horas.

b) Se hará análisis físico-químico de aguas extraídas por bombeo, en un máximo de 4 muestras. Se analizarán elementos mayores tales como: pH; CE; Dureza; TSD; Cloruros; Bicarbonatos; Sodio; Potasio; Calcio; Fosfatos; Sulfatos y Magnesio.

Los costos en que eventualmente se incurra para desarrollar los puntos a) y b) se cancelarán mediante Estados de Pago adicionales a los previstos en el punto 13. siguiente los que serán definidos en una nueva Acta de Negociación.

8. Entre las recargas del Balance Hidrológico se considerarán las provenientes de las aguas servidas de la Isla.
9. A solicitud de la Comisión Nacional de Riego se modifica la proposición del Consultor en lo referente a la edición del Informe Final ofrecida la que deberá ser en papel fotocopia de buena calidad, con portada envolvente en cartulina couché con los títulos correspondientes. Las copias de planos serán en ozalid línea negra.
10. Se acuerda reemplazar los párrafos 2° y 3° en la página 26 de la Propuesta Técnica por el siguiente:

"La calidad de un modelo queda definido por el conocimiento y control que se tenga del sistema físico a modelar. En este caso la información existente permitirá implementar un modelo que entregará una representación básica del acuífero. Con él podrá entonces programarse en forma más precisa las futuras etapas de exploración y control del recurso de manera de poder afinar la capacidad predictiva del modelo".

11. El modelo de Simulación Hidrogeológica está programado para ser operado con un lenguaje FORTRAN MICROSOFT, comprometiéndose el Consultor a incorporarlo al computador HP-150 de la Comisión y dejarlo operable.
12. Formando parte de la entrega final del estudio, se incluirá, como anexo, un manual detallado de operación del modelo.
13. Se acuerdan los siguientes plazos para las actividades del Estudio que a continuación se detallan:
 - a) Presentación de informes de actividades terminadas: Las ofrecidas en el punto 5.2.5 de la Propuesta Técnica del Consultor.
 - b) Revisión de los informes de actividades terminadas: La Comisión revisará los informes de actividades terminadas en un plazo de 30 días a contar de la fecha de su ingreso a la oficina de partes de la Comisión.

Las correcciones que hiciere la Comisión deberán ser introducidas en la presentación del borrador de Informe Final.
 - c) Presentación del borrador de Informe Final: Deberá ser presentado a fines del mes 6.
 - d) Revisión del borrador de Informe Final: La Comisión revisará el borrador de Informe Final en un plazo de 30 días, a contar de la fecha de su ingreso a la oficina de partes de la Comisión.
 - e) Correcciones y/o modificaciones al borrador de Informe Final: El Consultor dispondrá de 30 días para efectuar dichas correcciones y/o modificaciones, a partir del día que la Comisión se las comunique por escrito.
 - f) Presentación del Informe Final impreso: Una vez aprobado el borrador de Informe Final del estudio por la Comisión, el Consultor dispondrá de 30 días para imprimirlo.
14. La Comisión y el Consultor acuerdan el siguiente calendario de pagos:

Estado de Pago	Fecha	VALORES EN (U.F.)				
		Total	Anticipo	Monto Bruto	10% Retención	Monto Neto
Nº 1 (Anticipo)	Inicio del contrato	---	420	420	42	378
Nº 2 (Informe 1)	Fines del mes 3	715	- 140	575	57,5	517,5
Nº 3 (Informe 2)	Fines del mes 5	285	- 140	145	14,5	130,5
Nº 4 (Presentación borrador informe final)	Fines del mes 6	260	- 140	120	12,0	108,0
Nº 5 Devoluc. Retenciones	(a)	---	---	---	---	126
Nº 6 Final	(b)	143,16	---	143,16	---	143,16
		1.403,16		1.403,16	126,0	1.403,16

(a) Contra aprobación del borrador de informe final

(b) Contra aprobación del informe final impreso

15. El consultor deberá rendir tres Boletas de Garantía Bancarias que respondan a la correcta y oportuna inversión del Anticipo por la suma de U.F. 140 cada una, las que deberán tener vigencia hasta fines de los meses 3, 5 y 6 del Contrato, respectivamente.

16. Se aplicarán las siguientes multas a la firma consultora, de acuerdo a lo establecido en el numeral 6.2.2.12. punto a.3) de las Bases Administrativas, en los casos que a continuación se indican:

a) Existencia de observaciones al borrador del informe final, sean ellas de fondo o de forma, si estas últimas se deben, a juicio de la Comisión, a negligencia del contratista.

En este caso se otorgará a la firma Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. un plazo de 15 días para proceder a las correcciones, pero ésta incurrirá en una multa por atraso en el cumplimiento del

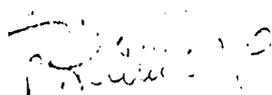
contrato, equivalente a 2 U.F. diarias desde la fecha en que la Comisión le notificó sus primeras observaciones, hasta la entrega de las correcciones solicitadas o la resolución del contrato según procediera.

No se considerarán observaciones que den origen a la aplicación de multas, aquéllas que provengan de consultas, sugerencias o indicaciones de carácter técnico o económico que formule la Comisión la que al hacerlas deberá calificar si se les aplica esta norma de excepción.

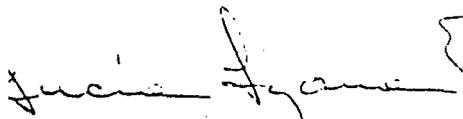
- b) Incumplimiento de las correcciones y/o modificaciones que procedan a los borradores señalados, que no revistan los caracteres de las observaciones señaladas en la letra anterior, dentro del plazo de 30 días desde que aquéllas se le comuniquen por escrito a la firma. En este caso, la firma Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda. incurrirá en multa por el atraso equivalente a 2 U.F. diarias, correspondiente a todo el lapso que mediere entre el vencimiento del plazo adicional antes señalado y la entrega fuera de plazo de las correcciones solicitadas o la fecha de la resolución del contrato, si en definitiva no efectuare dichas correcciones.

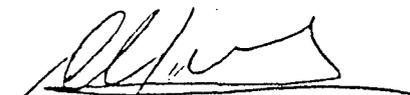
En los casos a) y b), la fecha que se considerará para la reducción a pesos de las U.F. será la correspondiente a la recepción efectiva por la Comisión del informe corregido o a la resolución del contrato según procediera.

PARA CONSTANCIA FIRMAN:


FERNANDO ALAMOS C.
INGENIERO CONSULTOR
INGENIEROS CONSULTORES LTDA.


MARCIAL GONZALEZ S.


LUCIA LIZANA S.


ALFONSO UGARTE S.