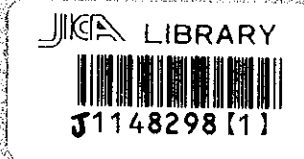


INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO
REPUBLICA DEL PERU

**INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO
PARA
EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE AGUAS
SUBTERRANEAS
DEL ALTIPLANO VIZCACHAS
EN
LA REPUBLICA DEL PERU**

ENERO DE 1999



AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

NIPPON KOEI S.A. TOKYO, JAPON

G R O
99-012

INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO PARA EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE AGUAS

NUMERO 001

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

LIBRARY

**INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO
REPUBLICA DEL PERU**

**INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO
PARA
EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE AGUAS
SUBTERRANEAS
DEL ALTIPLANO VIZCACHAS
EN
LA REPUBLICA DEL PERU**

ENERO DE 1999

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON
NIPPON KOEI S.A. TOKYO, JAPON**



1148298 [1]

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República del Perú, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto de Explotación de Aguas Subterráneas del Altiplano Vizcachas y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió al Perú una misión de estudio desde el 30 de agosto hasta el 27 de septiembre de 1998.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionados del Gobierno del Perú y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos. Luego se envió otra misión al Perú con el propósito de discutir el borrador del diseño básico y completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República del Perú, por su estrecha cooperación brindada a las misiones.

Enero de 1999



Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Enero de 1999

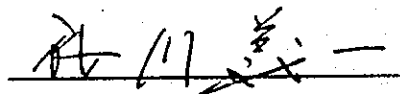
ACTA DE ENTREGA

Tenemos el placer de presentarle el Informe del Estudio de Diseño Básico sobre el Proyecto de Explotación de Aguas Subterráneas del Altiplano Vizcachas en la República del Perú.

Bajo el contrato firmado con JICA. Nippon Koei Co., Ltd., hemos llevado a cabo el presente Estudio desde el 10 de agosto de 1998 hasta el 29 de enero de 1999. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del proyecto en plena consideración a la situación actual del Perú, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

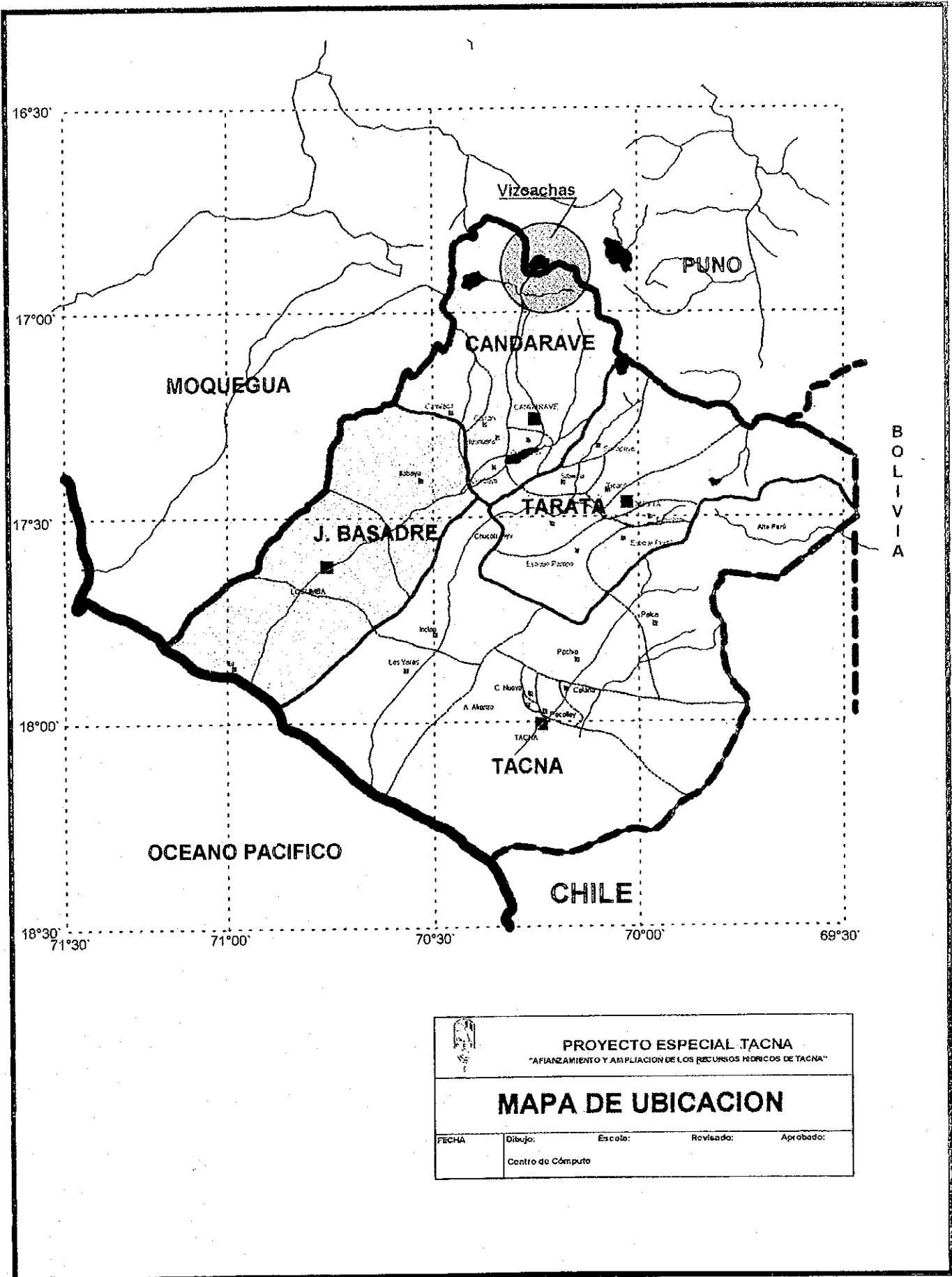
Esperamos que este Informe sea de utilidad en el desarrollo del Proyecto.


Muy atentamente,



Yoshikazu Sunagawa
Jefe de Equipo de Ingenieros
Misión de Estudio de Diseño Básico
sobre el Proyecto de Explotación de
Aguas Subterráneas del Altiplano
Vizcachas

Nippon Koei Co., Ltd.



	PROYECTO ESPECIAL TACNA "AFIANZAMIENTO Y AMPLIACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE TACNA"			
	MAPA DE UBICACION			
FECHA	Dibujo:	Escoto:	Revisado:	Aprobado:
	Centro de Cómputo			

ABREVIATURAS

Organismos

ANSI	:	Instituto Nacional Norteamericano de Estándares
EGASA	:	Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa
EGEMSA	:	Empresa de Generación Eléctrica de Machupicchu
EGESUR	:	Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A.
IEC	:	Comisión Electrotécnica Internacional
INADE	:	Instituto Nacional de Desarrollo
IMF	:	Fondo Monetario Internacional
IPEN	:	Instituto Peruano de Energía Nuclear
ISO	:	Organización Internacional para la estandarización
JEC	:	Comité Japonés de Normas Electrotécnicas
JEM	:	Normas de la Asociación de Fabricantes Eléctricos de Japón
JICA	:	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
JIS	:	Normas Industriales de Japón
MIME	:	Ministerio de Industrias, Minas y Energía
NK	:	Nippon Koei Company Limited
PET	:	Proyecto Especial Tacna
WB	:	Banco Mundial

Términos Especializados

CT	:	Transformador de corriente
DL	:	Línea de distribución
FY	:	Año Fiscal
IPP	:	Productor Independiente de Energía Eléctrica
LDC	:	Centro de despacho de carga
LV	:	Tensión baja
MV	:	Tensión media
HV	:	Tensión alta
O&M	:	Operación y mantenimiento
OH	:	Elevado sobre la superficie
PS	:	Central Eléctrica
SC	:	Capacitor estático
SS	:	Subestación
TL	:	Línea de transmisión

Unidades

mm	:	milímetro= 10^{-3} m
cm	:	centímetro= 10^{-2} m
m	:	metro
km	:	kilómetro= 10^3 m
mm ²	:	milímetro cuadrado
cm ²	:	centímetro cuadrado
m ²	:	metro cuadrado
km ²	:	kilómetro cuadrado
m ³	:	metro cúbico
km/hr	:	kilómetro por hora
kg	:	kilogramo
kg/cm	:	kilogramo por metro cuadrado
t	:	tonelada métrica
°C	:	grado centígrado
A	:	amperios
kA	:	kiloamperio
V	:	voltio
kV	:	kilovoltios
kW	:	kilovatio
MW	:	megavatio = 10^3 kW
GW	:	gigavatio = 10^3 MW
kVA	:	kilo voltioamperio
MVA	:	mega voltioamperio = 10^3 kVA
GVA	:	giga voltioamperio = 10^3 MVA
kVAR	:	kilovar
kWh	:	kilovatio hora
MWh	:	megavatio hora = 10^3 kWh
GWh	:	gigavatio hora = 10^3 MWh
W/m ²	:	vatio por metro cuadrado
Hz	:	hertz; ciclos por segundo
US \$:	dólar norteamericano
Soles	:	soles

CONTENIDO

	Carta de comunicación	
	Plano de ubicación/Fotos	
	Abreviaturas	
1	ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD	
1-1	Contenido de la solicitud.....	1-1
1-2	Resumen del área donde se desarrollará el proyecto	1-1
2	CONTENIDO DEL PROYECTO	
2-1	Objetivos del Proyecto.....	2-1
2-2	Estructura Básica del Proyecto	2-1
2-2-1	Balance hídrico	2-1
2-2-2	Volumen explotable.....	2-2
2-2-3	Resumen del Proyecto.....	2-3
2-3	Diseño Básico	2-8
2-3-1	Lineamientos del Diseño.....	2-8
2-3-2	Plan de Básico.....	2-13
2-4	Ejecución del Proyecto.....	2-53
2-4-1	Estructura Institucional	2-53
2-4-2	Presupuesto.....	2-54
2-4-3	Nivel técnico, personal	2-55
3	PLANEAMIENTO DEL PROYECTO	
3-1	Plan de Ejecución.....	3-1
3-1-1	Lineamientos de la ejecución.....	3-1
3-1-2	Puntos a observar en la ejecución	3-2
3-1-3	División de las obras	3-3
3-1-4	Plan de supervisión de la ejecución	3-3
3-1-5	Plan de adquisición de equipos y materiales.....	3-6
3-1-6	Etapas de ejecución.....	3-6
3-2	Costo estimado de ejecución del proyecto	3-8
3-2-1	Costo estimado de ejecución del proyecto	3-8
3-2-2	Costos de mantenimiento de la operación y control	3-8

4	VALORACION Y SUGERENCIAS SOBRE EL PROYECTO	
4-1	Pruebas e inspección con respecto a la pertinencia del proyecto y sus beneficios.....	4-1
4-2	Concierto con otros donantes de cooperación financiera o técnica.....	4-2
4-3	Problemas.....	4-3
Graf. 2-1	Prevision de Agua del Lago la Variacion Nivelad (Variacion de Perdidas de Agua Subterranea).....	2-4
Graf. 2-2	Contorno de Dedios Electricos	2-7
Graf. 2-3	Arregle de Pozos y Canals en la Zona de Vizcachas.....	2-16
Graf. 2-4	Arregle de Equipo de Estacion de la Bamba	2-29
Graf. 2-5	Ruta de Linea de la Transmision.....	2-33
Graf. 2-6	Esquema Unifilar del Sistema Electrico del Sur.....	2-39
Graf. 2-7	Instituto Nacional de Desarrollo Organigrama Estructural	2-50
Graf. 2-8	Organgrama Estructural del Proyecto Especial Tacna Resolucion Ministerial 209-95-PRES	2-52
Graf. 2-9	Organizacion de ejecucion de Proyecto de Vizcachas.....	2-56
Graf. 3-1	Etapas de Ejecución.....	3-7
Tabla 2-1	Tensión de uso.....	2-8
Tabla 2-2	Condiciones meteorológicas	2-9
Tabla 2-3	Condiciones de diseño de la línea de transmisión de 33 kV	2-9
Tabla 2-4	Instalaciones de explotación.....	2-10
Tabla 2-5	Instalaciones de 33 kV	2-10
Tabla 2-6	Instalaciones de 10 kV	2-11
Tabla 2-7	Instalaciones de 440 V	2-11
Tabla 2-8	Sistema de puesta a tierra.....	2-11
Tabla 2-9	Distancia mínima de seguridad	2-12
Tabla 2-10	Resumen de las instalaciones	2-13
Tabla 2-11	Características de los pozoxistentes	2-15
Tabla 2-12	Criterio de evaluación de pozos	2-17
Tabla 2-13	Método para la Primera Evaluación General.....	2-17
Tabla 2-14	Primera Evaluación de los pozos existentes.....	2-18
Tabla 2-15	Ubicación de los pozos respecto al canal de conducción.....	2-19
Tabla 2-16	Resultados del cálculo de descenso de nivel a causa de la explotación.	2-22
Tabla 2-17	Descenso en el nivel de agua que causa la explotación de un pozo al resto.....	2-22
Tabla 2-18	Valor del descenso de nivel calculado para cada pozo donde habrá	

	instalaciones de explotación.....	2-23
Tabla 2-19	Tabla comparativo de tipos de bombas.....	2-24
Tabla 2-20	Tabla comparativo de tipos de motores para bombas.....	2-24
Tabla 2-21	Tabla comparativo de tipos de motores para bombas.....	2-25
Tabla 2-22	Tabla comparativo de sistemas de encendido para motores de bombas.....	2-26
Tabla 2-23	Dispositivos del tablero de accionamiento.....	2-27
Tabla 2-24	Tabla comparativo de materiales de tubería de conducción.....	2-27
Tabla 2-25	Especificaciones básicas de las instalaciones de extracción.....	2-30
Tabla 2-26	Los Principales de Linea de transmisión.....	2-35
Tabla 2-27	Los Principales de subestación.....	2-39
Tabla 2-28	Los Principales Equipos Subestación Sarita.....	2-39
Tabla 2-29	Nivel de Aislamiento Básico Externo.....	2-42
Tabla 2-30	Nivel de Aislamiento Básico Externo.....	2-44
Tabla 2-31	Equipos y materiales necesarios para la construcción de la subestación Vizcachas....	2-44
Tabla 2-32	Nivel de Aislamiento Básico Externo.....	2-47
Tabla 2-33	equipos y materiales serán.....	2-47
Tabla 2-34	detalles de las líneas de distribución de 10 kV.....	2-48
Tabla 2-35	Pozos para registrado y automaático de nivel de agua.....	2-49
Tabla 2-36	Personal de PET.....	2-53
Tabla 2-37	Ingenieros por especialidades.....	2-54
Tabla 2-38	Presupuesto y monto ejecutado por proyecto hasta el año 1997.....	2-54
Tabla 3-1	Plan de adquisición de equipos y materiales.....	3-6
Tabla 3-2	Gastos a asumir por el Perú.....	3-8
Tabla 3-3	Gastos de operación y mantenimiento.....	3-9
Tabla 4-1	Gastos de operación y mantenimiento.....	4-1
Tabla 4-2	Gastos de operación y mantenimiento.....	4-2
Tabla 4-3	Gastos de operación y mantenimiento.....	4-3
ANEXO 1	Integrantes del Equipo de Estudio	
ANEXO 2-1	Programa del Estudio (Misión de Diseño Básico)	
ANEXO 2-2	Programa del Estudio (Misión de explicación de borrador de Diseño Básico)	
ANEXO 3	Relación de miembros del lado peruano	
ANEXO 4	Minutas de Discusiones	
ANEXO 5	Materiales a ser suministrados por Japon, obra y materiales a cargo del Perú	
ANEXO 6	Analysis de flujo de potencia	
ANEXO 7	Estructure	
ANEXO 8	Lista Material	
ANEXO 9	Diagrama Unifilar	
ANEXO 10	Mecanismo del balance hídrico y volumen explotable de aguas subterráneas del Altiplano	

Vizcachas

- ANEXO 11-1 Lista de documentos de referencia (recibidos en préstamo)
- ANEXO 11-2 Lista de documentos de referencia (recibidos en Perú)
- ANEXO 12 Gastos a asumir por el Perú

CAPITULO 1

ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD

1. ANTECEDENTES DE LA SOLICITUD

1-1 Contenido de la solicitud

El gobierno de Perú ha venido ejecutando en el Departamento de Tacna, ubicado en el extremo sur del país, cerca a la frontera con Chile, un Plan de Desarrollo Integral del departamento, enfatizando el desarrollo económico, en beneficio de la estabilidad de la vida de sus habitantes. Como parte de dicho plan, a través de la cooperación financiera y técnica del gobierno de Japón, realizó entre 1966 y 1967 la construcción de las Centrales Hidroeléctricas de Aricota No.1 (potencia de salida 23,800 kW) y Aricota No.2 (potencia de salida 11,900kW), que utilizan las aguas de la laguna de Aricota, y funcionan actualmente cumpliendo un importante rol como suministradores de la energía eléctrica que demanda la ciudad de Tacna y sus alrededores. El agua proveniente de la laguna de Aricota es de suma importancia tanto para la irrigación de la zona costera que no tiene precipitaciones a lo largo del año, como para el consumo poblacional de la ciudad de Ilo.

El caudal a emplear en la generación eléctrica de la Central de Aricota fue calculado como la suma del caudal promedio diario ingresante a la laguna de Aricota (1.05m³/seg.) más agua de la laguna (1.3 m³/seg.). Con este plan, 22 años después del inicio de operación de la hidroeléctrica iba a emplearse completamente el caudal utilizable calculado de la laguna de Aricota. Durante los años de 1967 a 1977, sin embargo, el crecimiento de la demanda de energía eléctrica fue muy pausado, y el suministro de agua para riego, limitado, y por ello el nivel de agua de la laguna durante ese período, bajó y subió alternadamente, pero manteniendo una línea más o menos estable. A partir de 1978, junto con el incremento de la demanda de energía eléctrica y de agua para riego, el nivel de agua de la laguna de Aricota empezó a seguir una tendencia descendente.

En 1982, la tendencia decreciente del nivel de la laguna se hizo más evidente, y el gobierno peruano se vio en la necesidad urgente de afianzar la laguna de Aricota a fin de asegurar el agua para la generación eléctrica y para la irrigación, y solicitó al gobierno de Japón su Cooperación Técnica para realizar el Estudio de Factibilidad del proyecto de afianzamiento de agua. En respuesta a esta solicitud, JICA realizó el Estudio de Factibilidad del "Proyecto de Afianzamiento de las aguas de la laguna de Aricota y desarrollo de la 3ra. Central Hidroeléctrica de Aricota (1983)".

Basándose en los resultados de dicho estudio, en 1986 el gobierno peruano elaboró los siguientes proyectos de conducción de aguas de otros cauces con la finalidad de afianzar la laguna de Aricota:

- Proyecto de explotación de la laguna de Vilacota (caudal a explotar 400 l/seg.)
Este proyecto se concluyó en 1994 con la adquisición de materiales y equipo a través de la Cooperación Económica No Reembolsable del gobierno de Japón; sin embargo, actualmente la operación se ha detenido por el descenso notable en el nivel de las aguas de la laguna, a causa de las pocas precipitaciones y otros factores.
- Proyecto de explotación de la laguna Kovire (caudal a explotar 3,660 l/seg.)
Aún no se han solucionado los problemas de derechos de uso de agua con los pobladores de la zona, por lo tanto el proyecto ha quedado pendiente.
- Proyecto de explotación de aguas subterráneas del Altiplano Vizcachas (caudal a explotar 700 l/seg.)
El proyecto consiste en la construcción de 10 pozos profundos, y la extracción de agua subterránea empleando energía eléctrica de la Central Hidroeléctrica de Aricota, el agua elevada es reunida en canales de conducción abiertos y descargada al río Matanzas, de donde baja por el río Callazas y finalmente ingresa a la laguna de Aricota.

Sobre la base de la situación expuesta, y considerando que el proyecto de explotación de aguas subterráneas del Altiplano Vizcachas permitiría rápidamente la extracción estable de agua, el gobierno peruano solicitó al gobierno japonés la Cooperación Financiera No Reembolsable para la adquisición de los equipos y materiales necesarios para el proyecto.

Las áreas donde se desarrollará el proyecto y el contenido de la solicitud son como sigue:

Áreas del proyecto

El Altiplano Vizcachas, y la laguna de Aricota, del departamento de Tacna.

Contenido de la solicitud

- a) Equipos y materiales para las instalaciones de extracción
Equipos y materiales para bombas de agua y tuberías de conducción, para 5 pozos, necesarios para extracción de 700 l/seg.
- b) Equipos y materiales de subestación

Equipos y materiales necesarios para la ampliación de la subestación de Sarita de 66/33kV, ubicada cerca de la central de Aricota y para la construcción de la nueva subestación de Vizcachas de 33/10 kV.

c) Equipos y materiales para la línea de transmisión

Equipos y materiales necesarios para la construcción de la línea de transmisión de 33 kV y tendido de 60 km, que unirá la subestación de Sarita con la de Vizcachas.

d) Otros

Equipos de prueba de extracción (bombas de agua, generadores), equipos de análisis de calidad de agua, otros.

En 1994, el gobierno japonés en respuesta a la solicitud, realizó un estudio limitado al aspecto de la explotación de aguas subterráneas. Sin embargo, con la información y datos proporcionados por el lado peruano, tales como datos de pruebas de extracción y otros, fue difícil determinar si la solicitud de equipos y materiales era adecuada, y de otro lado, las condiciones previas a la ejecución del proyecto, como son el derecho de uso de agua y otros, tampoco estaban claramente dadas, por lo que se continuaron estudiando las medidas apropiadas, en coordinación con el lado peruano. En agosto de 1996, se realizó un Estudio Inicial para reconfirmar el contenido de la solicitud, así como para conocer los cambios en la zona y alrededores, y se fijaron las condiciones para la ejecución del proyecto, como el derecho de uso de agua. Con los resultados de este Estudio Inicial, el gobierno japonés decidió la ejecución del presente proyecto, y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) envió al Perú la Misión de Estudio de Diseño Básico durante 30 días, del 30 de agosto al 28 de setiembre de 1998. La Misión de Estudio realizó reuniones de discusiones con la organización correspondiente peruana, el Instituto de Desarrollo Nacional (INADE) y con su organismo de ejecución el Proyecto Especial Tacna (PET), donde la misión pudo conocer la situación del área del proyecto, la ubicación de los pozos existentes y su estado, la ubicación de las subestaciones, la ruta de la línea de transmisión, los planes de operación y mantenimiento de PET, y a la vez, pudo reunir la información y materiales necesarios para conocer y verificar la propiedad del proyecto y la ejecución del Diseño Básico. Luego del regreso de la Misión, ésta inició la elaboración del Diseño Básico, que fue resumido en el Informe del Estudio de Diseño Básico, y explicado al lado peruano durante los días del 15 al 26 de noviembre de 1998.

La lista de los miembros de la misión, el programa del estudio, la lista de los asistentes peruanos, las minutas de discusiones y los materiales reunidos 1-6, figuran en los documentos adjuntos.

1-2 Resumen del área donde se desarrollará el proyecto

El Perú se ubica en América del Sur, frente al Océano Pacífico, entre la latitud sur 0°48' y 18°21', y longitud oeste 81°1' a 68°40'; y limita en sus fronteras con Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y Chile. Su mayor extensión de este a oeste mide aproximadamente 1,400 km, y de norte a sur alrededor de 2,000 km. El área de su territorio es de 1,285 mil km², aproximadamente 3.4 veces el del Japón. La zona nororiental del Perú es selva amazónica, y a excepción de la región de costa, la zona central y sur del país tiene la cordillera de los Andes, con alturas que sobrepasan los 5,600 msnm. La diferencia de temperaturas es grande según las altitudes, así como entre las horas del día y de la noche, y gracias a la corriente marina fría de Humboldt, pocas veces sobrepasa los 30°C, sin embargo llega a veces a -10°C. La población total del Perú es de 25 millones 600 mil y la de su capital Lima, 6 millones 410 mil habitantes.

A inicios de 1990, la economía peruana enfrentaba una serie crisis, reflejada en la hiperinflación, caída brusca de la producción y recrudescimiento de las actividades terroristas. El gobierno del Presidente Fujimori que se inició en ese año, llevó a cabo un exhaustivo ordenamiento de la base económica, y la inflación que en 1990 llegó a 7,650%, bajó en 1996 hasta 12%. En 1993 ejecutó un programa económico integral de tres años que incluyó la privatización de empresas del estado, y como resultado, el crecimiento económico de los tres años registró un promedio anual de 8.5%.

El departamento de Tacna se ubica en el extremo sur el Perú, y tiene fronteras con Chile y Bolivia. La división política del departamento de Tacna consta de las provincias de Tacna, Tarata, Basadre y Candarave; el área donde se desarrollará el presente proyecto, el Altiplano Vizcachas, se ubica en la provincia de Candarave, en el límite con el departamento de Puno, y la laguna de Aricota en la provincia de Candarave. La ubicación del proyecto se muestra en el gráfico 1-1.

La población y extensión del departamento de Tacna se indican en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Población y área del departamento de Tacna.

Provincia	población	área (km ²)	densidad poblacional (hab./km ²)
Tacna	224,950	8,066.11	27.89
Tarata	8,082	2,819.96	2.87

Basadre	11,314	2,928.56	3.86
Candarave	9,271	2,261.10	4.10
total	253,617	16,075.73	15.78

(Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú)

La zona del Altiplano Vizcachas se encuentra en la Sierra, a altitudes de 4,000 a 4,800 msnm. y cuenta con lagunas como la de Loriscota (4,549 msnm.), Vizcachas (4,575 msnm.) y Suches (4,450 msnm.). En los alrededores del altiplano hay altas montañas que llegan entre 5,000 a 6,000 m y la precipitación anual del área, de 400 a 600 mm, dan origen a los cauces del río Tambo, la laguna Aricota (río Locumba) y el río Ilave. La laguna de Aricota es una laguna natural ubicada en la ladera occidental de la Cordillera de los Andes, y se encuentra en la latitud sur 17°20', longitud oeste 70°17'. Las aguas de la laguna de Aricota son elevadas por bombas y aprovechadas en las dos centrales hidroeléctricas que se encuentran río abajo, luego irrigan los terrenos agrícolas (4,300 ha) aledaños a su cauce, y finalmente se utiliza como agua poblacional para la ciudad de Ilo, sosteniendo la vida de 60 mil habitantes. Actualmente (setiembre de 1998), la superficie de la laguna ha descendido 90 m de su antiguo nivel. En el documento 4 se muestran los principales indicadores del Perú.

CAPITULO 2

OBJECTIVOS DEL PROYECTO

2 CONTENIDO DEL PROYECTO

2-1 Objetivos del Proyecto

La Central de Aricota No.2 (potencia de salida 11.9 MW) y la Central Aricota No. 1 (potencia de salida 23.8 MW) iniciaron sus operaciones en agosto de 1966 y en enero de 1967, respectivamente. Se planeó que el agua a utilizar para la generación eléctrica en ambas centrales provendría de la suma del volumen promedio diario de agua que ingresa a la laguna de Aricota ($1.05\text{m}^3/\text{seg}$) y de la laguna misma (1.3m^3). Bajo este plan, 22 años después del inicio de operaciones de las centrales, se agotaría el agua almacenada en la laguna de Aricota, y para evitar dicho agotamiento, se determinó la elaboración de un proyecto de afianzamiento de la Laguna Aricota, a través de la conducción de aguas de otras cuencas.

El objetivo de este proyecto es lograr a través de la conducción de aguas subterráneas del Altiplano Vizcachas a la Laguna Aricota, el afianzamiento de las aguas de la Laguna con el fin de evitar su agotamiento, y así asegurar el recurso hídrico para el Departamento de Tacna, tanto para uso agrícola y poblacional como para la generación eléctrica.

2-2 Estructura Básica del Proyecto

2-2-1 Balance hídrico

El presente proyecto tiene como principio básico, la extracción de agua dentro de los límites permisibles para no alterar el balance hídrico de las aguas subterráneas del altiplano Vizcachas.

Sin embargo, estos "límites permisibles para no alterar el balance hídrico", varían sustancialmente según la forma en que se comprenda el mecanismo de dicho balance en el Altiplano Vizcachas. En el caso de que consideremos que el acuífero de esta zona está enlazado hídricamente con las áreas circundantes del Altiplano Vizcachas, ó si consideramos que el agua superficial y las aguas subterráneas también discurren e ingresan a esta zona, tendremos que dicho "límite permisible para no alterar el balance hídrico" será mucho mayor que si no lo aceptamos en ese sentido. De otro lado, ese "límite" también variará mucho dependiendo de la forma en que se evalúe el volumen de evaporación proveniente de sedimentos glaciares áreas de distribución de sedimentaciones glaciales y de los cuerpos volcánicos, que en esta zona ocupan el 75% de su superficie.

Es cierto que si el volumen reservas totales del acuífero, sólo en esta zona, se puede estimar en aproximadamente 1300~1800MCM (sin incluir la capa formación de Maure), y que la capa de Capillune y la de Maure forman una capa acuífera de gran magnitud, y en consecuencia tienen un gran potencial para la explotación de enormes volúmenes de aguas subterráneas de estos acuíferos. Sin embargo, los estudios de aguas subterráneas efectuados hasta la actualidad, se han limitado al área dentro del Altiplano Vizcachas, y más aún, los resultados de dichos estudios señalan que básicamente, su cuenca es cerrada, de tipo endorreico. Los resultados de estos estudios son completamente insuficientes para evaluar cuantitativamente la explotación de aguas subterráneas en áreas extensas.

En esta etapa de proyecto, apreciamos que la estructura hídrica del Altiplano Vizcachas se encuentra bajo severas condiciones limitantes y es necesario evaluar el volumen explotable de aguas subterráneas, teniendo en consideración dichas condiciones:

- (1) Se considera que las aguas superficiales y subterráneas (acuífero) del Altiplano Vizcachas, son conjuntamente de cuenca endorreica. Significa que exceptuando las precipitaciones pluviales, no existe otro ingreso de aguas del exterior, y de igual manera, exceptuando la evaporación y la evapotranspiración tampoco existe salida de agua al exterior.
- (2) El nivel de agua de la Laguna Vizcachas y la cantidad de evaporación han venido conservando una relación de “guardianes” que se indica a continuación, y será necesario determinar un balance hídrico que incluya este mecanismo.
 - a) Cuando el nivel de agua de la laguna sube temporalmente, el espejo de agua se extiende (casi equivalente al nivel del agua elevado a la segunda potencia), y por ello proporcionalmente, la evaporación también se hace mayor. El volumen total de la evaporación suele ser comparable al ingreso de agua a la laguna proveniente de las precipitaciones (incluyendo aguas subterráneas), o también puede ser mayor, y en consecuencia, el nivel de agua puede crecer ligeramente, o también disminuir.
 - b) Cuando el nivel de agua de la laguna desciende temporalmente, el espejo de agua se hace de menor extensión, y el volumen total de evaporación de la superficie también disminuye. Siendo ese volumen de evaporación menor al ingreso de agua a la laguna por las lluvias, el incremento en el nivel de agua de la laguna es mayor que en el caso anterior.

Gracias a este mecanismo, la altura de las aguas de la laguna sube y baja dentro de un margen determinado (nivel de guardia). Y en un largo período de tiempo, el nivel promedio de la laguna tenderá a aproximarse a este “nivel de guardia”, y es posible utilizar esto como criterio para verificar su balance hídrico.

- (3) No sólo en la superficie del lago y en las praderas sino también en las áreas de distribución de sedimentaciones glaciales y en los cuerpos volcánicos, se presenta la acción de evaporación. Este volumen es completamente desconocido, y siendo la unidad de evaporación de la superficie lacustre también una cifra desconocida, se deberá determinar el volumen de evaporación que se adecúe al modelo de balance hídrico anterior a la extracción, en base a todas las posibles combinaciones (realísticas) de ambos factores.

2-2-2 Volumen explotable

Usando un modelo de balance hídrico que satisfaga las condiciones determinadas en el capítulo anterior, se realizará simulaciones de predicciones futuras con diferentes valores para los volúmenes de explotación y se fijará como volumen explotable, el máximo que se pueda extraer conservando un determinado equilibrio en el nivel de las aguas subterráneas, ó el máximo que se pueda extraer sin que la pérdida del acuífero siga aumentando unilateralmente.

Volumen explotable, significa un volumen que permita a largo plazo la formación de las aguas subterráneas y de la laguna por medio de las precipitaciones; en otras palabras, significa la explotación de las aguas subterráneas dentro de márgenes que permitan su renovación.

En el Gráfico 2-1 se muestran los resultados de las simulaciones efectuadas con volúmenes de explotación de 200, 300, 400, 500 y 600 l/seg.

Tal como se observa en el Gráfico 3-1, cuando el volumen de explotación es inferior a 400l/seg, si bien hay cambios en el nivel del agua con un poco de precipitación, no sucede el descenso unilateral del nivel ni el aumento unilateral de la pérdida de agua subterránea. Mientras que al subir el volumen de explotación a 500l/seg, o más, sin importar la cantidad de precipitaciones, se origina a largo plazo tanto el descenso unilateral del nivel de agua, como el aumento unilateral de la pérdida del acuífero (quiere decir que el volumen explotado supera permanentemente al volumen que se renueva). El volumen de 400 l/seg se encuentra justamente en el límite medio de ambas tendencias y por ello se puede tomar esta cantidad como volumen explotable (volumen límite de explotación) del Altiplano Vizcachas.

Se estima en 400 l/seg, el volumen explotable (volumen límite de explotación) de aguas subterráneas de Vizcachas, sin embargo, actualmente la empresa minera Southern Peru Copper Corporation ya está extrayendo un promedio de 40l/seg y por lo tanto el presente proyecto tendrá como volumen explotable la cantidad de 360 l/seg, y en base a esta cantidad se diseñarán las instalaciones de explotación.

2-2-3 Resumen del Proyecto

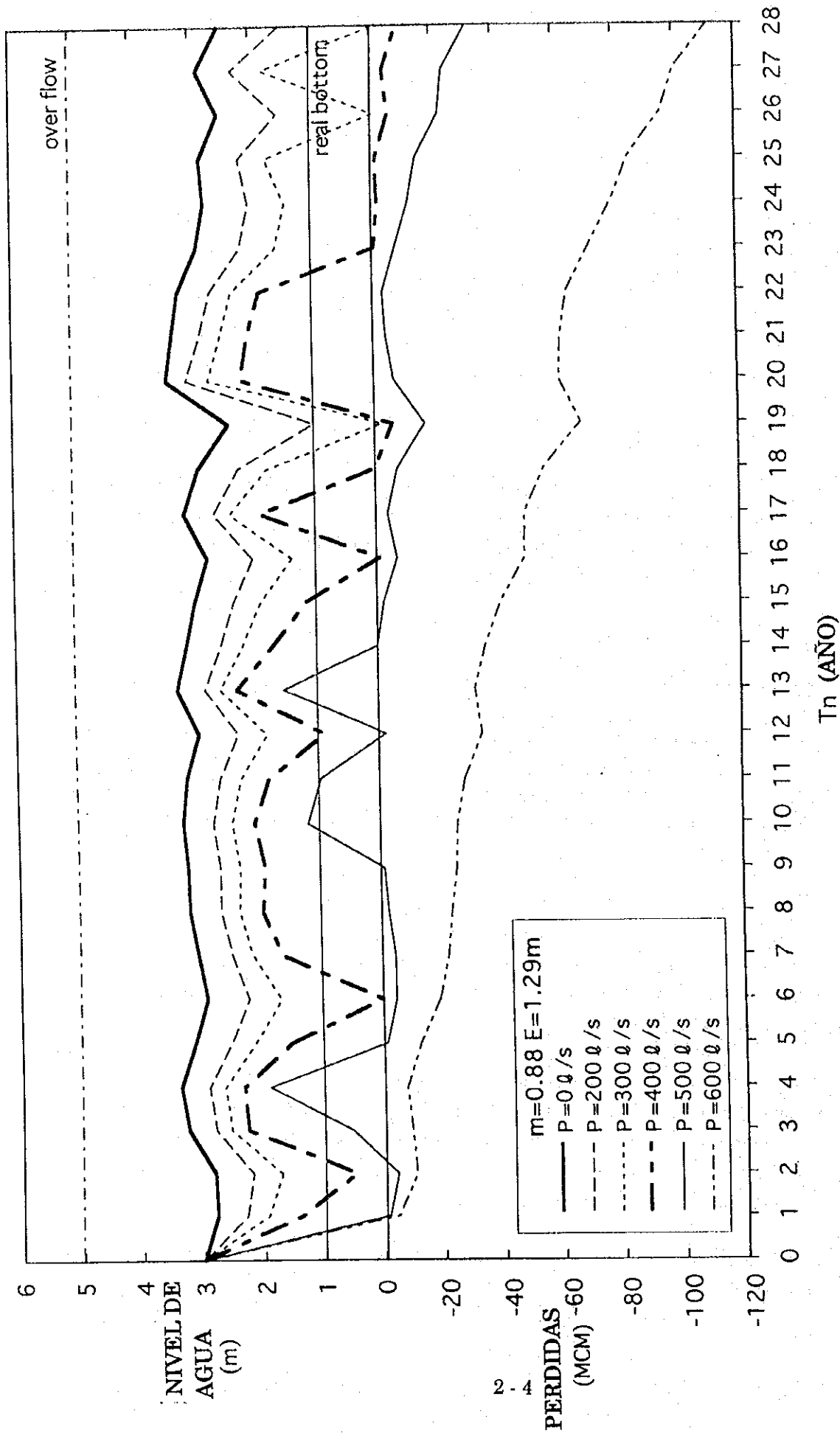
(1) Equipos de medición de aguas subterráneas

Para el presente proyecto es de suma importancia, a la vez que asegurar el mantenimiento y operación a largo plazo de las instalaciones de explotación, realizar un control científico del acuífero, donde se deposita el valioso recurso hídrico.

El volumen de 360 l/seg, como cantidad de explotación de aguas subterráneas, es un volumen muy grande, y por ello hay que considerar que puede ocasionar efectos no previsibles en el acuífero. Por esta razón, es necesario disponer efectivamente de una preparación que permita la observación y control en forma continua y a largo plazo, de los efectos que la explotación de estos grandes volúmenes producirá en el acuífero del Altiplano Vizcachas.

También existe la posibilidad de que la explotación de grandes volúmenes cause alteraciones en la calidad del agua subterránea, y en caso de que ello suceda, es necesario disponer las medidas que se tomarán, como variar el volumen de extracción de cada pozo, de manera que se evite el empeoramiento de la calidad de agua de la Laguna Aricota. Para ello es necesario contar con instalaciones en el campo, con los que se pueda realizar el estudio y control permanente de la calidad de agua subterránea.

Desde este punto de vista, se estudian las instalaciones y equipos necesarios para el mantenimiento y control del manto acuífero.



Graf. 2-1 PREVISION DE AGUA DEL LAGO LA VARIACION NIVELAD
(VARIACION DE PERDIDAS DE AGUA SUBTERRANEA)

En ese sentido, se evalúa la Cooperación Financiera No Reembolsable para los siguientes equipos de medición de pozos y aguas subterráneas:

a) Equipo para observación y control del estado interior de los pozos

Para que el mantenimiento y reparación de los pozos se efectúe de la manera más apropiada y eficiente, es importante tener conocimiento detallado del estado en que se encuentra su interior, sin embargo, al ser los pozos subterráneos, es difícil ver directamente su estado de deterioro o desgaste. Para hacer frente a este problema, en los últimos años se han desarrollado aparatos que permiten la observación introduciendo cámaras de vídeo al interior de los pozos, y así se conoce en forma casi directa el estado de las pantallas, y carcassas entre otros puntos. Son equipos sumamente efectivos para el control científico de los pozos, y se estudia su introducción para el proyecto.

b) Equipo para examinar el agua subterránea al interior de los pozos y la calidad del agua extraída

La calidad del agua en los pozos no es fija, y cuando se explota en grandes volúmenes, generalmente tiende a alterarse. En consecuencia, aún si actualmente no existen problemas en su calidad, es necesario un control continuo, para que en caso de que se presenten cambios en la calidad del agua en algún pozo, se puedan tomar medidas como regular el volumen de explotación. Para el control es deseable contar con equipos para examinar fácilmente la calidad del agua en el mismo lugar de los pozos, equipos que podrían conservarse permanentemente en la oficina de campo. Se evalúa la introducción al proyecto de equipos de análisis de calidad de agua para el campo (pH, grado de conductividad, concentración de sal, etc.)

De otro lado, el estudiar no sólo el agua extraída, sino la calidad de agua según su profundidad en el pozo, y hacer un seguimiento de los cambios en cada etapa, nos lleva a conocer mejor la estructura hídrica de las aguas subterráneas, lo que es muy importante para el control científico de la capa acuífera, y a la vez sirve de referencia para calcular indirectamente el grado de obturación del pozo (screen). Por estas razones, se estudia la introducción al proyecto de un equipo de análisis de agua, de inspección interna del pozo.

c) Equipo para medir permanentemente el nivel de agua de los pozos y de las aguas subterráneas del Altiplano Vizcachas.

La medición del nivel de agua subterránea se está realizando en la actualidad, pero a través de un medidor de tipo manual, y el lapso entre mediciones es largo (alrededor de una vez al mes) y muchas veces no se llegan a efectuar por las condiciones climáticas o falta de personal.

Sin embargo para el control científico de la capa acuífera, lo primordial es la medición y registro detallados de las variaciones en el nivel de las aguas subterráneas, y en ese sentido es deseable la instalación de registradores automáticos para que las mediciones se lleven a cabo en forma más exacta y a la vez permanentemente. Se pretende ubicar los registradores automáticos no sólo para controlar las variaciones de nivel en los pozos explotados, sino para medir también los cambios de nivel del agua subterránea de toda el área del Altiplano Vizcachas.

Se aclara que los gastos de obras de instalación de los registradores automáticos (incluyendo obras de protección), y los repuestos consumibles como baterías, que requieran los equipos para su operación, serán asumidos por el lado peruano.

(2) Outline de las instalaciones de extracción

Para posibilitar la extracción estable de las aguas subterráneas, en el presente proyecto se considera de suma importancia controlar que el volumen de extracción planificado sea respetado y a la vez que la operación de las instalaciones de extracción sea continua. Adicionalmente, se considerará que las especificaciones contemplen la posibilidad de una operación con regulación del caudal, en caso de que la extracción abundante ocasione en el futuro disminución de la calidad del agua.

Como se manifestó en el capítulo anterior, el volumen de agua que se extraerá del Altiplano Vizcachas es la diferencia entre el volumen total planeado menos el caudal que extrae la empresa Southern Peru Copper Corporation, es decir 360 l/seg. En el proyecto se considera un régimen de operación de 90% y una capacidad instalada de 400 l/seg. Los pozos serán los cuatro nombrados en el capítulo anterior: PV-2, PV-3, PV-6 y PV-8. Para estos pozos se montarán equipos de bombeo apropiados para su capacidad y con ese criterio se seleccionarán los más adecuados.

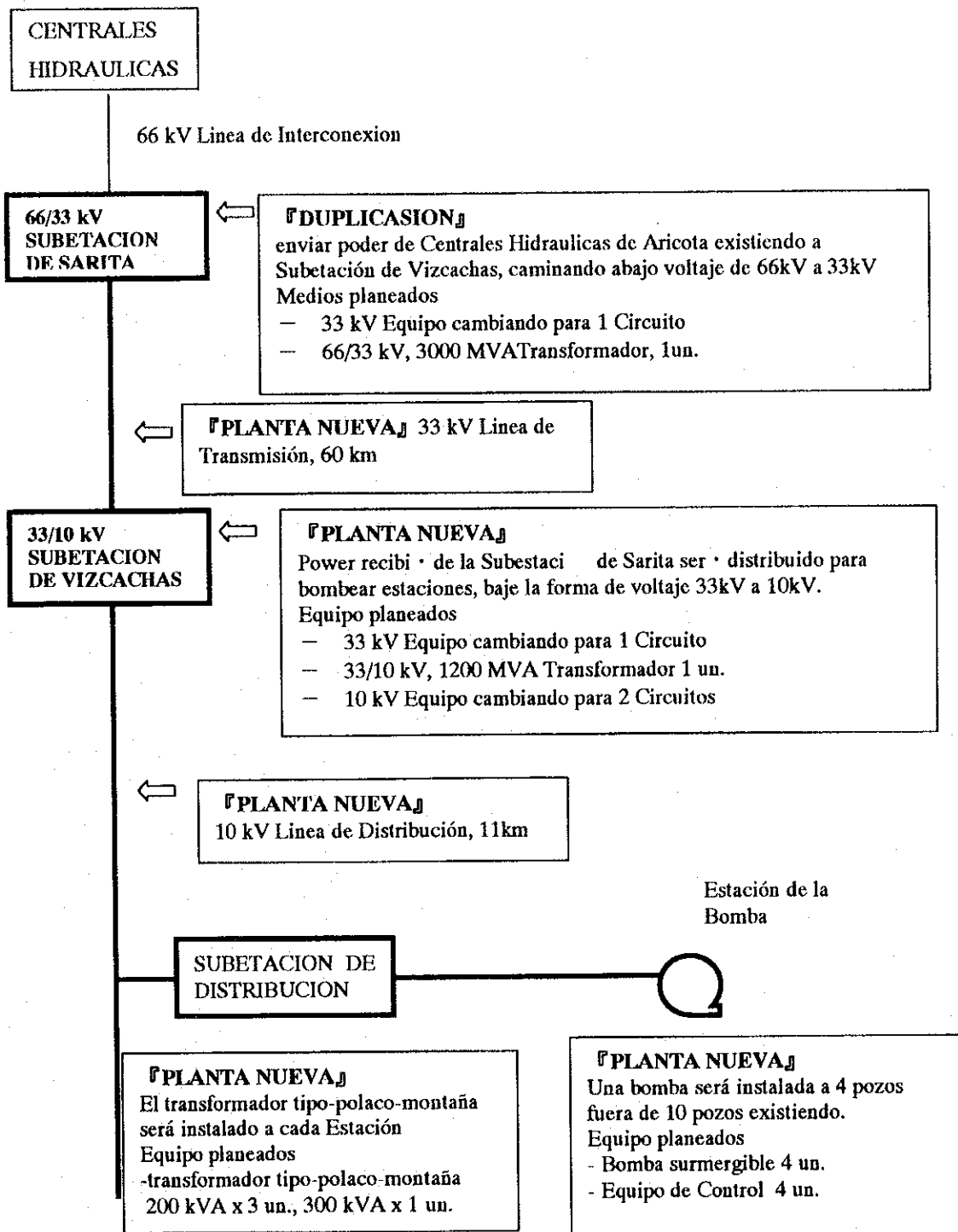
Con respecto al agua subterránea extraída de los pozos, en el caso de PV-2 se dejará caer directamente en una poza de recepción del agua y a través de una tubería enterrada se conducirá a un canal de concreto. En los otros pozos, los canales se encuentran varios metros por encima de la ubicación de los pozos y por ello el agua se enviará a la poza de recepción de agua construida en los canales, a través de una tubería enterrada conectada directamente al tubo de evacuación de la bomba. Siendo el tramo a elevar de poca altura, no es necesario instalar bombas elevadoras en las tuberías. En base a estas condiciones se seleccionarán los equipos y materiales para las tuberías de distribución.

En el momento de la inspección se apreció que en los pozos PV-2 y PV-3, PET por propia cuenta había instalado equipos de bombeo para pozo profundo de tipo de eje vertical, con motor diesel. Estas bombas fueron colocadas como medida de emergencia a raíz de la experiencia de la gran sequía del año 1995, y cuando se concrete en esta ocasión la adquisición de equipos y materiales, se desmontarán dichas bombas y se reemplazarán por los nuevos equipos. Actualmente se extraen de ambos pozos 230 l/seg. con los equipos de bombeo instalados, y aguas abajo de PV-2 existe un canal de concreto terminado. Entre PV-3 y PV-2 se ha construido un canal provisional. Parte de la tubería de conducción de PV-3 ya ha sido construida por PET en tubería de HDPE bajo tierra, por lo que sólo será necesario adquirir como nuevos equipos y materiales, la sección de la conexión a la bomba y la parte de la conexión hacia la nueva poza de recepción de agua que será construida en el canal principal.

(3) Outline de las instalaciones eléctricas

El suministro de energía eléctrica para los equipos de bombeo que se instalarán en el Altiplano Vizcachas, se realizará: de la actual Planta de Aricota – actual Subestación Sarita – línea de transmisión - Subestación Vizcachas - línea de distribución de alta tensión – Subestación para línea de alta tensión - estaciones de bombeo. El esquema de las instalaciones eléctricas serán como sigue:

Graf. 2-2 CONTORNO DE MEDIOS ELECTRICOS



Cada estación de la bomba y transformador serán conectados por CV-cable y tabla de la distribución se proporcionará a cada estación de la bomba.

2-3 Diseño Básico

2-3-1 Lineamientos del Diseño

Para el diseño del presente proyecto, de acuerdo a la preparación técnica de PET, y pensando en la facilidades de montaje, mantenimiento de la operación y control, se usará un diseño compatible con las instalaciones y equipos ya existentes, y con una conformación de sistema que permita alta seguridad y confiabilidad. Las instalaciones eléctricas se diseñarán de manera que resista a impulsos de interruptor y a tensión y frecuencia comerciales, en altitudes de 4,600 msnm.

(1) Normas y estándares usados

El diseño, fabricación, inspección y pruebas en fábrica de los equipos y materiales que se instalarán en el presente proyecto, se regirán por las siguientes normas de diseño y reglamentos.

Japanese Industrial Standards (JIS)

Japanese Electrotechnical Committee (JEC)

Standards of Japan Electrical Manufacturers' Association (JEM)

International Electrotechnical Commission (IEC)

International Organization for Standardization (ISO)

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

American Water Works Association (AWWA)

Otras normas internacionales

Estándares del fabricante

Las obras de instalación y construcción se llevarán a cabo según los usos y reglamentos de PET además de las normas que rigen en el Perú. De otro lado, las medidas de seguridad para protección pública y de los trabajadores de las obras, serán observadas y controladas estrictamente por PET y la empresa contratista local que ejecutará la instalación y construcción.

(2) Tensión de uso

En el presente proyecto se usará el siguiente sistema de tensión:

Tabla 2-1 Tensión de uso

Sistema	Tensión de régimen	Tensión máxima del sistema
Líneas de transmisión	33 kV	36 kV
Línea de distribución de alto voltaje	10 kV	11 kV
Líneas de distribución de bajo voltaje	44 V	460 V
Tensión de control	220 V	

(3) Condiciones meteorológicas

En las áreas costeras y bajas, la temperatura promedio es de 14~20°C, con una máxima promedio de 20~24°C y una mínima promedio de 8~14°C, siendo el clima relativamente cálido. Sin embargo, a pesar de que el promedio anual de precipitaciones sólo llega aproximadamente a 50 mm o menos, el volumen de evaporación anual posible es de alrededor de 800 ~ 1600 mm, equivalente a 16~32 veces el volumen de las precipitaciones, es decir tiene un clima de desierto.

De otro lado, en el altiplano andino que llega a altitudes de 4000~5000 msnm, el clima es frío, con temperaturas promedio de alrededor de 4~10°C, máxima promedio de 14~18°C y una mínima promedio de -6~2°C, siendo el clima relativamente frío. El volumen anual de precipitaciones es mayor que en la zona costera y tierras bajas, llegando a 300~400 mm y el volumen de evaporación anual posible es de 1200~1800 mm. En términos climatológicos, este clima corresponde al de las estepas.

Las condiciones meteorológicas para el diseño de la subestación Sarita, la subestación Vizcachas y las estaciones de explotación de aguas subterráneas que se construirán en el Altiplano Vizcachas, serán las siguientes:

Tabla 2-2 Condiciones meteorológicas

Subestación Sarita	Altitud	2,200 msnm.
	Temperatura máxima	25°C
	Temperatura mínima	-15°C
Altiplano Vizcachas	Altitud	4,600 msnm.
	Temperatura máxima	15°C
	Temperatura mínima	-20°C

Las líneas de transmisión y las líneas de distribución, serán diseñadas de acuerdo a las normas de instalaciones eléctricas del Perú, bajo las siguientes condiciones:

Tabla 2-3 Condiciones de diseño de la línea de transmisión de 33 kV

Máximo esfuerzo		
Hipótesis I	Temperatura	-15°C
	Velocidad del viento	0 km/h
	Manguito de hielo espesor	6 mm
Hipótesis II	Temperatura	0 °C
	Velocidad del viento	90 km/h (=25m/seg)
Condición normal		
	Temperatura	15 °C
	Velocidad del viento	0 km/h
	Esfuerzo EDS	4.5 kg/mm ²
Condición de flecha máxima	Temperatura	40 °C
	Velocidad del viento	0 km/h

(4) Condiciones topográficas y geológicas

En el caso de la subestación Sarita, ésta será ampliada dentro de la misma subestación, mientras que en el Altiplano Vizcachas actualmente operan bombas con motores diesel, y las condiciones en las que se han montado nos permite concluir que desde el punto de vista topográfico y geológico, no es necesario la construcción de cimientos especiales para la subestación o para las estaciones de bombeo. En la línea de transmisión de 33 kV, el tramo de 14 km cercano a la subestación Sarita tiene una topografía abrupta de suelo rocoso, por lo que será necesario la excavación con uso de explosivos, pero igualmente no necesitará cimientos especiales.

(5) Normas de diseño

Las normas de diseño para los equipos serán los siguientes:

a) Instalaciones de explotación

Tabla 2-4 Instalaciones de explotación

Tipo de bomba	:	Bomba con motor sumergible para pozo profundo
Volumen de elevación (l/seg)	:	130~70
Fuente de energía	:	AC trifásica, 440 V, 60 Hz
Material de tuberías de conducción	:	Polietileno de alta densidad HDPE
Calibre (mm)	:	250~300
Largo de conductos (m)	:	40~670 aprox.

Luego del inicio de operaciones, el nivel de agua dentro del pozo no cambiará en forma frecuente, por lo que no se necesita variar el caudal de la bomba constantemente. En consecuencia, el tipo de operación será en modo manual, y se protegerá la bomba por medio de un relé de conexión por bajo nivel de agua, evitando la cavitación. Según el nivel de agua dentro del pozo, el volumen de descarga de la bomba variará; para controlarlo y evitar el exceso de descarga se colocará una válvula de cierre. Adicionalmente, para el registro y control de los caudales, se colocará en un tramo del conducto, un medidor de caudal.

b) Instalaciones de 33 kV, 10 kV, 440 V

Tabla 2-5 Instalaciones de 33 kV

Sistema eléctrico	:	Trifásico, 3 hilos
Tensión de régimen	:	33 kV
Tensión máxima	:	36 kV
Tensión de resistencia a impulso	:	250 kV
Tensión de resistencia AC	:	42 kV
Corriente de corta duración	:	600 A
Capacidad de interrupción de régimen	de :	12.5 kA
Frecuencia	:	60 Hz

Tabla 2-6 Instalaciones de 10 kV

Sistema eléctrico	:	Trifásico, 3 hilos
Tensión de régimen	:	10 kV
Tensión máxima	:	11 kV
Tensión de resistencia a impulso	:	125 kV
Tensión de resistencia AC	:	12 kV
Corriente de corta duración	:	200 A
Capacidad de interrupción de régimen	:	12 kA
Frecuencia	:	60 Hz

Tabla 2-7 Instalaciones de 440 V

Sistema eléctrico	:	Trifásico, 4 hilos
Tensión de régimen	:	400 V
Tensión máxima	:	440 V
Tensión de resistencia a impulso	:	6,000 V
Tensión de resistencia AC	:	2,000 V
Frecuencia	:	60 Hz

c) Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de las instalaciones será como sigue:

Tabla 2-8 Sistema de puesta a tierra

Sistema de transmisión de 33 kV	:	Sin puesta a tierra
Sistema de líneas de distribución de alto voltaje 10 kV	:	Sin puesta a tierra
Sistema de bajo voltaje 400-230 V	:	Contacto directo en punto neutro.

d) Distancia mínima de seguridad

La distancia mínima de seguridad desde el punto más bajo de la línea de transmisión de 33 kV, será como sigue:

Tabla 2-9 Distancia mínima de seguridad

Altura de la línea de transmisión de 33 kV sobre superficie del terreno	A lo largo de caminos	:	6.0 m
	A lo largo de carreteras	:	6.5 m
	Cruce de caminos y carreteras	:	7.0 m
	Terrenos yermos	:	5.0 m
Mínima separación vertical de la línea de transmisión de 33 kV	Líneas de transmisión de 33 kV	:	1.2 m
	Líneas de telecomunicaciones	:	1.8 m
	Arboles	:	2.5 m
	Construcciones	:	2.5 m

2-3-2 Plan de Básico

(1) Áreas del proyecto, instalaciones

a) Áreas del proyecto

Las áreas donde se ejecutará el presente proyecto, se ubican dentro del departamento de Tacna, en el extremo sur del Perú, y son la Laguna Aricota y el Altiplano Vizcachas.

<u>Áreas del proyecto</u>	<u>Instalaciones proyectadas</u>
i) Laguna Aricota	: Ampliación de la actual Subestación Sarita
ii) Subestación Sarita-Altiplano Vizcachas	: Línea de transmisión de 33 kV
iii) Subestación Vizcachas	: Nueva subestación de Vizcachas Nueva línea de distribución de alta tensión de 10kV Nuevas instalaciones de explotación de agua

b) Resumen de las instalaciones

El resumen de las instalaciones que se ejecutarán en las áreas donde se desarrolla el presente proyecto son como sigue. Detalles en el documento 2-1.

Tabla 2-10 Resumen de las instalaciones

ítem	unidad	cantidad
Subestación Sarita		
Transformador, 3,000 kVA, 66/33 kV	pieza	1
Dispositivo de conmutación 33 kV	equipo	1
Tablero de control uso exterior	equipo	1
Subestación Sarita – Altiplano Vizcachas		
Línea de transmisión 33 kV	km	60
Subestación Vizcachas		
Transformador 1,200 kVA, 33/10 kV	pieza	1
Dispositivo de conmutación 33 kV	equipo	1
Dispositivo de conmutación 10 kV	equipo	2
Tablero de control uso exterior	equipo	1
Línea de distribución de alta tensión 10 kV	km	11
Instalaciones de extracción		
Bomba de extracción	pieza	4
Bomba de reserva	pieza	1
Tablero de control de bomba	equipo	4
Tubería de conducción	equipo	1
Transformador, 200 kVA 10 kV/440 V	pieza	3
Transformador, 300 kVA 10 kV/440 V	pieza	1

Otros			
Grúa clase 15 ton. sobre camión	unidad		1
Camión 6 ton. con grúa 3 ton.	unidad		1
Equipo de medición agua subterráneas	juego		1

(2) Plan de ubicación de pozos

Las estaciones de bombeo de agua del Altiplano Vizcachas, se instalarán seleccionando los pozos entre los 10 que PET ya ha perforado y construido.

Las características de los pozos, el método y resultado de la selección de los pozos, el plan de explotación de los pozos elegidos, así como los márgenes de movimiento del nivel de agua, se explican a continuación:

a) Características de los pozos existentes

En el Altiplano Vizcachas actualmente ya existen 10 pozos (PV-1 ~ PV-10) perforados y construidos con fines de explotación. En el Tabla 2-11 se muestra: profundidad de los pozos, nivel hidrostático, prueba de extracción máxima, caudal específico, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, los valores de los coeficientes B y C en la fórmula de la relación entre volumen extraído (Q) y descenso de nivel de agua (s) [$s=BQ+CQ^2$], eficiencia de los pozos, y radio de las áreas de influencia de la explotación de agua.

En todos estos pozos se han instalado carcacas casing (screen) con filtros en dos niveles, superior e inferior, la carcaca del nivel superior tiene un diámetro de 18 pulgadas, mientras que la del nivel inferior es de 12 pulgadas.

Como se indica en el Tabla 2-11, en la prueba hidrostática, se extrajo un máximo de entre 70 ~130 l/seg. (exceptuando a PV-1 y PV-10). Con los resultados de estas pruebas de explotación, dejando de lado PV-1 y PV-10, vemos que en ningún pozo se ha llegado a los límites máximos de explotación, por lo que no habrá problema en fijar estos volúmenes máximos como montos de explotación de cada uno de los pozos. Si fijamos el volumen de bombeo planeado para cada pozo en aproximadamente 70~130 l/seg., en promedio 100 l/seg, serían necesarios 4 pozos para asegurar el volumen máximo de explotación global de 400 l/seg (promedio 360 l/seg.). Esto coincide con el número de estaciones de bombeo que solicita el lado peruano.

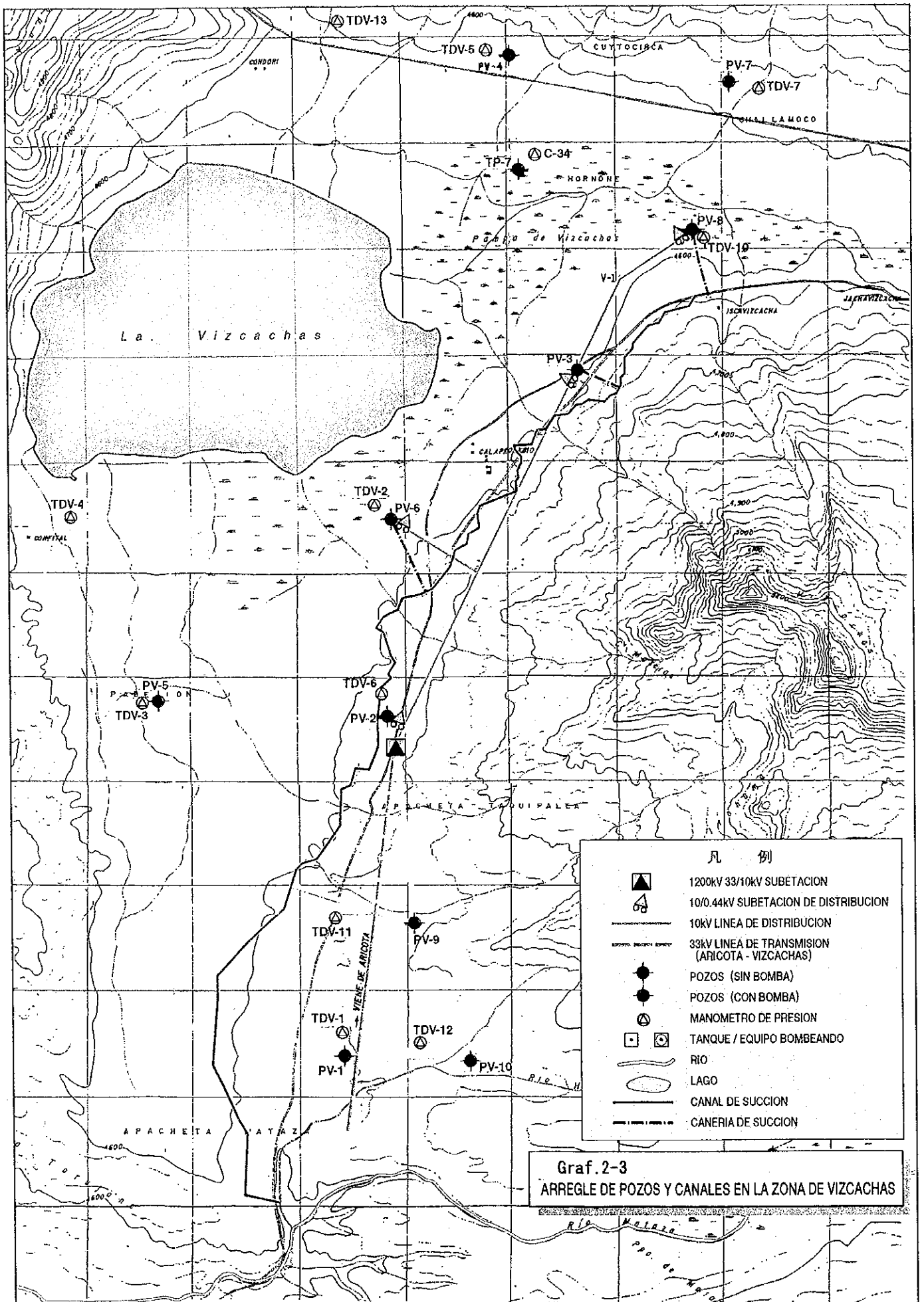
Tabla 2-11. Características de los pozos existentes

Pozo No.	Profundidad (m)	Prueba de extracción máxima (l/seg)	Nivel hidrostático (m)	Caudal específico (m ³ /día/m)	Factor de transmisiv. (m ² /día)	Coeficiente de almacenamiento	S=BQ+CQ ²		Eficiencia del pozo (%)	Radio de influencia (m)
							B	C		
PV-01	260	50	27.01	113.7	123.64	0.00139	340	8650	28	5,479
PV-02	245	130	9.64	1,086.1	1,382.40	0.00124	80	-11.68	(100)	19,397
PV-03	308	100	6.02	339.8	494.04	0.00005	180	767	70	59,335
PV-04	330	100	10.97	474.1	598.66	0.00050	65	1184	35	20,036
PV-05	308	105	4.77	148.5	142.13	0.00890	495	792	86	2,322
PV-06	217	97	6.16	230.8	226.20	0.00425	234	1454	62	4,240
PV-07	298	88	13.29	398.6	404.61	0.00400	169	566	75	5,843
PV-08	308	100	5.15	366.3	314.24	0.00990	220	120	95	3,273
PV-09	300	72	34.84	309.3	414.72	0.00010	200	1090	65	37,412
PV10	300	31	32.5	43.5	(no calculable)	(no calculable)	(no calculable)	(no calculable)	(no calculable)	(no calculable)

Nota 1. "S=BQ+CQ²" es la fórmula de relación entre caudal explotado (Q) y descenso de nivel de agua (s). Los factores B y C varían según los pozos.

Nota 2. "Eficiencia del pozo" tomando como caudal explotado 100 l/seg.

Nota 3. "Radio de influencia" tomando como periodo de extracción cinco meses.



b) Selección de las estaciones de bombeo

De acuerdo a las características de los pozos del acuífero, que demanda los resultados de las pruebas de explotación, se seleccionó 4 de los 10 pozos existentes, para la instalación de estaciones de bombeo. La selección se llevó a cabo como sigue:

i) Criterios para la Primera Evaluación

Se hizo la evaluación de acuerdo a los criterios señalados en la Tabla 2-12, respecto a cuatro ítems: la transmisividad, el valor del coeficiente B (coeficiente de la fórmula de relación entre el volumen extraído y el descenso del nivel de agua), el caudal específico y el índice de eficiencia del pozo.

Tabla 2-12 Criterio de evaluación de pozos

Resultado de Evaluación	Código de evaluación	Transmisividad (T) (m ² /día)	Coeficiente B s=BQ+CQ ²	Caudal específico (SC) (m ³ /día/m)	Eficiencia del pozo(EF) (%)
Excelente	AA	Más de 100	Menos de 100	Mas de 1000	Más de 80
Bueno	A	500~1000	100~300	500~1000	60~80
Normal	B	200~500	300~600	100~500	45~60
Malo	C	100~200	600~1200	50~100	30~45
Muy malo	D	Menos de 200	Más de 1200	Menos de 50	Menos de 30

ii) Criterios para la Primera Evaluación General

En base a los resultados de los cuatro ítems indicados arriba, se efectúa una evaluación general de acuerdo al método indicado en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13 Método para la Primera Evaluación General

	Evaluación de los 4 ítems	Evaluación General
No incluye C ni D	Los cuatro ítems dan AA	AA
	Tres ítems AA, uno A	
	Tres ítems AA, uno B	A
	AA en dos ó menos de dos ítems, B en uno o cero, resto A	
Incluye C ó D	B en dos o más ítems	B
	No incluye D. C en uno ó más ítems	C
	D en uno ó más ítems	D

iii) Resultados de la Primera Evaluación de los pozos existentes

En base a los criterios indicados arriba, los resultados de la primera evaluación de los pozos existentes fueron como en la Tabla 2-14.

Tabla 2-14 Primera Evaluación de los pozos existentes

Pozo No	Transmisividad m ² /día		Coeficient B		Caudal específico m ³ /día/m		Eficiencia del pozo (%)		Evaluación general
PV-01	123.64	C	340	B	112.3	B	28	D	D
PV-02	1382.40	AA	80	AA	1123.2	AA	100	AA	AA
PV-03	494.04	B	180	A	337.0	B	70	A	B
PV-04	598.66	A	65	AA	466.6	B	35	C	C
PV-05	142.13	C	495	B	146.9	B	86	AA	C
PV-06	226.20	B	234	A	233.3	B	62	A	B
PV-07	404.61	B	169	A	397.4	B	74	B	B
PV-08	314.24	B	220	A	362.9	B	95	AA	B
PV-09	414.72	B	200	A	311.0	B	65	A	B
PV-10	No calculable	D	No calculable	D	43.5	D	No calculable	D	D

Como se aprecia en la Tabla superior, el pozo PV-2 es el único que obtiene AA (excelente) en todos los ítems evaluados, y además su ubicación es cercana al canal de conducción, por lo tanto se elige naturalmente este pozo como uno donde se instalará una estación de bombeo. De otro lado, el pozo PV-10 es el de peores condiciones, y siendo además imposible el cálculo de su transmisividad y su índice de eficiencia, se excluye este pozo de la selección. En cuanto al pozo PV-01, su eficiencia y su transmisividad dan malos resultados; el pozo PV-04 tiene un bajo nivel de eficiencia, y el PV-05 una transmisividad inferior, por lo que también se excluyen estos pozos de la selección. Es decir, los pozos que obtuvieron una evaluación de "D" ó "C", son eliminados de la selección.

De los restantes pozos, PV-03, PV-06, PV-07, PV-08 y PV-09 en base a una segunda evaluación indicada líneas abajo, se seleccionan los tres pozos finales. (Como se señaló líneas arriba, el pozo PV-02 es el de más alta preferencia).

iv) Segunda Evaluación

De los cinco pozos que quedaron en la primera evaluación, se evalúa su ubicación con respecto al canal de conducción previsto en este proyecto. Adicionalmente, se indica que el canal de conducción está diseñado para que el agua discurra descendiendo naturalmente adaptándose a las condiciones geográficas, y por ello no es recomendable hacer modificaciones.

En la Tabla 2-15 se muestran: la distancia horizontal desde cada pozo hasta el canal de conducción, la diferencia de altura entre cada pozo y el canal ("+" señala que la altura del canal es mayor), y el valor estimado de la longitud de las tuberías de distribución, en base a la distancia horizontal y la diferencia de alturas.

Tabla 2-15 Ubicación de los pozos respecto al canal de conducción

Pozo No.	Distancia horizontal hasta el canal (m)	Diferencia de altura con el canal (m)	Longitud de tuberías de distribución (m)
PV-03	aprox. 280	aprox. +10.4	aprox. 280
PV-06	aprox. 670	aprox. +19.4	aprox. 670
PV-07	aprox. 2,240	aprox. + 8.9	aprox. 2,240
PV-08	aprox. 570	aprox. +20.0	aprox. 570
PV-09	aprox. 750	aprox. -27.0	aprox. 750

Como se aprecia en la Tabla superior, siendo la distancia horizontal mucho mayor en comparación con la diferencia de altura, la longitud de tendido tuberías de distribución se hace prácticamente igual a la distancia horizontal.

La longitud del tendido de tuberías de distribución influye en la economía de los equipos y materiales así como en la ejecución de las instalaciones de explotación, por este motivo, si no hay mayor diferencia en la capacidad de los pozos (todos estos pozos tienen una evaluación general de "B"), es deseable seleccionar aquellos pozos cuya longitud de tuberías sea menor. Si ordenamos los pozos por distancia en tubería, de menor a mayor, resulta en el siguiente orden:

PV-03, PV-08, PV-06, PV-09 y PV-07

Si de éstos debemos seleccionar tres, desde el punto de vista económico en la ejecución, llegamos a la conclusión de que los más apropiados son: PV-03, PV-08 y PV-06.

Se señala además que si bien en tendido de tuberías no hay mucha diferencia entre PV-09 y PV-06, vemos que al lado sur de PV-09 se ubican los pozos PV-01 y PV-10, cuya eficiencia como pozos es inferior, denotando que las condiciones hidro geológicas en esa área no son muy buenas, y por ello, desde el aspecto hidro geológico, también concluimos que PV-06 es mejor.

v) Conclusiones de la selección de los pozos

Como se estudió en el punto anterior, en base al rendimiento de los pozos y a la economía, se seleccionaron los siguientes cuatro pozos como lugares donde se instalarán las estaciones de bombeo:

- PV-02
- PV-03
- PV-06
- PV-08

vi) Sobre la interferencia mutua entre pozos

Como se señala en la Tabla 2-11, la zona de influencia de los pozos existentes (el área donde se registra descenso de nivel del agua ocasionado por la explotación), tiene un radio mínimo de aprox. 2,300 m y máximo de 60,000 m. (radio teórico de la zona de influencia, basado en los

resultados de las pruebas de explotación). El radio de la zona de influencia excede la distancia que existe entre los pozos, por ello es imposible la "selección de pozos que no origine interferencia mutua".

En general, mientras mejor es la permeabilidad del acuífero, mayor es la zona de influencia del pozo, pero el descenso del nivel de agua es mínimo. De otro lado, cuando la permeabilidad del acuífero es mala, la zona de influencia se estrecha pero el descenso en el nivel de agua se hace mayor. En consecuencia, un gran radio de influencia no es de ninguna manera una condición desfavorable, y la imposibilidad de realizar una "selección de pozos que no origine interferencia mutua" tampoco debe tomarse como problema. Lo importante es conocer si el descenso de nivel de agua ocasionado por la interferencia mutua, es de una magnitud tal que ocasione problemas en la explotación. El lado peruano (PET) ha efectuado pruebas de explotación simultánea en el grupo de pozos PV-02, PV-09 y PV-10 y en otro grupo, PV-02, PV-03 y PV-08. Según los resultados de estas pruebas de explotación simultánea en varios pozos, el descenso de nivel de agua no es mucho mayor al descenso que se origina al extraer el agua de un solo pozo. Y el cálculo efectuado en base a los factores de filtración y de almacenamiento para obtener el volumen de la interferencia (volumen de descenso de agua originado por la explotación en otros pozos), da la cantidad de 15 m aproximadamente (como se explica posteriormente), siendo un volumen que no causará dificultades en la explotación por medio de bombas sumergibles.

En consecuencia, para la selección de los pozos, el factor "interferencia mutua entre pozos" fue desechado de los elementos de evaluación.

c) Volumen planeado de explotación en los pozos con estaciones de bombeo.

En el presente proyecto, el volumen de explotación promedio es de 360 l/seg., pero considerando el régimen de operación (90%), la capacidad instalada total de los equipos se fija en aproximadamente 400 l/seg. Esto significa que el total del volumen de explotación máxima de cada pozo será equivalente a 400 l/seg. y en base a esta cifra se fijará el volumen planeado de explotación.

Si se distribuye sencillamente el volumen total a extraer de 400 l/seg entre los cuatro pozos, será de 100 l/seg. por pozo. Sin embargo, siendo el pozo PV-02 de un rendimiento excepcionalmente bueno, y habiendo registrado en las pruebas realizadas una explotación máxima de 130 l/seg., se fijará en dicha cantidad, el volumen planeado de explotación para este pozo. De otro lado, el pozo PV-06 es el de menor rendimiento (62%) dentro de los cuatro seleccionados; considerando este punto, el volumen planeado de explotación para este pozo se fijará en 70 l/seg. Los pozos PV-03 y PV-08 son pozos "promedio" dentro de los cuatro seleccionados, y para ambos se fijará como volumen planeado de explotación, el promedio para cada pozo, es decir 100 l/seg.

d) Nivel variable calculado en los pozos de explotación

Nivel variable calculado se refiere a la combinación del descenso del nivel de agua en cada pozo cuando se eleve el volumen de explotación planeado, con el valor estimado de descenso ocasionado por la interferencia de otros pozos y la estimación del descenso causado por variación

en el nivel hidrostático, es decir, es la estimación futura de los valores de descenso del nivel de agua y equivale a la elevación calculada del pozo. Naturalmente, las bombas sumergibles deben ser instaladas en el pozo a mayor profundidad que este nivel variable calculado.

i) Descenso del nivel de agua por la explotación en cada pozo

Como métodos para conocer el descenso del nivel de agua en los pozos a causa de la explotación, existen el del cálculo en base a la ecuación de relación entre el volumen de explotación fijado por las pruebas escalonadas de explotación – volumen de descenso del nivel de agua (es casi equivalente al valor resultante de las pruebas de explotación), y el método de Jacob, calculado en base a los factores de filtración y de almacenamiento. En caso de que se aplique la fórmula de Jacob, se usará como radio de la pantalla, la distancia desde el pozo (r) (en caso de los pozos del proyecto, sería $r=0.23\text{m}$).

– fórmula de relación volumen extraído – volumen de descenso de nivel de agua –

$$s=BQ + CQ^2$$

donde B y C son coeficientes propios del pozo, y los otros símbolos son como se indica líneas abajo.

– fórmula del método Jacob

$$s = \frac{2.30 Q}{4\pi T} \log \frac{2.25 Tt}{r^2 S}$$

donde s : descenso de nivel según distancia desde el pozo
Q : volumen extraído
r : distancia desde el pozo
T : factor de transmisividad
S : factor de almacenamiento
t : tiempo de explotación

En la Tabla 2-16 se ven los resultados de los cálculos del volumen de descenso según ambos métodos. En el cálculo de la fórmula de Jacob, se ha calculado el descenso del nivel de agua empleado tiempos de explotación de 1 día, 30 días (1 mes) y 365 días (1 año).

Como se muestra en la Tabla 2-11, el valor del descenso de nivel es mayor en el método de Jacob que en la fórmula de relación volumen extraído – volumen de descenso de nivel de agua (prácticamente igual a las pruebas escalonadas de explotación).

De otro lado, en la fórmula de Jacob, mientras más tiempo se haga la extracción, mayor es el descenso de nivel. En ese sentido, se tomará la opción más segura y se utilizará el descenso de nivel resultante de un año de explotación, en base a la fórmula de Jacob, para determinar las condiciones de diseño en el proyecto.

Tabla 2-16 Resultados del cálculo de descenso de nivel a causa de la explotación.

Pozo No	Volumen explotado		Resultado de fórmula volumen explotado - volumen de descenso	Resultado de fórmula de Jacob		
	l/seg	m ³ /seg/día		1 día	30 días	365 días
PV-02	130	11,232	10.20 m	11.41 m	13.61 m	15.22 m
PV-03	100	8,640	25.67 m	27.68 m	32.41 m	35.88 m
PV-06	70	6,048	23.50 m	31.10 m	38.33 m	43.64 m
PV-08	100	8,640	23.20 m	30.85 m	38.28 m	43.74 m

ii) Descenso de nivel a causa de interferencia entre pozos

El efecto de resecamiento (descenso en el nivel de agua) que ocasionan varios pozos de explotación en uno determinado, se puede representar matemáticamente en base al efecto que causa cada uno de ellos. En primer lugar, se calcula el efecto de descenso en el nivel, que la explotación de cada pozo causa en los otros, a través de la fórmula de Jacob ya explicada líneas arriba. Este cálculo matemático se muestra en la Tabla 2-17.

Tabla 2-17 Descenso en el nivel de agua que causa la explotación de un pozo al resto.

Pozo explotado (volumen explotado)	Pozo que recibe influencia	Distancia entre pozos (m)	Descenso en el nivel del agua (m)		
			1 día	30 días	365 días
PV-02 (130 l/seg)	PV-03	3,720	0.27	1.09	2.71
	PV-06	1,840	(0)	2.00	3.62
	PV-08	5,400	(0)	0.61	2.23
PV-03 (100 l/seg)	PV-02	3,720	0.73	5.46	8.94
	PV-06	2,260	2.12	6.85	10.32
	PV-08	1,700	2.91	7.64	11.11
PV-06 (70 l/seg)	PV-02	1,840	(0)	0.13	5.44
	PV-03	2,260	(0)	(0)	4.56
	PV-08	3,950	(0)	(0)	2.19
PV-08 (100 l/seg)	PV-02	5,400	(0)	(0)	(0)
	PV-03	1,700	(0)	(0)	4.81
	PV-06	3,950	(0)	(0)	1.12

En este caso, también se empleará como valor para el diseño, el descenso de nivel resultante de la explotación durante 365 días (1 año). El volumen total del resecamiento por interferencias que recibe un determinado pozo se calcula sumando el descenso ocasionado por cada uno de los otros pozos. Por ejemplo, en el caso de PV-02, hay un descenso de 8.94 m causado por PV-03, más 5.44 m causado por PV-06 y no recibe influencia de PV-08. Sumando estas cifras, tenemos que el volumen de resecamiento (total de descenso de nivel ocasionado por el resto de pozos de explotación), es de 14.38 m.

iii) Descenso de nivel hidrostático

Es necesario acotar que la variación de nivel indicada arriba, es el estudio del cambio en los niveles (nivel de variaciones) causado por la explotación, y que existe también posibilidad de cambios en el nivel hidrostático a causa de variaciones en las precipitaciones pluviales.

Los niveles hidrostáticos registrados en los pozos de observación en el Altiplano Vizcachas, han variado durante 1992 a 1994, en un máximo de 3.5 m (no se incluye los registros de la estación C76 ubicado en un lugar de características especiales). Usar directamente este valor registrado resulta riesgoso, por lo que se establece en el doble, es decir 7.00 m., el volumen estimado de descenso del nivel hidrostático.

Si del actual nivel hidrostático restamos el volumen de descenso estimado según líneas arriba, tenemos el nivel de variaciones calculado (elevación planeada) de cada pozo. La Tabla 2-18 se muestra el nivel de variaciones calculado (elevación planeada) de cada pozo donde se planean ubicar las instalaciones de explotación.

Tabla 2-18 Valor del descenso de nivel calculado para cada pozo donde habrá instalaciones de explotación.

Pozo No.	Volumen a explotar (l/seg)	Nivel hidrostático (m)	Descenso de nivel por explotación (m)	Descenso de nivel por interferencia (m)	Variación de nivel hidrostático (m)	Variación de nivel calculado (m)
PV-02	130	9.54	15.22	14.38	7.00	46.14
PV-03	100	6.02	35.88	12.08	7.00	60.98
PV-06	70	6.16	43.64	15.06	7.00	71.86
PV-08	100	5.15	43.74	15.53	7.00	71.42

(3) Instalaciones de explotación

Las instalaciones de explotación de este proyecto tienen como objetivo la elevación de aguas subterráneas. Las aguas son presionadas por una bomba que se coloca al extremo de la tubería vertical instalada dentro del pozo, y son propulsadas hacia la superficie a través de esta tubería. Las aguas elevadas a la superficie, cambian a un sentido horizontal al pasar por un codo de descarga, y son enviadas a la tubería de conducción. El agua se descarga en las pozas de recepción de los canales de concreto, y a través de tuberías de conducción es enviada cauce abajo.

Las características y especificaciones de las instalaciones de explotación serán determinadas teniendo en cuenta las facilidades para su operación y mantenimiento. Los estudios para seleccionar los equipos y materiales se indican a continuación, divididos en: motores y bombas, equipo complementario, dispositivos de accionamiento y tuberías de conducción.

a) Bombas y motores

Tipos de bombas

Las bombas a usar en el proyecto son descarga de 70 ~ 130 l/seg., elevación total 47~96 m. En este rango de bombas existen los de tipo sumergible y los de eje vertical. Sus características se muestran en la Tabla 2-19.

Tabla 2-19 Tabla comparativo de tipos de bombas

Tipo motor sumergible	Tipo eje vertical
Por ser de una sola pieza el motor y la bomba, su instalación es más fácil.	El motor y la bomba están separados y su instalación es ligeramente difícil.
Para inspecciones de desmontaje es necesario sacar del agua tanto el motor como la bomba.	Para inspecciones de desmontaje basta con retirar del agua sólo la bomba.
Al estar el motor dentro del pozo, es difícil el control de su mantenimiento.	El motor va en la superficie, haciendo fácil el control de su mantenimiento.
Por estar unidos el motor y la bomba, el eje motor no está expuesto, y no hay posibilidad de corrosión.	El motor y la bomba están separados varias decenas de metros y necesita un eje motor largo. La conservación del eje sumergido requiere mucha atención.
Necesita mantenimiento para revisar pérdidas de electricidad y otros.	No requiere revisiones especiales porque el motor está en superficie.

Por los aspectos señalados en los reTablas en líneas gruesas: la facilidad de instalación, y control del mantenimiento del eje motor sumergido, se seleccionó como tipo de bomba, el de motor sumergible.

Tipo de motores propulsores

Dentro de los motores para las bombas que se emplearán en el proyecto, existen dos tipos: los motores eléctricos y motores diesel. Sus características se muestran en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20 Tabla comparativo de tipos de motores para bombas

	Motor eléctrico	Motor diesel
Costo de instalación	Resulta económico.	El costo por unidad de potencia resulta caro.
Instalaciones adicionales	Requiere toma y distribución de energía eléctrica.	Requiere transporte y almacenamiento de combustible, necesita aparatos auxiliares.
Costo de operación	Sus horas de operación son continuas, por eso resulta económico.	Principalmente son costos de combustible para la operación y lubricantes.

Control de operación	Accionamiento sencillo. Es posible una alta automatización, muy confiable para su control.	Para realizar control eléctrico se hace necesario un sistema complicado.
Mantenimiento	Sencillo	El mantenimiento ocasiona mucho trabajo.
Ubicación, estructura base	Es posible instalación en espacios pequeños.	Necesita estructura firme para soportar la vibración y carga, además su motor largo horizontalmente ocupa un amplio espacio.
Sistema de engranaje	No necesita.	El eje de salida es horizontal y el de entrada a la bomba vertical, y necesita un engranaje cónico para cambiar de dirección, lo que ocasiona baja en la eficiencia.

Por los aspectos señalados en los reTablas en líneas gruesas: suministro de combustible y control del mantenimiento, se seleccionó como tipo de motor, el motor eléctrico.

Selección de tipo de motores eléctricos

Entre los motores que se usan para bombas, existen de tipo motor inducido de jaula (ó barra), motor de inducción de rotor devanado, motor sincrónico y motor con colector. Sus características se indican en la Tabla 2-21.

Tabla 2-21 Tabla comparativo de tipos de motores para bombas

	Motor inducido de jaula de ardillas	Motor de inducción de rotor devanado	Motor sincrónico	Motor con colector (conmutador)
Precio	Económico	Ligeramente caro	Caro	Caro
Corriente de encendido	Grande	Puede disminuirse colocando una resistencia al encendido.	Grande.	Pequeño.
Cambios en velocidad	Velocidad estable	Con la resistencia al encendido puede variar la velocidad.	Velocidad estable.	Velocidad variable.

Por el aspecto de economía señalado en los reTablas en líneas gruesas, se selecciona el motor inducido de jaula de ardillas. Sus desventajas en relación a la corriente de encendido pueden compensarse en el método de arranque.

Selección de tensión

La corriente eléctrica que se suministra en el Perú es de 440 V en trifásica y de 240 V en monofásica.

La capacidad de régimen los motores se ha calculado en 110 ~ 150 kW, por lo que se determina el uso de corriente trifásica de 440 V. El cable de fuerza motriz debe ser sumergible y en caso de que la tensión sea de 3 kV, sería un cable especial cuyo costo resulta elevado, además el problema de

la estructura aislante del motor sumergible de alta tensión hace que esa tensión no sea apropiada para el presente proyecto. En consecuencia, se determina la tensión en 440 V.

Selección de sistema de encendido

Para los motores que se emplearán en el proyecto, existen los sistemas de arranque tipo estrella - delta, tipo reactor y tipo Condolfer. Sus características se muestran en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22 Tabla comparativo de sistemas de encendido para motores de bombas

	tipo estrella-delta	tipo reactor	tipo Condolfer
Sistema	Arranca los campos en conexión estrella, con la tensión de $1 \sqrt{3}$, y al llegar las revoluciones al 70-90% de su número determinado, cambia a conexión delta.	Se coloca el reactor en el lado de primera del motor y luego de alcanzar la velocidad de trabajo del motor, cierra el circuito haciendo la conexión directamente.	Se baja la tensión por medio de un transformador, luego se aparta el punto medio del transformador, y en reactor, finalmente se cierra el circuito conectando en directo.
Características del encendido	Es de carga ligera por reducción de la torsión inicial, se usa mayormente en motores de poca capacidad.	Comparativamente tiene características e encendido más amplias.	Su manejo es sencillo y en comparación con el tipo reactor su efectividad inicial es menor pero se usa en motores de mayor capacidad.
Costo	El más económico.	El más caro.	Intermedio

Los motores a usar en este proyecto son de tamaño grandes, de 110 ~150 kW. Se eligió el encendido el de tipo Condolfer porque si bien sus características de arranque son algo menos ventajosas que el de tipo reactor, su manejo es más sencillo que el de tipo estrella-delta.

b) Equipo complementario

En equipo complementario se incluye: tubos de elevación, codo de descarga, manómetro de presión, válvula de cierre, válvula check, válvula de suministro automático de aire, medidor de caudal., y union dresser.

c) Dispositivos de accionamiento

Como dispositivos de accionamiento están el detector de nivel de agua y el tablero de mando, necesarios para controlar eléctricamente el manejo de la bomba. Los objetivos de su uso son los siguientes:

Detector de nivel de agua: Necesario para la seguridad de la bomba bajo el agua. Cuando el nivel del agua dentro del pozo desciende irregularmente, la bomba absorbe aire de la superficie y ocasiona problemas como la cavitación, que acorta la vida del equipo.

Tablero de control: Necesario para la operación de la bomba. Tablero que incorpora funciones como detectar los desperfectos eléctricos ya sea en el sistema de encendido de baja tensión ó de conexión por bajo nivel de agua, y hace detener automáticamente la operación de la bomba. Considerando que el tablero estará en el altiplano lejos de los poblados, se determinó que su circuito no será de tipo relé mecánico sino circuito de estado sólido con control electrónico.

Como en el proyecto no se realizará control y observación a distancia, el detector de nivel no necesita registrar el nivel del agua en el pozo y considerando que será instalado en el interior estrecho de pozos, se seleccionó el uso de tipo electrodo, por ser más sencillo en su estructura y más económico.

Ya que no se realizará el control a distancia, el tablero de accionamiento será necesario sólo del lado del equipo. Deberá estar expuesto a condiciones naturales difíciles, y por ello se eligió tableros de acero de uso exterior, tipo autoportado. El tablero de control incluirá los equipos indicados en la Tabla 2-23.

Tabla 2-23 Dispositivos del tablero de accionamiento

Componente	Uso
Interruptor principal	Secciona el circuito motor de la bomba
Sobrecarga, cortes de fases, fase negativa	Circuito de protección del motor
Circuito de manejo tipo estado sólido	Circuito para operación automática
Selector desconexión manual-automática	Selecciona operación manual ó automática
Voltímetro	Mide la tensión de recepción (lleva switch de cambio de fases)
Amperímetro	Mide el valor de la corriente durante la operación
Relé de conexión por bajo nivel de agua	En caso de que el nivel de agua baje a extremadamente, hace parada de emergencia.

d) Tuberías de conducción

En materiales para tuberías de conducción que se usan para proyectos de este tipo, existen tuberías de polietileno de alta densidad, tuberías de plástico reforzado, de PVC y de acero. Sus características se describen en la Tabla 2-24.

Tabla 2-24 Tabla comparativo de materiales de tubería de conducción

	Tubería de polietileno de alta densidad (PE100)	Plástico reforzado (Tubos FRPM)	Tubos de PVC	Tubos de acero
Material	Su principal material es polietileno de alta densidad.	Fibra de vidrio y resina de poliéster	Polivinil clorado	Acero al carbono
Flexión	alta	mediana	alta	baja
Resistencia a la corrosión	alta	alta	alta	baja

	Tubería de polietileno de alta densidad (PE100)	Plástico reforzado (Tubos FRPM)	Tubos de PVC	Tubos de acero
Resistencia a bajas temperatura	alta	alta	baja	alta
Resistencia al impacto	alta	media	baja	alta
Pintado	No necesita	No necesita	No necesita	Necesita
Fortaleza de las uniones	Alta	Unión de goma, riesgo de desprenderse.	Baja. Unido con pegamento.	Alta. Unido con soldadura o atornillado.
Obras	Alto y liviano, por lo que su transporte es fácil. Unión por calor.	Alto y liviano, transporte fácil. Unión de goma.	Alto y liviano, transporte fácil. Montaje sencillo pero quedan dudas sobre su resistencia.	Bajo y pesado, transporte a las alturas difícil. En caso de soldar, requiere equipo.
Facilidad para reemplazos	Adquirible en el Perú.	Adquirible en el Perú.	Adquirible en el Perú.	Adquirible en el Perú.
durabilidad	Alta	Alta	Baja	Baja, son de calibre pequeño, (250 ~ 300mm), por lo que su pintado interior es difícil.

Como se muestra en la Tabla superior, el HDPE tiene la ventaja de su facilidad de obra, que no es igualado por los otros, siendo el material más apropiado para realizar las obras de instalación en altitudes de 4,600 m. En consecuencia, se eligió la tubería de polietileno de alta densidad (HDPE100) para 10 kg de presión, con poca resistencia de fricción y alta durabilidad.

En el caso de la tubería de acero, no es posible dar tratamiento antioxidante a las partes soldadas, y con los años el deterioro por oxidación causa grandes pérdidas por fricción, pero en las tuberías HDPE su ventaja es que al ser de plástico no hay oxidación y no aumentan las pérdidas por fricción. Adicionalmente, a diferencia de las de acero, tienen gran flexibilidad lo que posibilita el tendido en zonas ligeramente ondeadas sin necesidad de usar tubos curvos.

En base a los resultados de la evaluación, las especificaciones básicas de las instalaciones de explotación son como se indican en la Tabla 2-25.

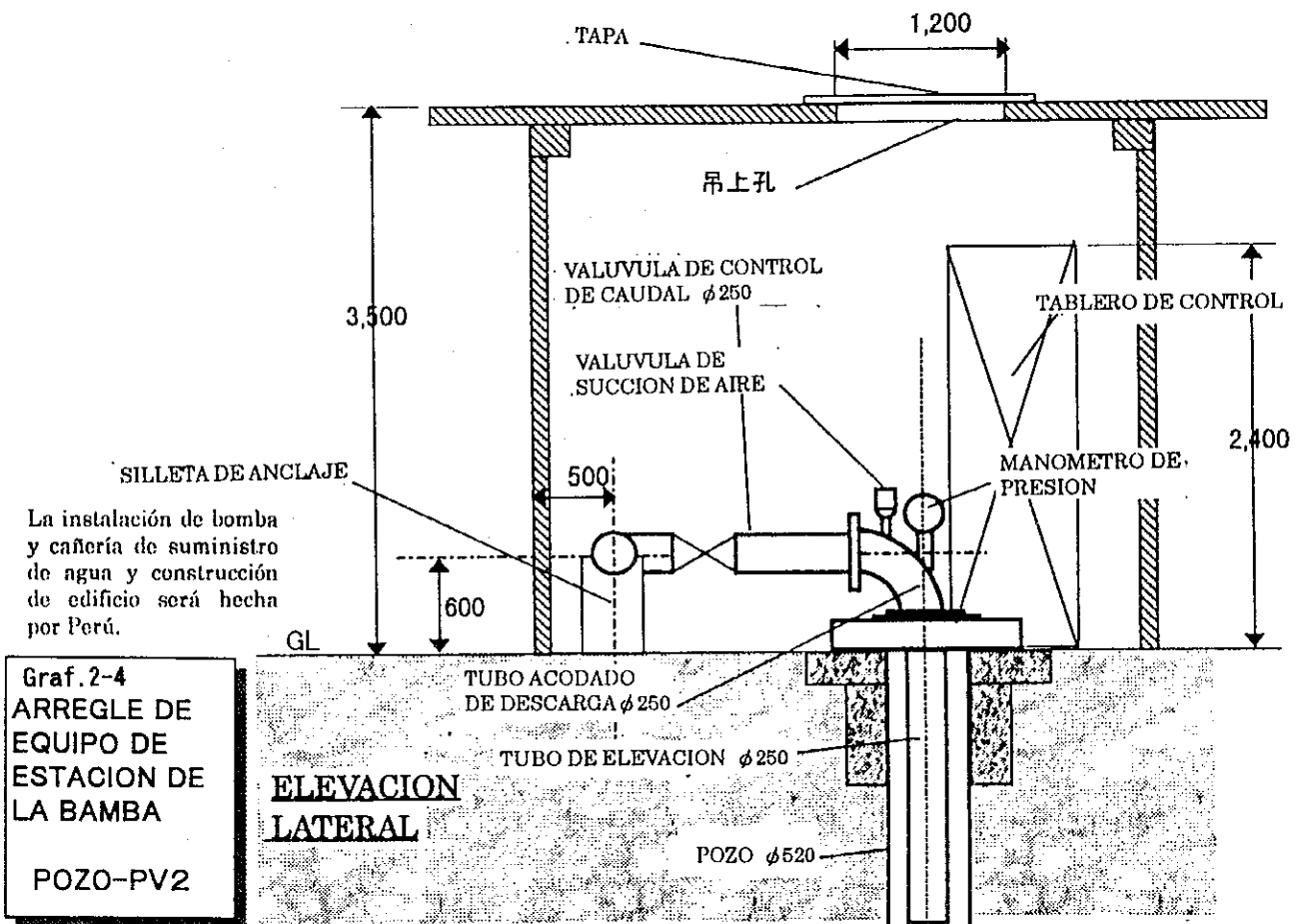
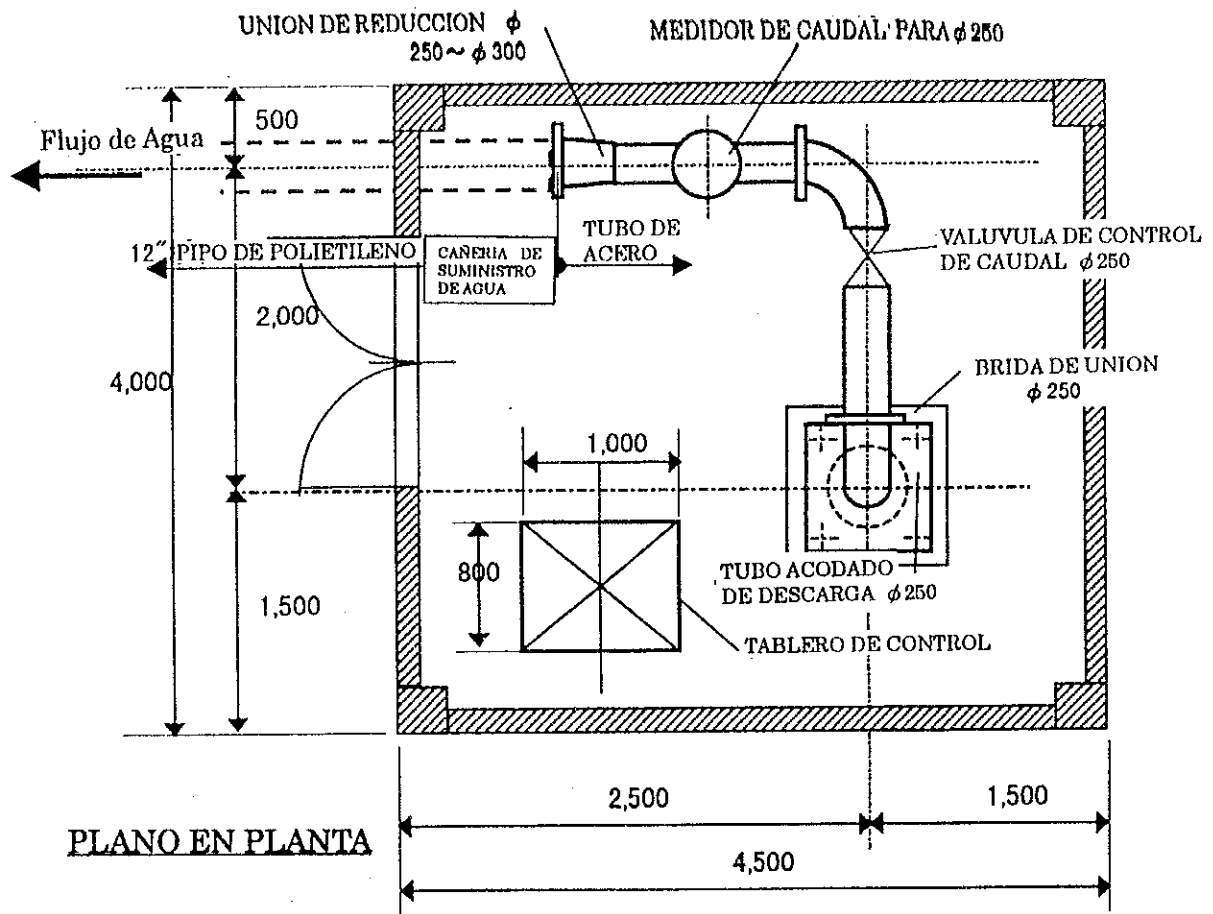


Tabla 2-25 Especificaciones básicas de las instalaciones de extracción

Especificaciones		Para PV-2	Para PV-3	Para PV-6	Para PV-8	Para equipo de reserva	
BOMBAS	Tipo	Bombas sumergibles					
	Descarga (l/seg)	130	100	70	100	100	
	Elevación total (m)	47	72	96	96	72	
	Accesorios						
	Válvula check en interior de bomba	Uno					
	Tubería vertical: tubo de acero al carbono sin costura Sch40, brida especial para empalme, caja para fijación de cables.	Uno				No lleva	
	Cable de transmisión sumergible	Largo: 70 m	Largo: 80 m	Largo: 90 m	Largo: 90 m	Largo: 80 m	
	Detector de nivel: para operación automática y detectar nivel bajo de agua.	Largo: 52m	Largo: 62 m	Largo: 75 m	Largo: 76 m	No lleva	
MOTORES	Corriente de uso	Trifásica, 440 V, 60 Hz					
	Método de encendido	Tipo Condolfer con control sistema estado sólido					
	Tipo	Tipo sumergible, sellado, con cojinetes para alta carga antidesgaste.					
	Altitud de uso (msnm.)	4,600					
TABLERO DE ACCIONAMIENTO	Tipo	De acero autosoportado, pintado al soplete, puertas con llave.				No lleva	
	Interruptor principal	MCCB con fusibles				No lleva	
	Método de arranque	Tipo electromagnético trifásico. Con relés de tiempo y de temperatura.				No lleva	
	Cantidad de funciones en modo preset	Alrededor de 80 tipos				No lleva	
	Sistema de protección	Relés de sobrecarga, cortes de fases, fase negativa.				No lleva	
	Interruptor selector	OFF-manual-automático				No lleva	
	Medidores	Con voltímetro, amperímetro, selector interfases.				No lleva	
	Relé de operación	Detección de nivel de agua bajo.				No lleva	
Repuestos	Fusibles: un juego				No lleva		

Especificaciones		Para PV-2	Para PV-3	Para PV-6	Para PV-8	Para equipo de reserva
ACCESORIOS	Codo de descarga	250 mmφ con cubierta para pozo 1 codo 90°		Igual a izquierda 200 mm φ	Igual a izquierda 250 mm φ	No lleva
	Manómetro de presión (1 unidad)	Kg/cm ² indicaciones:		Igual a izquierda 200 mm φ	Igual a izquierda 250 mm φ	No lleva
	Válvula reguladora de descarga	Válvula esclusa 250 mmφ		Igual a izquierda	Igual a izquierda	No lleva
	Tubo de descarga: Sch 40, con bridas	250 mmφ, largo 3.0m, 2 unidades		Igual a izquierda	Igual a izquierda	No lleva
	Válvula check (1 unidad)	No lleva	250 mm φ	200 mm φ	250 mm φ	No lleva
	Válvula automática de aire tipo flotante (1 unidad)	No lleva	250 mm φ	200 mm φ	250 mm φ	No lleva
	Medidor de caudal (1 unidad)	250 mm φ, pantalla con caudal en l/seg., cómputo de volumen en m ³ .		Para 200 mm φ	Para 250 mm φ	No lleva
	Brida de unión para armar y desmontar (1 unidad)	Para 250 mm φ		Para 200 mm φ	Para 250 mm φ	No lleva
	Otros	Pernos, tuercas, empaquetadoras.				No lleva
TUBERÍA	Tubo recto 250 mm φ	0 m	57 m	800 m	3 m	No lleva
	Tubo recto 300 mm φ	40 m	0 m	0 m	670 m	No lleva
	Codo 45° con bridas, 300 mm φ	0 unidades	4 unidades	4 unidades	0 unidades	No lleva
	Codo 45° con bridas, 250 mm φ	4 unidades	0 unidades	0 unidades	4 unidades	No lleva
	Codo 90° con bridas, 250 mm φ	0 unidades	1 unidad	1 unidad	0 unidades	No lleva
	Codo 90° con bridas, 300 mm φ	1 unidad	0 unidades	0 unidades	1 unidad	No lleva
	Reducidor de cobre de 300-250 mm	1 unidad	0 unidades	0 unidades	1 unidad	No lleva
	Reducidor de cobre de 250 - 200 mm.	0 unidades	0 unidades	1 unidad	0 unidades	No lleva

(4) Línea de Transmisión

(a) Resumen del diseño

Ruta de la línea de transmisión y su capacidad

Para la alimentación de energía eléctrica del Altiplano Vizcachas, se requiere una capacidad de transmisión de 1,200 kVA, es decir, el total de la capacidad del transformador que será instalado en la subestación de Vizcachas. Como ruta para la línea de transmisión, se han estudiado las siguientes tres alternativas.

Alternativa No.1	Subestación Sarita – Subestación Vizcachas:	tendido	60 km
Alternativa No.2	Subestación Suches – Altiplano Vizcachas:	tendido	45 km
Alternativa No.3	Subestación Sarita – Subestación Sitajara – Subestación Vilacota – Altiplano Vizcachas:	tendido	99 km

La Subestación Suches mencionada en la Alternativa No.2, es propiedad de una empresa minera. INADE presentó a la empresa una solicitud de transmisión desde dicha subestación hacia la Subestación Vizcachas, pero fue rechazada, de manera que la elección de esta alternativa queda eliminada.

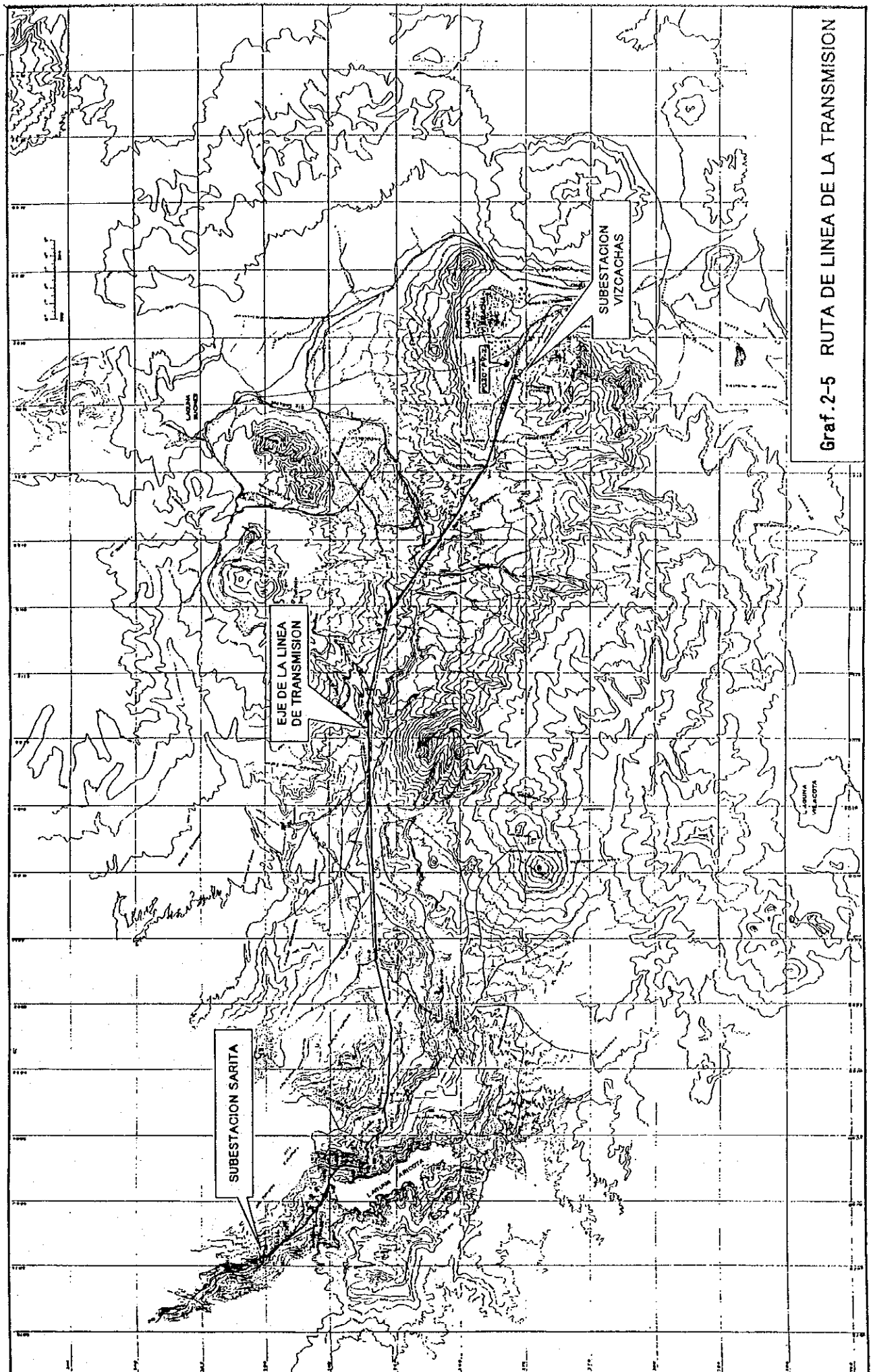
La Alternativa No.3 propone que la actual línea de transmisión que parte desde la subestación Sarita hacia Tarata, se ramifique en la Subestación Vilacota y se conecte a la Subestación Vizcachas. La corta distancia de transmisión, de 48 km, la convierte en la alternativa más económica, sin embargo, esta línea de transmisión lleva la carga de las aldeas y pueblos dispersos en las zonas de las montañas y de otro lado, la longitud total desde la Central Eléctrica hasta la Subestación Vizcachas sería de 99 km, por estos motivos, como se señala en los resultados del cálculo de la potencia de flujo de la corriente del Gráfico 2-5, la caída de la tensión hasta la subestación Vizcachas sería de 28.8%, y técnicamente no es apto para una transmisión de 33 kV.

La Alternativa No.1 tiene una longitud de tendido de 60 km, y su costo de construcción sería mayor que la Alternativa No.2, pero en comparación, la caída de tensión hasta Vizcachas sería de 8.7%, y regulando la derivación es posible la recepción en una determinada tensión nominal. En consecuencia, se decidió elegir la Alternativa No. 1, Subestación Sarita – Subestación Vizcachas.

Tensión de transmisión

La fórmula indicada abajo, de A. Still, nos da el índice de la tensión económica para la línea de transmisión; si bien en el presente caso excede ligeramente los 33 kV, si consideramos el suelo rocoso donde las obras civiles son arduas, y la topografía dificulta el transporte, el uso de la tensión superior de 66kV resultaría más oneroso. Por ello se concluyó que la tensión económica será de 33 kV.

$$\begin{aligned} V &= 5.5 \times \sqrt{(0.6 \times L + 0.01 \times P)} \\ &= 5.5 \times \sqrt{(0.6 \times 60 + 0.01 \times 1000)} \\ &= 37.3 \text{ kV} \end{aligned}$$



Graf. 2-5 RUTA DE LINEA DE LA TRANSMISION

V = tensión de transmisión (kV), L = distancia de transmisión (km),
P = capacidad de transmisión (kW)

Conductores

Se comprobó que los cables seleccionados AAAC 67 mm², como se muestra en el cálculo del flujo de corriente del Referencia 2-2, son suficientes para la transmisión de capacidad de 1,200 kVA.

Postes

Para los lugares donde el transporte se puede realizar fácilmente, se utilizarán postes de concreto, y en el resto de sitios, postes de madera. Se usarán los postes de concreto fijados en la Norma INDECOPI 339,027 del Perú: postes de concreto armado centrifugado. Los postes de madera a utilizar son los fijados en la Norma INDECOPI 251 del Perú, postes de madera tratada.

Diseño de aisladores

Considerando su compatibilidad con los equipos existentes, se utilizarán aisladores de la Norma ANSI (American National Standards Institute). Y para la pérdida de aislamiento debido a la altura, se adoptará lo señalado en el Código Nacional de Electricidad del Perú – Tomo IV, y para una altura de 1000 m. se fijará el factor de corrección para altitud, como sigue:

$$(4,600 - 1,000) / 100 \times 0.0125 + 1 = 1.45$$

La tensión disruptiva según la norma peruana es de:

$$\begin{aligned} U_c &= 2.1 \times (U_o \times 1.45 + 5) \\ &= 2.1 \times (33 \times 1.45 + 5) \\ &= 110.985 \text{ kV} \end{aligned}$$

y los aisladores con resistencia de tensión frente a esta tensión disruptiva son:

Aisladores tipo espiga -- ANSI Class 56-5
Aisladores tipo suspensión -- ANSI Class 52 – 3 x 3 unidades

De otro lado, como medidas contra los rayos, en alturas mayores a 4,000 m.s.n.m., se utilizarán cadenas de 4 aisladores tipo suspensión en los mecanismos tensores, y los mecanismos de suspensión llevarán en lugar de aisladores tipo espiga, 3 aisladores de tipo suspensión.

Cable de Guardia

En alturas mayores a 4,000 m.s.n.m., se utilizarán cables de guardia, como equipos de protección para rayos.

b) Especificaciones del equipo de transmisión

Tabla 2-26 Los Principales de Línea de Transmisión

33kV Línea de Transmisión	Tensión	33 k V
	Longitud	60 k m
	Sistema	neutro aislado
	Capacidad	3,000kVA
	Suportes	Postes de concreto y postes de madera
	Conductores	AAAC 67 mm ²
	Cables de guardia	GSW23.4 mm ² (>4000m)
	Aisladores	tipo suspensión y tipo espiga
	Otros	
10kV Línea de Distribución	Tensión	10 k V
	Longitud	11 k m
	Capacidad	3,000kVA
	Suportes	Postes de concreto
	Conductores	HDCC 16 mm ²
	Cables de guardia	GSW23.4 mm ²
	Aisladores	tipo suspensión y tipo espiga

Generalidades

Longitud	60 km
Tensión	33 kV
Sistema	neutro aislado
Conductores	ACSR 67 mm ²
Cables de guardia	GSW 23.4 mm ²
Suportes	postes de concreto/postes de madera
Aisladores	tensores: 254 mm tipo suspensión (ANSI 52-3) x 3 (4) Suspensión: tipo espiga (ANSI 56-5) 254 mm tipo suspensión (ANSI 52-3) x 3
Altitud	2,200 ~ 4,600 m.s.n.m.

Conductores

Tipo de cable	AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)
Sección	67.43 (mm ²)
Número de hilos	19
Diámetro exterior	10.5 (mm)
Peso longitudinal	0.184 (kg/m)
Resistencia eléctrica a 20°	0.5215 (ohm)
Carga de rotura	28.5 (kg/mm ²)

Cables de guardia

Tipo de cable	Acero Galvanizado Siemens Martin
---------------	----------------------------------

Sección	23.44 (mm ²)
Número de hilos	7
Diámetro exterior	6.35 (mm)
Peso longitudinal	0.181 (kg/m)
Carga de rotura	1450 (kg/mm ²)

Aisladores tipo suspensión de 254 mm

Clase	ANSI 52-3 porcelana, casquillo bola (marrón)
Diámetro de disco	254 mm
Espaciamiento	146 mm
Esfuerzo electro mecánico	6800 (kg)
Tensión de flameo (húmedo)	50 (kV)
Impulso positivo	125 kV (+)

Aisladores tipo espiga

Clase	ANSI 56-5 porcelana, (marrón)
Tensión nominal	72 (kV)
Longitud de fuga	864 mm
Esfuerzo en voladizo	1363 (kg)
Tensión de flameo (húmedo)	125 (kV)
Impulso positivo	270 (kV) (+)

Postes

Tipo S Se emplearán en tramos rectos de vanos regulares; los soportes serán postes de madera de 12 m. Tipo suspensión, disposición horizontal, y apoyados por aisladores de tipo espiga. (Ver Referencia 3-3)

Angulo topográfico	0° - 1°
Vano viento	hasta 200 m
Vano gravante	hasta 280 m

Tipo A Se emplearán en tramos rectos de vanos regulares, como tensores y los soportes serán postes de madera de 11 m. Tipo tensión, disposición horizontal, y soportados por cadenas de 3 aisladores de tipo suspensión. (Ver Referencia 3-4)

Angulo topográfico	0° - 1°
Vano viento	hasta 200 m
Vano gravante	hasta 520 m

Tipo A 30 Se emplearán en tramos rectos con puntos de ángulo; los soportes serán postes de madera de 12 m. Tipo tensión, disposición perpendicular, y soportados por cadenas de 3 aisladores de tipo suspensión, con refuerzo de 2 retenidas. (Ver Referencia 3-5)

Angulo topográfico	0° - 30°
--------------------	----------

Vano viento	hasta 120 m
Vano gravante	hasta 150 m

Tipo A 60 Se emplearán en tramos rectos con puntos de ángulo. Tipo tensión, disposición perpendicular, y con cadenas de 3 aisladores de tipo suspensión. Los soportes serán postes de concreto de 12 m. Con refuerzo de 4 retenidas.

Angulo topográfico	30° - 60°
Vano viento	hasta 120 m
Vano gravante	hasta 150 m

Tipo H Se emplearán en tramos rectos con vanos de distancia media. Tipo suspensión, disposición horizontal, y con apoyo de aisladores tipo espiga. Los soportes serán 2 postes de madera de 12 m. (postes tipo H).

Angulo topográfico	0° - 1°
Vano viento	200 ~ 350 m

Tipo HA Se emplearán en vanos de distancia media, con puntos de ángulo; los soportes serán 2 postes de madera de 12 m. (postes tipo H). Tipo tensión, disposición horizontal, y con cadenas de tres aisladores de tipo suspensión.

Angulo topográfico	0° - 15°
Vano viento	200 ~ 350

Tipo E Se emplearán en tramos rectos ó con puntos de angulo, con vanos de larga distancia. Tipo tensión, con cadenas de tres aisladores de tipo suspensión. Por 1 conductor, tendrá 1 soporte, poste de madera de 12 m.

Angulo topográfico	0° - 35°
Vano viento	350 ~ 500 m

Tipo S-2 Se emplearán en tramos rectos con vanos regulares, los soportes serán postes de concreto de 12 m. Tipo suspensión, disposición horizontal, y con apoyo de aisladores tipo espiga.

Angulo topográfico	0° - 1°
Vano viento	hasta 200 m
Vano gravante	hasta 280 m

Tipo A2 Se emplearán en tramos rectos con vanos regulares, los soportes serán postes de concreto de 11 m. Tipo tensión, disposición horizontal, y con cadenas de tres aisladores de tipo suspensión.

Angulo topográfico	0° - 1°
--------------------	---------

Vano viento	hasta 200 m
Vano gravante	hasta 520 m

Tipo A2-30 Se emplearán en puntos con ángulo, de vanos regulares, los soportes serán postes de concreto de 12 m. Tipo tensión, disposición perpendicular, y con cadenas de tres aisladores de tipo suspensión. Serán reforzados con 2 retenidas.

Angulo topográfico	1° - 30°
Vano viento	hasta 120 m
Vano gravante	hasta 150 m

Tipo H2-A Se emplearán en puntos con ángulo con vanos de distancia media, los soportes serán 2 postes de concreto de 12 m. Tipo tensión, disposición horizontal, y con cadenas de tres aisladores de tipo suspensión.

Angulo topográfico	0° - 15°
Vano viento	200 ~ 350 m

Tipo S-1 Para altitudes mayores a 400 m. Con Cable de guardia.
El resto de especificaciones iguales al tipo S-2.

Tipo A-1 Para altitudes mayores a 400 m. Con Cable de guardia.
El resto de especificaciones iguales al tipo A-2.

Tipo A1-30 Para altitudes mayores a 400 m. Con Cable de guardia.
El resto de especificaciones iguales al tipo A2-30

Tipo H1-A Para altitudes mayores a 400 m. Con Cable de guardia.
El resto de especificaciones iguales al tipo A2-30.

(5) Instalaciones de transformación

Las instalaciones de transformación son la subestación Sarita de 66/33 kV, la subestación Vizcachas de 33/10 kV, el transformador de 33/0.4 kV para las líneas de distribución de las estaciones de bombeo. Los detalles se indican en el Referencia 2-6 Diagrama unifilar de la subestación Sarita, Referencia 2-7 Diagrama unifilar de la subestación Vizcachas y Referencia 2-8 Diagrama unifilar del transformador para líneas de distribución de estaciones de bombeo.

Tabla 2-27 Los Principales de Subestación

ARTICULO		DESCRIPCION				
Subestación de Sarita	Tensión	66kV / 33 k V				
	de	Subestación de Aricota				
	a	Subestación de Vizcachas				
	Circuito	1cct				
	nuevo/Extensión	Extensión				
	Trans- fomadores	Regulación	66/33kV			
		Capacidad	3,000kVA			
Enfriamiento		ONAN				
Cantidad		1 unidad				
Subestación de Vizcachas	Tensión	33kV / 10 k V				
	de	Subestación de Sarita				
	a	Subestación de Bombeo				
	Circuito	2cct				
	nuevo/extensión	nuevo				
	Trans- fomadores	Regulación	66/33kV			
		Capacidad	1,200kVA			
Enfriamiento		ONAN				
Cantidad		1 unidad				
Subestación de Bombeo	Tensión	10kV / 440V				
	de	Subestación de Vizcachas				
	a	Subestación de Vombeo				
	Circuito	1cct				
	Nuevo/Extensión	nuevo				
	Trans- fomadores	Regulación	10/0.44kV			
		Capacidad	PV-2	PV-3	PV-6	PV-8
		200kVA	200kVA	200kVA	300kVA	
Enfriamiento		ONAN				
Cantidad	1unidad					

a) Subestación Sarita 33/33 kV

La subestación Sarita se ubica a 50 m de la Central de Aricota, y ambas están conectadas por un conductor ACSR 120 mm², un circuito. Actualmente en la subestación Sarita está instalado un transformador de 2,000 kVA, y suministra energía eléctrica hacia la zona de montañas como Sitahara, Vilacota y Tarata. En el presente proyecto se instalará un nuevo transformador de 3,000 kVA y para suministrar energía a la subestación Vizcachas, se reforzará con un circuito de 66 kV y dispositivos exteriores de conmutación de 33 kV.

Los equipos y materiales necesarios para las obras en la subestación Sarita son los siguientes:

Tabla 2-28 Los Principales Equipos Subestación Sarita

Nombre de dispositivo	unidades
Transformadores	1 juego
Interruptores de potencia	1 juego
Seccionadores con puesta a tierra	1 juego
Seccionadores	1 juego

Transformadores de corriente	3 juegos
Transformadores de corriente	3 juegos
Transformadores de tensión	3 juegos
Pararrayos	3 juegos
Tablero de control para exterior	3 juegos

Para la protección del transformador, se usarán relés de protección diferencial (87), y como protección de la línea de transmisión de 33 kV, en circuitos cortos se emplearán relés (relevadores) de

sobreintensidad, y para las fallas de conexión a tierra se usarán relés de tierra direccionales. Sin embargo, para los accidentes de falla a tierra, al ser de sistema neutro aislado, la fase cero es pequeña y la selección de fase difícil, por ello el sistema a adoptar en caso de descomposturas en la falla a tierra, será de seccionar primero la línea Vizcachas, y si no es posible eliminar la falla, se seccionará luego la línea Tarata, usando un temporizador. La energía de control de la subestación, será la suministrada de la Central Aricota, AC380/220V.

Estando la subestación Sarita ubicada a 2,000 m.s.n.m., los equipos de 66 kV y 33 kV tendrán el NAB (Nivel de aislamiento básico externo) determinado de la siguiente manera:

Factor de corrección por altitud: $(2,200 - 1,000) / 100 \times 0.0125 + 1 = 1.15$

Tabla 2-29 Nivel de Aislamiento Básico Externo

Tensión nominal	66 kV	33 kV
NAB hasta 1000 m.s.n.m.	325 kV	170 kV
NAB1000 x factor de corrección por la altitud	373.75 kV	195.5 kV
NAB 2200	450 kV	250 kV

Las especificaciones de los principales equipos de la subestación Sarita son:

Transformador

Tipo	: Trifásico, para exterior en baño de aceite
Capacidad	: 3,000 kVA
Regulación de tensión	: Con dispositivo de cambio de tap en tensión nula 69.3-67.65-66-64.35-62.7F/33kV
Tensión de régimen	: Primaria 66 kV estrella Secundaria 33 kV delta
Grupo de conexión	: Ynd 5
Sistema de enfriamiento	: ONAN
Transformadores de corriente tipo bushing	: lado 33 kV 100/5A

Interruptor de potencia

Tipo	: Trifásico, interruptor de potencia tipo small oil para exterior
Tensión nominal	: 36 kV
Corriente nominal	: 600 A
Capacidad de ruptura	: 12.5kA
Tiempo de interrupción nominal	: 5 ciclos
Accionamiento	: Abrir - 1 min. cerrar abrir - 3 min. cerrar abrir
Circuito de control	: AC 220

Seccionadores

Tipo	:	Trifásico, para exterior, dos puntos de corte horizontal, operación manual. (en caso de tener conexión a tierra, el dispositivo de conexión tipo manual)
Tensión de régimen	:	33 kV
Corriente nominal	:	600 A
Corriente límite térmica	:	12.5 kA

Transformadores de Corriente

Para 66 kV

Tipo	:	Monofásico, en baño de aceite, para exterior.
Tensión máxima de servicio	:	72 kV
Relación de transformación	:	100 / 5 / 5 A
Tensión no disruptiva nominal	:	12.5 kA
Medición clase	:	para medidores - 1.0 para relé de protección - 5P20

Para 33 kV

Tipo	:	Monofásico, en baño de aceite, para exterior,
Tensión máxima de servicio	:	36 kV
Relación de transformación	:	50 / 5 / 5 A
Tensión no disruptiva nominal	:	12.5 kA
Medición clase	:	para medidor - 1.0 para relé de protección - 5P20

Pararrayos

Tipo	:	Tipo ZnO, pararrayos autoválvula
Tensión nominal	:	42 kV
Corriente de descarga nominal	:	10 kA
Tensión de descarga	:	59.4 kV

Tablero de control para interior

Tipo	:	Cubículo para interior
Instrumentos de medición	:	Amperímetro, voltímetro, kilovatímetro, energímetro
Relés de protección	:	51, 67 G
Otros	:	Dispositivo de alarma
Fuente de energía de uso	:	380 - 220 V

b) Subestación Vizcachas 33/10 kV

La nueva subestación de Vizcachas será construida en las cercanías de las estaciones de bombeo (pozo PV-2) que se encuentran en la laguna Vizcachas. La tensión de transmisión de 33 kV que viene de la subestación Sarita se baja a 10 kV por medio del transformador y se divide en dos líneas de suministro que entregan la corriente a las líneas de distribución de 10 kV de las estaciones de bombeo. El transformador lleva incluida la función de regulación automática de derivación y posibilita la regulación del voltaje en una subestación sin personal permanente. De otro lado, en la boca de salida de las dos líneas de suministro, se instalarán recierres, para evitar apagones por accidentes momentáneos. Por estar ubicada la subestación a 4,600 msnm, el aislamiento NAB de 66 kV y 10 kV se determinará de la siguiente manera:

$$\text{Factor de corrección por altitud: } (4,600 - 1,000) / 100 \times 0.0125 + 1 = 1.45$$

Tabla 2-30 Nivel de Aislamiento Básico Externo

Tensión nominal	33 kV	10 kV
NAB hasta 1000 msnm.	170 kV	75 kV
NAB ₁₀₀₀ x factor de corrección por la altitud	246.5 kV	108.75 kV
NAB 4600	250 kV	125 kV

En un punto intermedio entre la subestación Sarita y la de Vizcachas, se colocará un conmutador para tramos. Este conmutador será uno que no interrumpirá la corriente de carga, pero contará con la función de abrir y cerrar la corriente acumulada de la línea. Y su NAB será de 250 kV.

Las principales especificaciones de los equipos y materiales necesarios para la construcción de la subestación Vizcachas son:

Tabla 2-31 Equipos y materiales necesarios para la construcción de la subestación Vizcachas

Nombre de dispositivo	unidades
Transformadores	1
Interruptores de potencia	1
Seccionadores con puesta a tierra	1
Transformadores de corriente	3
Transformadores de corriente	3
Transformadores de tensión para medidores	3
Transformadores de tensión para medidores	3
Pararrayos	3
Pararrayos	9
Recierres	2
Tablero de control uso exterior	1
Conmutador entre tramos (seccionador de tipo superficie)	1

Como protección de la línea de transmisión de 10 kV, en circuitos cortos se usarán relés de sobreintensidad (51). Como energía de control para la subestación se instalará un transformador de 50 kV y se obtendrá AC 380/220 V.

Las especificaciones de los diferentes equipos se señalan a continuación:

Transformador

Tipo	:	Trifásico, uso exterior
Capacidad	:	1,200 kVA
Regulación de tensión	:	Con dispositivo de cambio de derivación de tensión automática 33kV(+/-)10%/10kV
Tensión de régimen	:	Primaria 33 kV delta Secundaria 110 V estrella
Grupo de conexión	:	Ynd 5
Sistema de enfriamiento	:	ONAN

Interruptor de potencia

Tipo	:	Trifásico, interruptor de potencia tipo small oil uso exterior
Tensión nominal	:	36 kV
Corriente nominal	:	600 A
Capacidad de ruptura	:	12.5kA
Tiempo de interrupción nominal	:	5 ciclos
Accionamiento	:	Abrir – 1 min. – cerrar abrir – 3 min.cerrar abrir
Circuito de control	:	AC 220

Seccionadores

Tipo	:	Trifásico, uso exterior, dos puntos de corte horizontal, operación manual. (en caso de tener conexión a tierra, el dispositivo de conexión tipo manual)
Tensión de régimen	:	36 kV
Corriente nominal	:	600 A
Corriente límite térmica	:	12.5 kA

Transformadores de corriente

Para 33 kV

Tipo	:	Monofásico, en baño de aceite, uso exterior.
Tensión máxima de servicio	:	36 kV
Relación de transformación	:	50 / 5 A
Tensión no disruptiva nominal	:	12.5 kA

Medición clase : para medidores – 1.0
para relé de protección – 5P20

Para 10 kV

Tipo : Monofásico, en baño de aceite,
uso exterior.
Tensión máxima de servicio : 10 kV
Relación de transformación : 100 / 5 A
Tensión no disruptiva nominal : 12.5 kA
Medición clase : Para medidores – 1.0
para relé de protección – 5P20

Pararrayos

Para 33 kV

Tipo : Tipo ZnO, pararrayos autoválvula
Tensión nominal : 42 kV
Tensión de uso continuo : 59.4 kV
Corriente de descarga : 10 kV

Para 10 kV

Tipo : Tipo ZnO, pararrayos autoválvula
Tensión nominal : 12 kV
Tensión de uso continuo : 19.8 kV
Corriente de descarga : 10 kV

c) Transformador 10/0.4 kV para bombas

En cada estación de bombeo se instalarán transformadores de 10 kV/440 V. Considerando la corriente de arranque de los motores de las bombas, la capacidad de cada uno se decide de la siguiente manera:

- 1) PV-2 200 MVA
- 2) PV-3 200 MVA
- 3) PV-6 200 MVA
- 4) PV-8 300 MVA

Estando la subestación ubicada a 4,600 msnm., el nivel NAB de 10 kV será como sigue:

Factor de corrección por altitud: $(4,600 - 1,000) / 100 \times 0.0125 + 1 = 1.45$

Tabla 2-32 Nivel de Aislamiento Básico Externo

Tensión nominal	10 kV
NAB hasta 1000 msnm	75 kV
NAB ₁₀₀₀ x factor de corrección por la altitud	108.75 kV
NAB ₄₆₀₀	125 kV

Las especificaciones de los principales equipos y materiales serán:

Tabla 2-33 Equipos y materiales serán

Nombre de dispositivo	Unidades
Transformadores	1
Transformadores	4
Pararrayos	9
Disyuntor con fusible	1
Disyuntor con fusible	4
Tablero de distribución de baja tensión	1

Transformadores

Tipo	:	Trifásico, uso exterior
Capacidad	:	300 kVA, 200 kVA
Regulación de tensión	:	Con dispositivo de cambio de derivación en tensión nula 9.0F-9.5F-10-10.5kV/440V
Tensión de régimen	:	Primaria 10 kV delta Secundaria 440 V estrella
Sistema de enfriamiento	:	ONAN

Pararrayos

Tipo	:	Tipo ZnO, pararrayos autoválvula
Tensión nominal	:	12 kV
Tensión de uso continuo	:	19.8 kV
Corriente de descarga	:	10 kV

(6) Instalaciones de distribución

El suministro de energía eléctrica de la subestación Vizcachas a cada estación de bombeo se hará a través de líneas de distribución de 10 kV.

Los detalles de las líneas de distribución de 10 kV son los siguientes:

Tabla 2-34 detalles de las líneas de distribución de 10 kV

Soportes	Postes de concreto
Largo de tendido	11 km
Cables	HDCC 16 mm ²
Cables de guardia	GSW 23.4 mm ²
Vano promedio	85 m
Aisladores	Tipo espiga ANSI 56-2

(7) Equipos de medición de aguas subterráneas

Con el objetivo de realizar la operación y mantenimiento, el control de la calidad del agua y el control y observación científica del manto de aguas subterráneas del Altiplano Vizcachas, se planea la Cooperación Financiera No Reembolsable para los siguientes equipos:

a) Equipo de cámara de video para inspección interna de pozos (uno)

Este aparato deberá satisfacer las siguientes especificaciones.

- i) Tipo de equipo: sistema de video cámara para inspección interna para los pozos.
- ii) Diámetro interior de los pozos donde trabajará: 12 a 18 pulgadas.
- iii) Profundidad de trabajo: profundidad máxima de 400 m. aproximadamente.

De otro lado, en el caso de las cámaras de video para inspección interna, mientras más pequeño sea el agujero a examinar ó interior de los pozos, más costoso es el equipo, por lo tanto es necesario escoger exhaustivamente el equipo de tamaño más adecuado para el diámetro interior de los pozos del presente proyecto, de manera que no se determine una medida más pequeña de la que realmente se requiera.

b) Aparato de medición de la calidad de agua, para interior de pozo (uno)

Se definió como "Aparato de medición resistividad (profundidad 400 m)", pero se trata de un equipo que examina la calidad del agua a diferentes profundidades, introduciendo un sensor al interior del pozo, y por su función es más apropiado llamarlo "Equipo de medición de la calidad de agua para interior de pozos".

Este aparato deberá satisfacer las siguientes especificaciones.

- i) Tipo de equipo: aparato que introduce un sensor al interior de pozos para examinar la calidad del agua.
- ii) Diámetro interior de los pozos donde trabajará: 12 a 18 pulgadas.

iii) Mediciones que efectuará: por lo menos, examinará la temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica. En lo posible es deseable que pueda también medir la concentración de sal.

iv) Profundidad de trabajo: profundidad máxima de 400 m. aproximadamente.

c) Equipo de examen de calidad de agua para el campo (uno)

Aparato para examinar cotidianamente en el campo la calidad del agua, muy importante para conocer la medición de los indicadores de la calidad (pH, grado de conductividad eléctrica y otros). Si se detectan irregularidades en la calidad del agua, se toman medidas como recoger muestras del agua y analizarlas en el laboratorio.

Este aparato deberá satisfacer las siguientes especificaciones.

i) Tipo de equipo: aparato sencillo que hace la medición eléctricamente del agua de superficie ó agua recogida.

ii) Mediciones que efectuará: por lo menos, examinará la temperatura del agua, pH, grado de conductividad eléctrica. En lo posible es deseable que pueda también medir la concentración de sal.

d) Registrador automático de nivel de agua (ocho unidades)

Para la medición continua del nivel de agua en los 4 pozos que serán explotados y de las variaciones de nivel de las aguas subterráneas de todo el Altiplano Vizcachas, se ha planeado instalar registradores automáticos de nivel en los ocho pozos de observación siguientes:

Tabla 2-35 Pozos para registrador automático de nivel de agua

Estación No	Ubicación	Profundidad (m)	Nivel hidrostático actual (m)	Variación de nivel estimado (m)	Largo de cable (m) (*1)
TDV-6	Pozo de observación de PV-2	81	15	25~50	60
PC-3	Pozo de observación de PV-3	154	10	40~60	70
TDV-10	Pozo de observación de PV-8	263	1	40~70	80
TDV-2	Lado este de PV-6 (*2)	240	16	40~70	80
TDV-5	Extremo norte de planicie	292	6	10~20	30
PL-3	Llanura norte de laguna	55	2	5~20	30
TDV-3	Llanura sur de laguna	156	1	5~20	30

TDV-1	Extremo sur de llanura	338	30	30-50	60
Total					440

*1: largo de cable = (nivel de agua máximo + fijación de flotador + fijación de balance + márgenes)

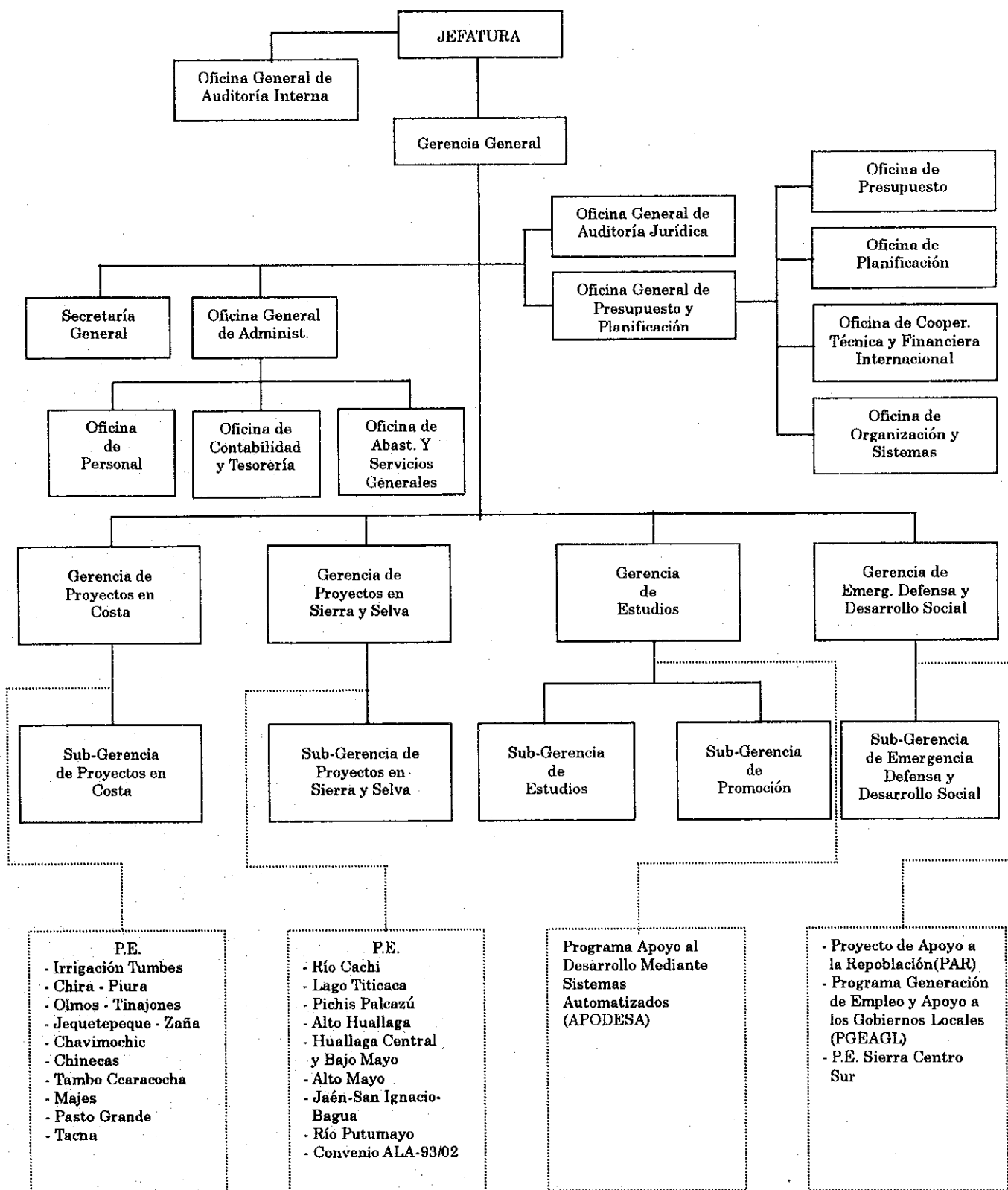
*2: TDV-2, perforado como pozo de observación de PV-6, es un pozo fluyente, por lo que C-77 será pozo de observación de PV-6.

Los registradores deberán satisfacer las siguientes especificaciones. Es necesario considerar especialmente, que el lugar donde van a ser instalados, el Altiplano Vizcachas, es una zona muy fría donde es difícil realizar un control o mantenimiento frecuente de los equipos.

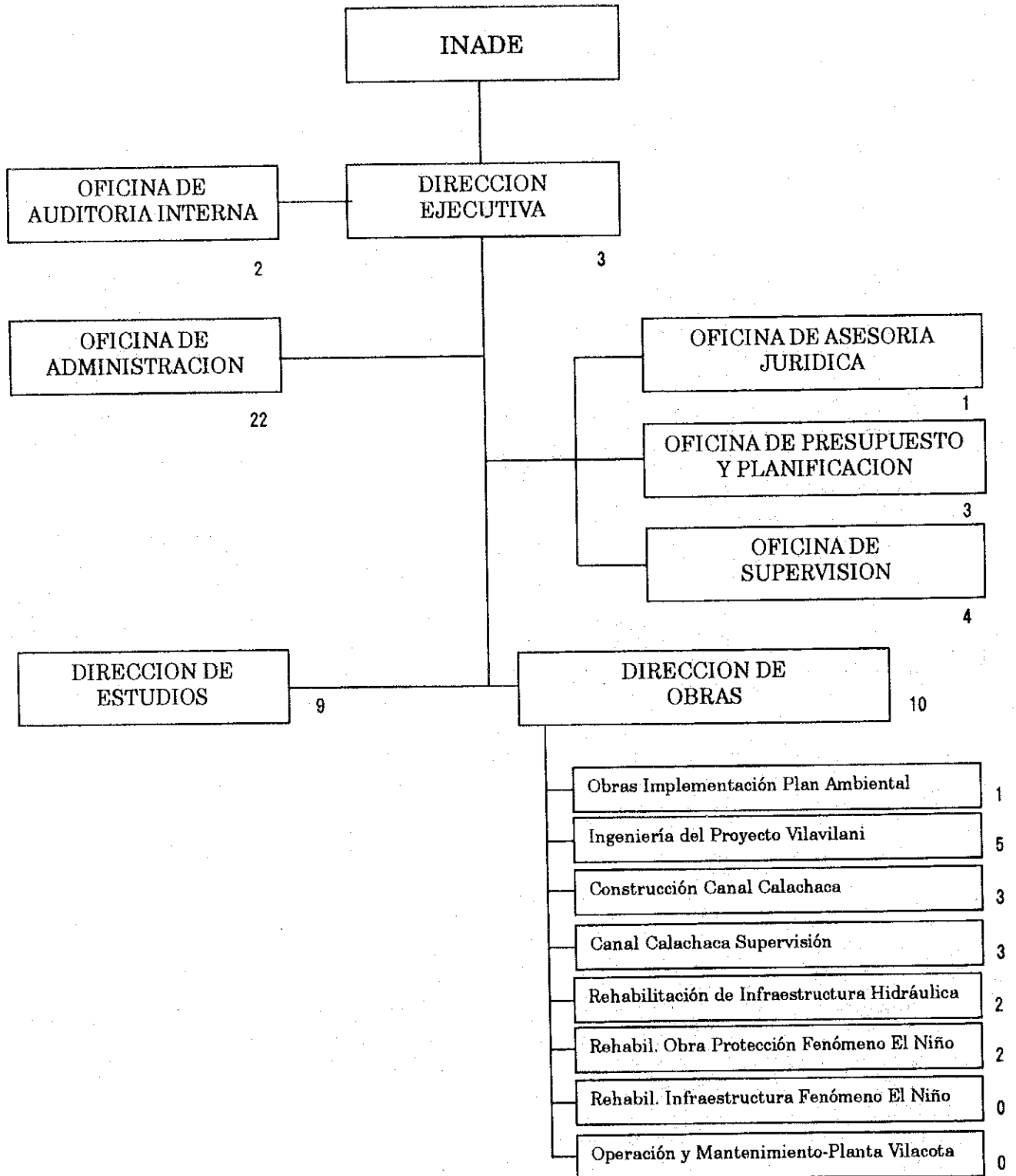
- i) Tipo de aparato: registrador automático tipo flotante que pueda instalarse en pozos de observación con orificio de 3-4 pulgadas aproximadamente. (el diámetro del flotador debe corresponder al del pozo).
- ii) Tiempo de reemplazo de papel: en caso de que sean aparatos con papel que debe reemplazarse, deben tener por lo menos capacidad de registro para un mes.
- iii) Condiciones climáticas: deben ser aparatos capaces de ser usados en lugares donde la temperatura desciende hasta cerca de -20°C .
- iv) Largo de cables: igual a la Tabla anterior. Sin embargo, el cable que sostiene el flotador no puede usarse cuando se dobla o enreda, por lo tanto es deseable tener el doble del largo señalado arriba, en previsión, para poder realizar observaciones a largo plazo.

Las obras de instalación de los registradores automáticos estarán a cargo del lado peruano.

**Graf.2-7 INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO
ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL**



**Graf.2-8 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL
DEL PROYECTO ESPECIAL TACNA
RESOLUCION MINISTERIAL 209-95-PRES**



CENTRO DE COMPUTO 2

TOTAL 72 personas

2-4 Ejecución del Proyecto

2-4-1 Estructura Institucional

(1) Organigrama General

La entidad ejecutora del presente proyecto es el Proyecto Especial Tacna (PET), una de las entidades ejecutoras regionales del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), que está bajo la jurisdicción del Ministerio de la Presidencia. Los organigramas estructurales de INADE y PET se muestran en los Gráficos No. 2-7 y 2-8.

(2) Estructura funcional en relación a planeamiento y construcción.

A setiembre de 1998, el personal del Proyecto Especial Tacna está conformado por 72 personas, de ellos 28 ingenieros. Además de este personal, en las obras directas de PET hay 387 personas como personal de contratación eventual. Por secciones, el número de personal empleado y eventual son como se indica en el Tabla 2-36.

Tabla 2-36 Personal de PET

Departamento	Empleado	Eventual
Dirección Ejecutiva	3	1
Oficina de Auditoría Interna	2	
Oficina de Administración	22	8
Oficina de Asesoría jurídica	1	
Oficina de Presupuesto y Planificación	3	
Oficina de Supervisión	4	
Dirección de Estudios	9	
Dirección de Obras	10	
Sala de Cómputo	2	
Subtotal	56	9
Of. de Obras de Plan Ambiental	1	3
Of. Obras Ingeniería Proyecto Vilavilani	5	62
Of. Obras Afianzamiento Laguna Aricota	6	206
Operación Mantenimiento Planta Vilacota (paralizado)	0	1
Obras de Rehabilitación Fenómeno El Niño, y otros	4	106
Total	72	387

Los ingenieros tienen las siguientes especialidades, según el Tabla 2-37.

Tabla 2-37 Ingenieros por especialidades

Especialidad	Número	Especialidad	Número
Ingeniero civil	6	Ing. de Minas	3
Ing. Geólogo	7	Otros ingenieros	5
Ing. Agrícola	4		
Ing. Electricista	3	Total	28

Para la ejecución del proyecto, dentro de la Dirección de Obras se ha creado la Oficina de Proyecto de Explotación de Vizcachas, que supervisará las obras de construcción hasta la finalización del proyecto, y además de ello viene a ser en la práctica, el ente ejecutor de los "Items a ejecutar por el lado peruano" se explica en el capítulo 3-1-1(3). Adicionalmente, se recibirá el apoyo de las otras direcciones y oficinas, según sea necesario.

2-4-2 Presupuesto

A partir de 1985, PET viene realizando los estudios y obras de los proyectos de Vilavilani, Vilacota y Vizcachas. En el Tabla 2-38 se especifican los presupuestos y montos ejecutados de cada proyecto.

Tabla 2-38 Presupuesto y monto ejecutado por proyecto hasta el año 1997

Proyecto	años	presupuesto	ejecutado
Proyecto Vilavilani	1985~1997		
-Estudio de 1 Etapara		0.40	
-Obras de 1 Etapara		4.12	
-Estudio de 2 Etapara		8.72	
-Obras de 2 etapa		87.42	
Total		100.66	37.27
Proyecto Vilacota	1985~1997		
Total		12.90	12.92
Proyecto Kovire	1990~1997		
-Estudios de Fase 1		2.42	
- Obras de Fase 1		137.32	
Total		139.74	79.46
Proyecto Vizcachas	1991~1997		
- Estudios		2.50	
- Sistema de Capacación y Control		3.51	
- Sistema de Conducción		2.43	
- Operación del sistema de Emergencia		1.36	
- Sistema de Electrificación		1.43	
- Operación y Mantenimiento		0.23	

Total		11.46	8.01
Total		264.76	137.66

Para las obras de construcción del presente proyecto, PET ha solicitado ya al gobierno un monto de 2,550,000 US\$ como presupuesto para el año 1999.

2-4-3 Nivel del personal y técnico

Como resultado de los estudios realizados en septiembre de 1998, se pudo comprobar que el mantenimiento, la gestión, la distribución del personal, el almacenamiento de los materiales, así como las operaciones y la conservación de las instalaciones de extracción de aguas de Viracota y las instalaciones de bombeo provisionales de Vizcachas se estaban desarrollando de forma satisfactoria.

Asimismo, después de la realización de estas obras, los especialistas del PET, que se encuentran a cargo del mantenimiento y la gestión de las instalaciones de bombeo provisionales arriba mencionadas, tienen planeado el suministro de los materiales necesarios y la gestión de las obras de instalación para este proyecto. Por consiguiente, consideramos que no hay problema alguno con respecto al nivel del personal y al nivel técnico, para poder llevar a cabo la realización de la gestión y el mantenimiento de este proyecto después de su ejecución.

Graf. 2-9 ORGANIZACION DE EJECUCION DE PROYECTO DE BIZCACHAS

