

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La gran capital, Lima, ubicada en una zona costera seca, con una población sobre los 7 millones de habitantes, esto es alrededor del 30% del total del país, ha sufrido siempre de problemas con el abastecimiento de agua para satisfacer las demandas para uso doméstico e industrial. Debido a esto, el Gobierno del Perú solicitó al Gobierno del Japón asistencia técnica para estudiar el aprovechamiento integral de los recursos hídricos de la cuenca del Río Cañete, poniendo especial consideración a la conducción del agua desde la cuenca a la ciudad de Lima. La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) acordaron el 22 de Noviembre de 1996 el alcance de los trabajos para el Estudio del Desarrollo Integral de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Cañete en la República del Perú.

Los alcances del trabajo para llevar a cabo el Estudio del Desarrollo Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete en la República del Perú (el Estudio) fueron acordados entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) el 22 de Noviembre de 1996, contemplando los siguientes objetivos:

- (1) Formular un plan maestro integral para el desarrollo de los recursos hídricos en la Cuenca del Río Cañete en la República del Perú con un horizonte hasta el año 2020 (FASE I),
- (2) Llevar a cabo el estudio de factibilidad de proyecto(s) prioritario(s) que sea(n) identificado(s) y acordado(s) entre ambas partes, tomando como base el plan maestro hasta el año 2003 (FASE II), y
- (3) Llevar a cabo la transferencia de tecnología al personal de la contraparte durante el Estudio.

Los detalles concernientes al alcance del trabajo y al área de estudio están descritos en el Informe Inicial.

El área del Estudio se muestra en el plano “Area de Estudio” y comprende la cuenca del Río Cañete para el aprovechamiento de los recursos hídricos de la misma, la franja costera hacia Lima para la conducción del agua y la zona sur de Lima para el abastecimiento de agua para uso doméstico e industrial.

1.2 Realización del Estudio

JICA encargó la ejecución del Estudio al consorcio Nippon Koei Co.,Ltd y Pacific Consultants International (el Grupo de Estudio) en Marzo de 1999.

El Estudio se inició en Marzo de 1999 con la preparación del Informe Inicial en el Japón. El Grupo de Estudio envió la primera misión de expertos al Perú en Abril de 1999 para dar inicio al trabajo correspondiente a la FASE I. Las Actas de Reunión acordadas se prepararon el 26 de Mayo de 1999. Cabe resaltar que el horizonte del Estudio (el año 2020) para la FASE I se prolongó hasta el año 2030 para que sea consistente con el establecido en los Estudios de SEDAPAL. La frase “hasta el año 2003” que aparece en el segundo objetivo (2) también ha sido eliminado.

El Estudio se llevó a cabo en el Perú en colaboración con funcionarios de SEDAPAL y mediante Reuniones Regulares entre las partes interesadas que conformaron el Grupo Consultivo.

El Grupo de Estudio remitió el Informe Intermedio el 22 de Febrero del 2000 con los resultados de la Fase I, y la Formulación del Plan Maestro, elaborados entre Marzo y Diciembre de 1999.

SEDAPAL y JICA discutieron sobre la posibilidad de realizar la Fase II en base al Informe Intermedio, como se estipuló en los Alcances del Trabajo acordados en Noviembre de 1996, y concordaron sobre el procedimiento de implementación de la Fase II, tal como se describe en el ítem 2 del Acta de Reunión del 1° de Marzo del 2000, en la cual:

- (1) SEDAPAL solicitó el procedimiento de los trabajos de la Fase II ilustrados en el diagrama adjunto, y
- (2) JICA propuso realizar primero la investigación suplementaria del uso y pérdidas de agua en la cuenca del río Rímac a fin de esclarecer sobre la incierta capacidad de abastecimiento de agua cruda de la toma de La Atarjea. En base a los resultados de esta investigación suplementaria, se determinaría la ejecución de la Fase II y el contenido de sus Términos de Referencia.

El Grupo de Estudio inició la Investigación Suplementaria el 7 de Agosto del 2001, los alcances del estudio fueron acordados entre SEDAPAL y JICA según lo estipulado en el Acta de Reunión del 27 de Agosto del 2001. Los resultados de la investigación fueron remitidos con el Informe de Avance (2) el 28 de Septiembre del 2001.

SEDAPAL y JICA debatieron sobre la realización de la Fase II en base a los Informes Intermedios de la Fase I y al Informe de Avance (2).

JICA concordó con SEDAPAL en no realizar la Fase II, consistente en el Estudio de Factibilidad para el Manejo Hídrico del Río Cañete (Alternativa-4), en un futuro cercano, lo que se señaló en el Acta de Reunión del 19 de Octubre del 2001.

El 13 de Diciembre del 2001, a la aceptación del Borrador del Informe Final, JICA y SEDAPAL acordaron que el Informe Final se presentase lo más pronto posible, después de obtenerse los comentarios de SEDAPAL el 10 de Enero del 2002.

1.3 Contenido del Informe

El borrador del Informe Final presenta el Plan Maestro para el desarrollo integral de los recursos hídricos de la cuenca del Río Cañete, y los resultados de la investigación suplementarias en la cuenca del Río Rímac.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES SOCIOECONOMICOS Y NATURALES

2.1 Socio-economía

2.1.1 Socio-economía Nacional y Políticas del Gobierno

(1) Características Socio-económicas del Perú

De acuerdo al Censo de Población llevado a cabo en 1993, el país tiene una población de 22,639,443 habitantes que ha estado creciendo en una proporción del 2.0% por año desde 1981. Se estima que la población del país asciende a 24.8 millones en 1998. Y la proporción de población urbana en el mismo año se estimó que llegaba a 72%, habiéndose incrementado considerablemente de 60% en 1972, lo que implicaba una tendencia constante de migración rural-urbana.

De conformidad con la condición topográfica y climática, el país está clasificado en tres grandes regiones: “Costa” (Faja costeña a lo largo del Océano Pacífico, “Sierra” (área de Montaña) y “Selva” (selva amazónica), y más de la mitad de la población del país se encuentra concentrada en la región de la “Costa”, que representa no más del 10% del área territorial del país.

De acuerdo con el índice de desarrollo humano (HDI, en inglés) correspondiente al Programa de Desarrollo de Naciones Unidas en 1997, el Perú fue clasificado como un país de desarrollo humano intermedio, estando en el puesto 80 (HDI: 68.3) entre 174 países del mundo. El HDI se calcula en base a cuatro indicadores y el valor de dicho indicador para el Perú es tal como sigue: expectativa de vida al nacer (68.3 años), índice de analfabetismo en adultos (88.7%), índice bruto de matrícula escolar (78%) y PBI real per capita (US\$4,680).

(2) Programa de Reforma Estructural y Logros Económicos Recientes

Desde 1990, bajo el liderazgo del actual Presidente Fujimori, el gobierno peruano llevó a cabo una serie de reformas audaces de la estructura social y económica para el restablecimiento de un crecimiento económico sostenible del país, destinadas a: (a) mejorar la política de incentivos que reflejen en los precios sus costos de oportunidad, (b) reducir los subsidios del gobierno para el control del déficit presupuestario y la inflación, (c) liberar la economía para la promoción de la inversión privada; y (d) derrotar al terrorismo y luchar contra el narcotráfico. Con el fin de materializar estas acciones, el gobierno liberó las tasas de interés, la tasa de cambio y los flujos de capitales internacionales. Asimismo, se estableció la independencia del banco central y se eliminó el crédito del banco central al gobierno. Se incentivó la competencia abriendo la economía al comercio con el resto del mundo, eliminándose los monopolios estatales y el control de precios. Se promovió la propiedad privada de las tierras y se puso en marcha un vasto programa de privatización.

Como consecuencia de dichas acciones, el gobierno obtuvo éxito al lograr un alto crecimiento económico (crecimiento promedio del PBI del 6.2% por año para el período 1993-98), dominar una hiper inflación intratable (la inflación anual cayó verticalmente de 7,650% en 1990 a 6.0% en 1998) y aliviar la pobreza (la población en situación de pobreza disminuyó de 55.3% en 1991 a 37.6% en 1997). En 1998, el

rendimiento macro-económico del Perú se vio severamente afectado por el fenómeno de “El Niño”, además por la crisis financiera que tuvo lugar en los países asiáticos y el índice de crecimiento del PBI que, por entonces, cayó notablemente a 0.7%/año, la tasa más baja en los últimos seis años. Sin embargo, la economía peruana salió adelante frente a estas adversidades y se anticipa un restablecimiento de aproximadamente 2%/año del crecimiento del PBI para el año 1999.

Los principales indicadores macroeconómicos del Perú en los últimos años se resumen de aquí en adelante.

Principales Indicadores Económicos del Perú 1994-98

Descripción	1994	1995	1996	1997	1998*
Crecimiento del PBI (%/año)	13.1	7.3	2.5	7.2	0.7
Estado de Cuenta Corriente (US\$ x 10 ⁶)	- 2,648	- 4,306	- 3,626	- 3,408	- 3,789
Balanza de Comercio (US\$ x 10 ⁶)	- 997	- 2,165	- 1,988	- 1,738	- 2,477
- Exportaciones valor FOB (US\$ x 10 ⁶)	4,598	5,589	5,898	6,814	5,723
- Importaciones valor FOB (US\$ x 10 ⁶)	5,596	7,754	7,886	8,552	8,200
Reservas netas internacionales (US\$ x 10 ⁶)	6,025	6,693	8,862	7,982	7,114
Deuda externa (US\$ x 10 ⁶)	23,980	25,652	15,196	18,787	19,562
Inflación (%/año)	15.4	10.2	11.8	6.5	6.0
Tipo de cambio (Promedio Anual)	2.20	2.25	2.45	2.66	2.93

* Cálculo preliminar

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú, “Memoria, 1997”

(3) Políticas de Desarrollo y Estrategias del Gobierno

El plan de desarrollo nacional que abarca el período de la actual administración de Fujimori (1995-2000), no se ha consolidado, y es así que no es fácil que las políticas centrales del gobierno y las estrategias para el desarrollo sean determinadas con precisión sin este plan. Si bien existe tal limitación, no hay nada más cierto que las principales tareas que han sido emprendidas por el actual gobierno son el desarrollo socioeconómico sostenido y el alivio de la pobreza.

En 1998, el presupuesto para el sector público ascendió a aproximadamente US\$ 10,076 millones, el mismo que se distribuyó de acuerdo al tipo de servicio de la siguiente manera: Servicios económicos (12.8%), servicios sociales (42.3%), deuda y suscripción de acciones (19.8%) y servicios generales (25.1%). Y, 18.8% de este fondo público, equivalente a US\$ 1,897 millones, fue asignado para la inversión de obras públicas. Este financiamiento para obras públicas fue distribuido por el ministerio tal como sigue: 47.6% para el Ministerio de la Presidencia (a cargo del desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, recursos hídricos, etc.), 26.1% para el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, 6.4% para el Ministerio de Educación, 5.2% para el Ministerio de Agricultura, 3.1% para el Ministerio de Energía y Minas, 11.6% para el resto de los ministerios. Por otro lado, para materializar su preocupación en el alivio de la pobreza, el gobierno ha asignado cerca del 9% de los fondos públicos para este programa respectivo.

Dentro del contexto del programa de reforma estructural, el gobierno peruano está llevando a cabo la privatización con el fin de consolidar las bases para el desarrollo de la economía competitiva y la recomposición del rol del estado y del sector privado. Hasta Febrero de 1997, el ingreso nacional fue resultado de los esfuerzos de

la privatización que alcanzó la cifra de US\$ 7,022 millones, que se descompone por sectores tal como sigue: Telecomunicaciones (37.7%), Electricidad (22.4%), Petróleo (11.2%), Minería (11.1%) y otros sectores (17.6%). Siguiendo la línea de la política de privatizaciones, el gobierno ha creado la Comisión para la Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) cuyas funciones son la planificación, diseño, implementación y regulación del proceso de concesiones. PROMCEPRI realiza la promoción para la concesión de infraestructura pública en ocho campos específicos (carreteras, infraestructura eléctrica, instalaciones portuarias, comunicaciones, aeropuertos, estructuras hidráulicas, ferrocarriles y turismo), para que los fondos públicos se puedan centrar en el desarrollo de infraestructuras con menos beneficios financieros pero con altos beneficios sociales (El porcentaje del fondo público para el desarrollo social versus el PBI se había incrementado de 4.0% en 1994 al 6.4% en 1998, mientras que el desarrollo económico disminuyó de 2.2% a 1.9%) hasta Mayo de 1988, y posteriormente sus funciones fueron transferidas a la Comisión de Promoción de la Investigación Privada (COPRI).

2.1.2 Condición socioeconómica del Area de Estudio

(1) División Administrativa y Característica Demográfica

El Area de Estudio consta de tres sectores: la Cuenca del Río Cañete, el Corredor Lurin-Cañete (ruta propuesta para la instalación de estructuras de conducción de agua del Río Cañete al área de Lima Metropolitana) que comprende el Eje Chilca-Cañete y la Zona Sur de Lima y las Pampas Concón-Topará y Chíncha Alta. La Cuenca del Río Cañete se ubica en las provincias de Cañete, Yauyos y Huarochiri (sólo secciones muy pequeñas) y el Corredor Lurin-Cañete pasa por la provincia de Cañete y abarcan 10 distritos de 12 distritos ubicados en la zona sur de la provincia de Lima. Además, el área de beneficio propuesta para el sistema de irrigación a ser considerada en el Plan Maestro se extiende al Distrito de Grocio Prado, Provincia de Chíncha, Departamento de Ica. En resumen, el área de Estudio se extiende a cuatro provincias del Departamento de Lima y un distrito del Departamento de Ica, comprendiendo 51 distritos en total. La siguiente tabla indica la evolución de la población en el área de Estudio desde 1981 a la fecha.

Evolución de la Población en el Area de Estudio

Provincias	No. de Distritos Involucrados	Población			Crecimiento Anual (%/1981-98)
		1981 ^{1/}	1993 ^{1/}	1998 ^{2/}	
Cañete	15	122,520	152,964	169,187	1.9
Yauyos	24	27,822	23,190	21,567	- 1.5
Huarochiri	1	1,854	1,771	1,786	- 0.2
Lima	10	539,154	881,314	1,023,520	3.8
Chíncha (Depto. de Ica)	1	12,011	14,912	16,108	1.7
Total	51	703,361	1,074,151	1,232,168	3.4

Fuente: 1/: INEI, Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1918 y 1993

2/: Estimado por el Grupo de Estudio basado en proyecciones del INEI

Debido a la desorganización suburbana de la población en el Area de Lima Metropolitana, la población del área sur ha estado desarrollándose en una proporción del 3.8% para el período de 1981-98, dejando notablemente rezagado al índice promedio del Area de Lima Metropolitana (2.3%).

Caso contrario, el éxodo de habitantes de la Provincia de Yauyos ha sido notorio, causando una caída de su población en más del 30% en los últimos 17 años (1981-1998). Debido a la ventaja geográfica de fácil acceso al Área de Lima Metropolitana, así como, a estar dotado de condiciones favorables para el desarrollo agrícola, la población de la Provincia de Cañete tuvo un crecimiento sólido para ponerse a la par con el promedio nacional. Dado que la gran mayoría de su población está representada por la provincia de Lima, el crecimiento de la población en el área de Estudio en general ha alcanzado un índice tal alto como el 3.4% en comparación con el promedio nacional (2.0%).

(2) Condiciones Sociales y Cobertura de los Servicios Sociales

Al igual que otras provincias predominantemente rurales del Perú, las provincias de Yauyos y Cañete están menos desarrolladas socialmente en comparación con la Provincia de Lima. La siguiente tabla evidencia esta diferencia.

Algunos Indicadores Sociales

Descripción	Provincias		
	Lima	Cañete	Yauyos
Índice de analfabetismo en adultos (%)	3.7	7.5	10.2
Índice de matrícula escolar primaria (%)	92.3	92.3	90.2
Años promedio de asistencia escolar (años)	11.1	8.8	7.4
Población sin educación escolar (%)	3.6	7.2	9.8
Población que ha aprendido otro(s) idioma(s) aparte del Castellano como lengua materna (%)	10.7	7.6	7.7
Población Rural (%)	0.4	26.9	39.8
Participación del sector primario dentro de la PEA (%)	2.2	45.7	76.6

Fuente: INEI, Perfil socio-demográfico del Departamento de Lima, Enero 1999

Cabe resaltar que la proporción de población que aprendió otro(s) idioma(s) además del castellano como lengua materna es más alto en Lima que en las otras dos provincias. Este fenómeno puede ser atribuible al hecho que Lima ha recibido inmigrantes de departamentos y provincias en los cuales idiomas como el quechua, aymara, jíbaro son predominantemente hablados.

En cuanto a la distribución de electricidad, 7 de 33 distritos (21%) en Yauyos no tuvieron acceso a este servicio en 1997, mientras que ningún distrito de Lima y Cañete reportó no haber recibido el servicio eléctrico. De los distritos con un índice de cobertura del servicio eléctrico más del 75% son: 70% en Lima, 33% en Yauyos y 25% en Cañete.

Excepto por un distrito (Tupe) en Yauyos, todos los distritos de las tres provincias en cuestión tuvieron un porcentaje de cobertura de suministro de agua. Sin embargo, a 1997, hubo un número de distritos con un índice de cobertura de suministro de agua inferior al 50%: 7 de 16 distritos (43%) en Cañete, 8 de 33 distritos (24%) en Yauyos y 10 de 43 distritos (23%) en Lima. Los recursos hídricos disponibles para el suministro de agua para fines domésticos no abundan en estas provincias, así que se lleva a cabo en muchos distritos el racionamiento de suministro de agua, representando el 54% de los distritos de estas tres provincias en promedio.

El sistema de alcantarillado no está desarrollado en Yauyos y en Cañete, en caso de Yauyos, cerca del 40% de sus distritos no contaban con este servicio a 1997,

mientras que en el caso de Cañete, aún cuando todos sus distritos tuvieron alguna forma de cobertura del servicio, esta proporción fue baja (distritos con un índice de cobertura de más del 50% fueron menos de la mitad, 7 de 16 distritos). Por el contrario, la situación había mejorado en Lima con un índice de cobertura de los servicios de alcantarillado casi igual al del suministro de agua.

Se observa un desequilibrio notable entre las provincias con respecto al desarrollo de la red vial, casi el 80% de caminos (longitud total: 4,839 km) en Lima están pavimentados con asfalto, mientras que sólo 1 km de caminos en Yauyos (1,311 km en total) cuenta con esta condición. El desarrollo de caminos también está rezagado en Cañete con una proporción baja de 45% de longitud total.

(3) Actividades económicas

La Provincia de Lima junto con la Provincia Constitucional del Callao integran el Área de Lima Metropolitana – la ciudad capital del Perú, constituyendo el centro de las actividades económicas del país con una contribución del Producto Regional Bruto (PRB) del Departamento que representa el 47% del PBI del Perú en 1997, en particular, el aporte de la región al PBI se torna mayor en sectores como el manufacturero (59%) y servicios (57%). En el Área de Lima Metropolitana, el sector primario representa un porcentaje pequeño del 5.2% del total del PBI.

Por otro lado, el sector ganadero y agrícola constituye el pilar en las provincias de Cañete y Yauyos. En la provincia de Cañete, gracias a su condición privilegiada de tierra fértil y de disponibilidad consistente de agua superficial proveniente del Río Cañete, la producción de cultivos compuesta principalmente por algodón, maíz amarillo, camote y vid ha sido próspera por el sistema de riego. Recientemente, la producción de espárragos se ha extendido como consecuencia de la apertura de una fábrica de enlatados. Los productos agrícolas de la provincia juegan un rol importante en el mercado mayorista del Área de Lima Metropolitana, el camote ocupa más de las tres cuartas partes del abastecimiento en este mercado y la manzana, uva, zapallo, yuca y papa también contribuyen significativamente al suministro de productos allí. De acuerdo con el Censo de Población en 1993, la población económicamente activa (PEA) de las provincias, distribuida por sectores es como sigue: primario (45.7%), secundario (11.4%) y terciario (42.9%).

Las actividades económicas de la Provincia de Yauyos están totalmente concentradas en el sector primario que representa el 76.6% de la PEA en 1993. No obstante, a diferencia de la Provincia de Cañete, la importancia del sector agrícola (producción de cultivos) se redujo y; por el contrario, los sectores ganadero y minero contribuyeron sustancialmente a la economía regional. En términos de valores, la relación entre la producción de cultivos y ganadería se estima en 57:43; aproximadamente 65% de la producción ganadera es producida por el ganado vacuno, seguido por el ovino (16%), mientras que cerca de la mitad de la producción de cultivos está representada por los cultivos tradicionales (papa y maíz amarillo). En la Provincia de Yauyos, la industria láctea se limita a procesar la leche para la producción de queso, mantequilla, etc.

2.1.3 Turismo

(1) Turismo orientado a los Recursos de la Cuenca del Río Cañete

A decir verdad, la atracción turística es bastante escasa en la Cuenca del Río Cañete. La ciudad de Lunahuaná puede ser el único punto que puede llamar la atención de los turistas provenientes del Área de Lima Metropolitana, de otros departamentos del país y de países extranjeros, dada su situación geográfica dentro de la cuenca brinda a los turistas oportunidades para disfrutar los deportes de aventura en el río como canotaje, kayak, etc. Lunahuaná también cuenta con prestigiosos hoteles y buenos restaurantes y el camino desde Lima está completamente pavimentado, incluyendo el tramo de la Carretera Panamericana que ocupa la mayor parte del camino a su destino.

A pesar que la cuenca tiene otras recursos orientados al turismo, tales como ruinas arqueológicas (Ñaupahuasi, Huashuaao, Tupina Chaca, Turpa, etc.), aguas termales en Ocro (Distrito de Yauyos), lagos y lagunas naturales, cataratas, vista panorámica del valle, etc. La escasez de medios de transporte junto con la ausencia de instalaciones de hospedaje adecuadas y otras infraestructuras han limitado el desarrollo del turismo en esta área de la cuenca.

Algunas áreas pertenecientes a los cinco distritos (Alis, Huancaya, Miraflores, Tanta y Vitis) de la Provincia de Yauyos ubicadas en la parte alta del Río Cañete junto con tres distritos de la Provincia de Jauja, Departamento de Junín han sido incluidas en la “Zona de Reserva Turística” llamada “Cañete y Cochas-Pachacayo”, que según la ley general de turismo requieren de planes de acción para la conservación, control y uso de los recursos orientados hacia el turismo.

(2) Perspectivas de Desarrollo Turístico

A nivel nacional, existen catorce zonas reservadas orientadas al turismo que están designadas como tales provisionalmente. Esto significa que estas zonas son áreas elegibles para ser convertidas en parque nacional (8 en total a nivel nacional) o en reserva nacional (8 en total a nivel nacional) dentro del contexto de áreas naturales protegidas en Perú, siempre y cuando se tomen las medidas y acciones adecuadas con respecto a la conservación, control y uso de su fauna y flora. En este sentido, es de suma importancia que los gobiernos locales deban formular programas de acción destinados al manejo y conservación apropiados de los recursos naturales (implementación de medidas para preservar el suelo, agua y vegetación, establecimiento del sistema de monitoreo ecológico, capacitación de personas responsables y orientación de los pobladores rurales, etc.) con la participación de la población local.

El desarrollo del turismo es una de las pocas propuestas a la cual se atribuye el desaceleramiento del éxodo de la población de la parte alta de la cuenca del Río Cañete, así como la revitalización de las actividades económicas regionales de la cuenca. Para el logro de este desarrollo es requisito indispensable, aparte de las medidas antes mencionadas, mejorar la infraestructura pertinente, tales como transporte, instalaciones para hospedaje, restaurantes y sistemas de tratamiento de agua y desagüe y, al mismo tiempo, incorporar un centro de información y promoción turística de la cuenca en el Área de Lima Metropolitana.

Finalmente, la construcción de la presa propuesta en la Cuenca del Río Cañete es un adelanto que contribuye a la expansión del turismo relacionado con las aguas del río, la cual ha sido desarrollada en Lunahuaná y sus alrededores, dado que el flujo del río será mantenido a un nivel tal que hará posible la navegación de botes, canoas y otros medios de transporte aún durante la estación seca.

2.2 Topografía

El Río Cañete es el segundo de los ríos más grandes que desembocan en el Océano Pacífico en el Perú. Su longitud es de aproximadamente 230 km y el área de captación es de 6,189 km². La cuenca del Río Cañete presenta una morfología abrupta con un valle joven en forma de V, que actualmente se está ahondando en forma vigorosa. La pendiente promedio de la cuenca es 16.7%, en tanto la del cauce del río es 1/53 (aproximadamente 2%). En vista de las características fisiográficas, la cuenca puede dividirse en tres secciones, parte alta, media y baja. En la Tabla 2.2.1 se muestra la característica general para cada uno de estos tramos.

El tramo inferior que se extiende a partir del estuario del río hasta 70 km aguas arriba (cerca al puente San Jerónimo) está ocupado por la cordillera de los Andes, llanura y área de costa. La cordillera de los Andes presenta una geografía montañosa con una pendiente entre 17.6 y 57.7% con respecto al cauce del río. En los taludes y a lo largo de los afluentes se dan algunos fenómenos geodinámicos. El área llana consta de llanuras fluvio aluviales, tales como terrazas, conos aluviales, riberas y áreas inundables, etc. En este tramo, el ancho del cauce del río varía de 50 a 200 m y el talud del río fluctúa de 0.7% (1/14) a 4.2% (1/24). La gradiente del cauce es más fuerte en el tramo superior, en tanto que varía de suave a fuerte en forma alternada en algunos tramos. Existen terrazas considerablemente grandes situadas en ambos márgenes del río que son utilizadas para agricultura en zonas altas. El área costera se distribuye a lo largo de toda la costa y ha sido formada por erosión y sedimentación marina.

En el tramo medio situado entre 70 a 170 km desde el estuario del río (cerca del pueblo Huancaya), prevalece la cordillera de altas montañas y salbandas con valles profundos en forma de V. La altura se incrementa progresivamente de oeste a este y en este tramo las tierras altas se convierten en acantilados erosionados y quebradas profundas. Los mayores fenómenos geodinámicos tales como fallas de taludes, flujo de lodos e inestabilidad de talud se dan en las laderas y a lo largo de los afluentes. La agricultura de las tierras altas está distribuida en escarpados andenes artificiales, sobre suaves laderas y conos aluviales. No obstante, en general, las laderas que están frente al cauce del río son bastante empinadas y erosionadas. La diferencia de altitud entre el cauce del río y la parte alta de las montañas varía de 500 a 1,300 m.

El tramo alto situado entre los 170 a 230 km desde el estuario del río consta de áreas alpinas y áreas glaciales. Ambas áreas se encuentran a una cota superior a los 4,000 m (la cota de la naciente del río, lago Ticliacocha, es de 5,800 m aproximadamente). Desde el punto de vista fisiográfico, el área alpina está formada por la acción glacial y fluvio-glacial mostrando un valle en forma de V, llanos pantanosos, lagos glaciales, colinas ovaladas de origen pluvial o eólico, etc. Los depósitos fluvio-glaciales y morrénicos son los principales sedimentos yuxtapuestos. Esta área ocupa el 58% de la superficie total de la cuenca. La pendiente del cauce del río varía considerablemente entre 0.5% y 100% de acuerdo a la erosión glacial y

sedimentación en la cota de 4000 a 4800 m. Asimismo, existen algunos embalses naturales creados a lo largo de los ríos que fueron represados por la sedimentación de depósitos glaciales y fluvio-glaciales, depósitos de talud detrítico de rocas meteorizadas y/o afloramientos erosionados de calizas. El número de lagos glaciales y embalses es de 447 y el área superficial se estima aproximadamente en 4 km² la cual contribuye al almacenamiento y regulación de las aguas del río en la cuenca. Existe una práctica de ganadería extensiva en tierras ligeramente inclinadas y en el valle. La agricultura se practica esporádicamente en andenes hechos por el hombre.

2.3 Meteorología

2.3.1 Precipitación

La ubicación de la estación de aforos y la isoyeta de la cuenca se muestran en la Figura 2.3.1.

En la parte baja de la cuenca del río Cañete cuya elevación es menor a los 2,000 m, existen registros de lluvias mensuales en dos estaciones localizadas en la cota 150 m y Pacarán en la cota 700 m. La precipitación media anual en la estación de Cañete es tan poca como 16.9 mm y la de la estación Pacarán de 15.6 mm. En esta cuenca baja no se espera que el aporte de lluvias contribuya a la descarga del río.

En el tramo entre las cotas 2,000 y 3,000 m, existen registros de lluvias mensuales en dos estaciones, Huangascar localizada en la cota 2,550 m y Yauyos a 2,850 m. La lluvia media anual registrada en la estación Huangascar es de 271.3 mm y la de la estación de Yauyos es de 356.0 mm, lo cual indica que las lluvias se incrementan a medida que la altura avanza.

En el tramo entre las cotas 3,000 y 4,000 m, se dispone de registros de lluvias mensuales en seis estaciones, Huantan, Colonia, Siria, Vilca, Carania y Sunca. Las lluvias medias anuales registradas en estas estaciones varían de 545.3 mm a 917.0 mm. Este hecho indica que existe un alto potencial pluvial y que este aporte contribuye eficazmente a la descarga del río.

En el tramo superior a una altura mayor a los 4,000 m, existen registros de lluvias mensuales en dos estaciones, Tanta localizada en la cota de 4,300 m y Yauricocha a 4,522 m. La precipitación media anual registrada en la estación de Tanta es de 795.0 mm y la de la estación de Yauricocha es de 949.5 mm lo cual indica que este tramo de la cuenca posee el más alto potencial pluvial y su contribución a la descarga del río se realiza en forma eficaz.

En la Tabla 2.3.1 aparece la precipitación media anual y mensual de las estaciones anteriormente mencionadas. No se recolectaron los registros de lluvias en Pampas, Catahuari, Picamara y Callangas debido al período limitado de los registros.

2.3.2 Temperatura

Se ha observado la temperatura en la cuenca del río Cañete en tres estaciones en cotas que varían desde 100 m a 2,850 m. En la Tabla 2.3.2 se compara la temperatura media mensual en tres estaciones, la de Imperial localizada en la cota 104 m, Pacarán a 700 m y Yauyos a 2,850 m.

De la tabla se deduce que la temperatura media mensual en dichas estaciones varían en forma moderada durante el año y que se ve considerablemente influenciada por la altura. Sin embargo, hay una excepción en la temperatura media mensual entre las estaciones de Imperial y Pacarán durante los meses de Junio a Noviembre. A pesar del hecho que la estación de Imperial está más abajo que la estación de Pacarán en aproximadamente 600 m, no existe una marcada diferencia en temperatura, es más en algunos meses en la estación de Imperial se registran valores menores a los de la estación Pacarán. Esto se puede atribuir al hecho que en las zonas bajas costeras predomina una densa neblina durante dicho período.

2.3.3 Viento

La estación de Cañete es la única en la cuenca que registra información sobre vientos en términos de velocidad, dirección y frecuencia. De acuerdo a los registros, el viento sudoeste que no presenta un valor muy alto en velocidad prevalece en el área. Durante la primavera, verano e invierno, se le conoce como “brisa ligera” (de 7 a 12 km/hr) de acuerdo a la escala Beaufort y en otoño como “brisa débil” (de 2 a 6 km/hr) de acuerdo a la misma escala. La velocidad máxima absoluta fue registrada para un viento sudoeste con 22.2 km/hr en Agosto de 1986.

2.3.4 Evaporación

Se recolectaron datos sobre la evaporación en la cuenca del Río Cañete de tres estaciones meteorológicas. En la Tabla 2.3.3 se compara la evaporación media mensual y anual registrada en la estación de Cañete situada a una altitud de 150 m, en la estación Pacarán a 700 m y en la estación de Yauyos a 2,850 m.

La tabla indica que existe una clara tendencia en lo que a estas tres estaciones se refiere. La evaporación media anual se incrementa en tanto si incrementa la altitud, a pesar que la temperatura va disminuyendo con la altura. Este hecho implica que pueden haber factores más importantes que influyen en el valor de evaporación, tales como las horas de sol, velocidad de viento, humedad relativa, etc.

Asimismo en la tabla se observa que existe un fenómeno inverso entre los registros tomados en las estaciones situadas en las cotas más bajas en el área costera (Cañete y Pacarán) y aquellos tomados en la estación de Yauyos situada en la cuenca de captación húmeda. Los registros tomados en las estaciones anteriores muestran una mayor evaporación durante los meses de Diciembre a Marzo y una baja evaporación durante el período de Junio a Agosto, mientras que los registros en la última estación muestran una mayor evaporación durante el período de Julio a Octubre. Esto podría atribuirse también al hecho que las horas de sol son muy cortas en las áreas costeras durante el período de Junio a Agosto.

2.3.5 Horas de sol

La estación de Cañete es la única en la cuenca que registra información sobre las horas de sol. La Tabla 2.3.4 muestra las horas de sol media mensual y anual en la estación de Cañete. De acuerdo con la tabla, las horas de sol media anuales son sólo 1,524 hr ó 4.19 hr/día. Aunque no es posible comparar con cualquier otra área situada a una mayor altitud las horas de sol a mayor altura pueden ser mucho más prolongadas.

2.3.6 Humedad relativa

La humedad relativa en la cuenca del río Cañete se ha observado en dos estaciones. En la Tabla 2.3.5 se comparan los registros de humedad relativa media mensual y anual en la estación de Cañete ubicada en la cota 150 m y en la estación de Yauyos a 2,850 m.

Existe una diferencia notable en la humedad relativa entre las dos estaciones de Cañete y Yauyos. La humedad relativa media anual en la estación de Cañete es tan alta como 83%, mientras que la registrada en la estación de Yauyos es de sólo 53%. La humedad relativa media mensual en la estación de Cañete varía en forma moderada durante todo el año. Por otro lado, existen variaciones significativas de mes a mes en la estación de Yauyos.

2.4 Hidrología

2.4.1 Introducción

Los aspectos hidrológicos de la cuenca del río han sido estudiados revisando los informes de estudios previos y los datos hidrológicos disponibles. Los resultados de informes de estudios previos se elaboraron utilizando información y datos adicionales actuales.

(1) Cuenca del Río

La cuenca del río Cañete está ubicada en la altitud 11°55´S a 13°15´S, longitud 75°30´W a 76°30´W y la altitud 0 a 5,900 m. El límite de la cuenca de los afluentes principales y áreas específicas y el perfil longitudinal del río Cañete se revisaron en base al mapa topográfico a escala 1:100,00. El área de captación en la estación Sosci es de 5,890 km². La longitud total del curso principal del río Cañete es de aproximadamente 230 km y la pendiente promedio es de 1/53. El perfil longitudinal del río Cañete y el área de captación en los puntos principales se muestran en la Figura 2.4.1.

(2) Recolección de Datos

Las observaciones hidrológicas de lluvias y de nivel de agua del río en el Area de Estudio han sido llevadas a cabo por las siguientes instituciones:

- SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
- ELECTROPERU : Empresa de Electricidad del Perú
- SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
- Cementos Lima S.A.

Se recolectaron registros disponibles de precipitaciones mensuales en siete estaciones, precipitación diaria en otras ocho estaciones y descarga diaria en siete estaciones. Todos los datos han sido almacenados en medios digitales para su análisis detallado. La ubicación de las estaciones de aforo se muestra en la Figura 2.3.1.

(3) Medición del Nivel del Agua y Velocidad de Flujo

La medición adicional del nivel de agua y velocidad de flujo fue iniciada por el Grupo de Estudio en las cinco estaciones en los tres sitios seleccionados a lo largo del río Cañete. La ubicación general de los tres lugares de medición se muestra en la Figura 2.4.2. Los resultados de dichas mediciones serán utilizados en la Fase II del Estudio para calibrar los registros de descarga y revisar las condiciones hidrogeológicas de las áreas que cuentan con infiltraciones en la parte alta de la cuenca del río Cañete.

2.4.2 Análisis de precipitación

(1) Datos de Precipitación Diaria Disponible

Se recolectaron registros de precipitación diaria de 1964 a 1997 en ocho estaciones (Tanta, Vilca, Carania, Yauyos, Huantan, Colonia, Huangascar y Pacaran) en la cuenca del río Cañete. Las condiciones de registros faltantes se resumen en la siguiente tabla.

Registros de Precipitación Diaria (34 años: 1964 ~ 1997)

Estación	Muestra (días)	Proporción faltante
Tanta	12,054	2.9%
Vilca	12,263	1.3%
Carania	12,034	3.1%
Yauyos	9,190	26.0%
Huantan	8,631	30.5%
Colonia	8,764	29.4%
Huangascar	11,961	3.7%
Pacaran	8,299	33.2%

Los datos faltantes en este período se completaron con los datos de precipitación diaria estimados por medio del método de correlación con estaciones cercanas. El resumen de la fórmula de correlación y el coeficiente en cada estación se muestran en la Tabla 2.4.1.

(2) Análisis de Probabilidad

El análisis de probabilidad de precipitación anual y precipitación diaria máxima anual en las ocho estaciones arriba mencionadas se realizó por el método Gumbel (distribución del valor extremo) y dichos resultados se resumieron en la Tabla 2.4.2. El valor probable en cualquier período de retorno puede calcularse independientemente del tamaño de la muestra, pero la exactitud de los resultados y los límites de aplicación dependen de los tamaños de las muestras. Estos resultados pueden ser aplicados para estudios posteriores respecto a la precipitación probable de diseño en consideración de esos límites de aplicación.

(3) Precipitación Diaria del Area

La precipitación diaria promedio de la cuenca, es decir, la profundidad promedio de la lluvia sobre el área específica se estima por medio del método Thiessen con series completas de lluvias diarias estimadas desde 1964 hasta 1997. La Figura 2.4.3 muestra los polígonos de Thiessen basados en las ocho estaciones disponibles y

aquellas áreas efectivas en las estaciones hidrológicas en la cuenca del río Cañete. Las precipitaciones diarias promedio calculadas en la cuenca desde 1964 hasta 1997 en cinco estaciones hidrográficas (Tanta, Aguas Calientes, Tinco de Alis, Chavin y Socsi) se utilizaron como datos básicos para el cálculo de escorrentía.

2.4.3 Análisis de Escorrentía

(1) Datos de Descarga Diaria Disponibles

Los registros de descarga en las siguientes siete estaciones de mediciones de niveles de agua en la cuenca del río Cañete están disponibles dentro del período que se muestra en la siguiente tabla.

Resumen de las Estaciones de Mediciones de Nivel de Agua en la Cuenca del Río Cañete

Estación	Río	Area de Captación (km ²)	Operación	Período de Observación
Imperial	Cañete	5,900	SENAMHI	1-Ene.-1926 ~ 30-Abr.-1968
Socsi	Cañete	5,890	SENAMHI	1-Ene.-1965 ~
Chavin	Cañete	3,265	ELECTROPERU	1-Jun.-1985 ~
Tinco de Alis	Cañete	930	ELECTROPERU	8-Feb.-1986 ~
Aguas Calientes	Cañete	352	ELECTROPERU	1-Jul.-1986 ~
Tanta	Cañete	172	ELECTROPERU	1-Jul.-1986 ~
Tomas	Alis	142	ELECTROPERU	12-Feb.-1986 ~

Los datos faltantes en los registros diarios de descarga desde 1986 hasta 1997 en cinco estaciones (Tanta, Aguas Calientes, Tinco de Alis, Chavin y Socsi) se completaron con datos de descargas diarias estimados por medio del método de correlación con estaciones cercanas. La condición de registros faltantes se resume en la siguiente tabla.

Registro de descargas diarias (12 años: 1986 ~ 1997)

Estación	Muestra (días)	Proporción faltante
Tanta	3,578	18.4%
Aguas Calientes	2,969	32.3%
Tomas	4,036	7.9%
Tinco de Alis	3,805	13.2%
Chavin	3,413	22.1%
Socsi	4,382	0.0%

Las fórmulas y coeficientes de correlación adoptadas en cada estación se resumen en la Tabla 2.4.3. La descarga mensual basada en series completas de datos de descarga diaria de 1986 a 1997 se aplica al estudio preliminar de balance hídrico. La Figura 2.4.4 muestra la curva de duración de caudales diarios desde 1986 a 1997 en cinco estaciones.

(2) Análisis de Probabilidad

Se realiza el análisis de probabilidad de la descarga máxima diaria anual, descarga pico máxima anual, descarga media anual y descarga media estacional anual. Estos resultados serán tratados en las siguientes secciones.

(3) Cálculo de Escorrentía

Los registros de descarga diarios antes de 1985 están disponibles en las estaciones de Imperial (1926-1968) y Socsi (1965 – 1997). Los registros en Socsi se adoptan como registros básicos de descarga diaria para un período de 34 años (1964-1997). Los datos no registrados en Socsi se interpolan por el siguientes método y por orden de prioridad:

Prioridad	Método
1	Descarga diaria calculada por el método de correlación
2	Descarga diaria simulada por el Modelo Tanque

El método del Modelo del Tanque se aplica como modelo de simulación de escorrentía diaria. Los registros de descargas diarias disponibles en cada estación se utilizan para calibrar el modelo de cada cuenca y la serie de datos completos de precipitación diaria promedio de la cuenca desde 1964 a 1997 se emplean como entradas para el modelo. Cada parámetro de los modelos de las cinco cuencas (Tanta, Aguas Calientes, Tinco de Alis, Chavin y Socsi) se calibra a través del método de prueba y error, y están resumidos en la Tabla 2.4.4.

La descarga diaria simulada por el Modelo del Tanque no concuerda con los datos registrados debido al número insuficiente de estaciones pluviométricas, en particular, en el área de montaña a lo largo de los límites de la cuenca a una altura mayor que los 3,000 m.

El Grupo de Estudio intentó utilizar en un principio los registros de descarga diaria simulada de 34 años para llevar a cabo el análisis detallado del balance hídrico, pero la aplicación del resultado de la simulación sólo se limita a la estación Socsi en esta fase. La simulación por el Modelo del Tanque será elaborada si los diferentes registros de lluvias confiables en las áreas de montañas están disponibles durante el período de la FASE II.

(4) Balance de Lluvias y Escorrentías

El balance de lluvias y escorrentías de la cuenca del Río Cañete se estima aproximadamente en la estación Socsi (área de captación 5980 km²), utilizando los datos de registros diarios de lluvias (1964-1997) y registros diarios de descarga (1965-1997).

	MMC/ año	m ³ /s
Lluvia media anual en la cuenca	2,576 (437.3 mm)	81.7
Descarga media anual	1,385	43.9
Descarga máxima anual	2,672	81.6
Descarga mínima anual	600	19.0
Evaporación y agua subterránea	1,191	37.8
Indice de escorrentía	0.54	-

2.4.4 Caudal de Avenida

(1) Relación entre la Descarga Diaria y Descarga Pico

Los datos sobre descargas pico de avenidas instantáneas en la cuenca del río Cañete no estuvieron disponibles en esta fase del estudio, excepto los hidrogramas de descargas desde 1986 a 1999 en la estación Chávin. La relación entre descarga diaria y descarga máxima se estudia para determinar las características de las descargas pico de avenidas en un punto específico. Utilizando los resultados del análisis de probabilidad de la descarga máxima diaria media anual y la descarga pico instantánea máxima anual en la estación Chávin, se analiza la relación entre la probable descarga diaria específica ($q_{día}(n)$) y la probable descarga máxima específica ($q_{pico}(n)$). Esta relación está planteada en la Figura 2.4.5 y puede ser expresada en la siguiente fórmula.

$$q_{pico}(n) = 1.42 \times (q_{día}(n) - 0.01) \quad \text{para: } (q_{día}(n) > 0.034)$$

(2) Descarga Diaria Probable

Las descargas diarias medias máximas anuales en seis estaciones (Tanta, Aguas Calientes, Tinco de Alis, Chavin, Socsi e Imperial) están disponibles en la cuenca del río Cañete. Utilizando los resultados del análisis de probabilidad de estas seis estaciones, los estudios se han llevado a cabo sobre descargas diarias probables específicas ($q_{día}(n)$). En la Figura 2.4.6 se muestran los resultados de probables descargas diarias específicas en cada estación. En consideración de la exactitud y disponibilidad de los datos, los resultados de análisis de probabilidad en la estación Socsi + Imperial (combinación de datos de la Estación Socsi e Imperial) serán utilizados para el planeamiento y diseño. La descarga diaria probable específica en Socsi+Imperial se resume a continuación y podría aplicarse a la cuenca media y baja del río Cañete.

Descarga Diaria Probable Específica

T	2	5	10	20	50	100	200	500
$q_{día}(n)$	0.0541	0.0791	0.0956	0.1115	0.1320	0.1474	0.1627	0.1829

(m³/s/km²)

(3) Descarga Pico Probable

La descarga pico probable específica en cualquier punto de la parte intermedia y baja del río Cañete, se asume, como en la siguiente tabla, adoptando los resultados de los párrafos anteriormente señalados.

Descarga Pico Probable Especifica

(m³/s/km²)

T	2	5	10	20	50	100	200	500
qpico(n)	0.0626	0.0981	0.1216	0.1441	0.1732	0.1951	0.2168	0.2455

2.4.5 Descarga en Epoca de Sequía

(1) Datos Disponibles

El período de registro de la descarga media en la estación de Socsi (1926 – 1968) y la estación Imperial (1965-1997) es diferente, pero esos datos pueden ser combinados en un solo registro dado que el área de captación y ubicación de ambas estaciones son prácticamente las mismas. La descarga diaria media combinada en la estación Socsi+Imperial (combinación de datos de Socsi e Imperial) de 1926 a 1997 se toma en cuenta para un análisis histórico de descarga.

(2) Análisis de Probabilidad

La descarga probable en época de sequía se analiza utilizando la distribución logarítmica de valores extremos de descarga media anual del año hidrológico en vez del año calendario. Se entiende por año hidrológico al período de un año de Septiembre a Agosto. La descarga media estacional anual del período de sequía se analiza también para el período correspondiente de Junio a Setiembre, Julio a Octubre y Julio a Septiembre. Los resultados del análisis de probabilidad se presentan en la siguiente tabla.

Descarga Media Diaria Probable en época de Sequía (m³/s)

Período	Parámetros Estadísticos			Período de Retorno (año)					
	N	Media	DV-ST	2	5	10	20	50	100
Año Hidrológico	63	48.6	17.9	48.2	34.2	27.2	21.9	16.5	13.3
Jun – Set	66	13.4	2.7	13.6	11.2	9.9	8.8	7.5	6.7
Jul – Oct	66	11.8	2.3	12.0	9.9	8.8	7.8	6.7	6.0
Jul – Set	66	11.7	2.2	11.9	9.9	8.7	7.8	6.7	6.0

Se asume que las descargas estacionales medias de 1960 y 1992 durante los meses mencionados corresponden al año más seco dentro de los registros disponibles. El período de retorno de sequía se estimó en aproximadamente 20 a 30 años en 1960 y de 30 a 50 años en 1992.

2.4.6 Carga de Sedimentos

La producción de sedimentos en la Cuenca del Río Cañete varía de 300 m³/km²/año (tramo alto) a 600 m³/km²/año (tramo medio), dependiendo de la vegetación, topografía, geología y precipitación.

El informe de El Platanal de 1987 muestra un registro de mediciones de la carga de sedimentos en Chavín en 1986 con un volumen anual estimado de carga de sedimentos de 1.7 millones de toneladas que sugiere una producción específica en Chavín (3,265 km²) de 430 m³/km²/año (1m³=1.2 ton).

2.5 Geología e Hidrogeología

2.5.1 Geología

(1) Geología regional

La cuenca del Río Cañete está compuesta de rocas sedimentarias continentales y marinas, rocas volcánicas y graníticas y sedimentos blandos yuxtapuestos en orden de antigüedad. La morfología alcanza su elevación a través de intrusiones graníticas de tipo batolito, procesos de formación de montañas (orogénesis Andina) y epeirogénesis que involucra fallas, pliegues, pliegues recostados, etc. En la Tabla 2.5.1 se muestra la clasificación estratigráfica y el mapa geológico regional.

Las formaciones sedimentarias se distribuyen en la parte alta de la cuenca desde la localidad a 3 km aguas abajo de Magdalena con una orientación paralela estructural hacia la parte Oeste de la Cordillera de los Andes. Estas formaciones datan del período Triásico superior al Terciario inferior. La formación más antigua tiende a distribuirse en la parte alta de la cuenca. En general, la estructura geológica tiene una orientación noroeste y presenta buzamientos de gran pendiente con anticlinales y sinclinales y anticlinales esporádicamente recostados. El componente sedimentario está formado por calizas, arcilla calcárea, dolomita, dinolitas, lutitas, areniscas, conglomerados, cuarzitas y ocasionalmente intercalados con rocas volcánicas. Considerando las características cársticas de las rocas de carbonato tales como aberturas, sumideros, valles secos y manantiales, podrían estar causando localmente la aparición de cuevas y fallas.

Las rocas graníticas se exponen considerablemente en particular en los tramos medios y bajos de la cuenca y forman una parte del Batolito Andino. La intrusión de estas rocas se produjo del período Terciario inferior al Cretáceo superior y tal vez durante fases posteriores de la orogénesis andina. Las rocas graníticas están compuestas de granodioritas, tonalitas, dioritas y granitos. El afloramiento granítico forma una morfología peculiar como salbanda, “cuello de botella” y pendiente fuerte en el lecho del río, debido a su dureza, baja meteorización y macizez, etc.

Las rocas volcánicas continentales pertenecientes al período Terciario están distribuidas llenando la concavidad topográfica aguas debajo de la línea imaginaria que enlaza Tanta – Laraos. Estas rocas incluyen lavas, brechas, brechas tufas que varían en composición desde riolita a andesita con escasas intercalaciones de areniscas y conglomerados. Todas las rocas volcánicas en la superficie se están desintegrando y descomponiéndose en varios procesos de meteorización.

Los depósitos del período Cuaternario consisten en sedimentos blandos tales como depósitos glaciales y fluvio-glaciales, depósitos fluviales antiguos, depósitos en terrazas, depósitos detríticos, conos aluviales y depósitos actuales fluviales desde el período Pleistoceno al Holoceno. Estos depósitos están expuestos, en particular, al pie de las montañas, en pendientes más bien suaves y en el valle del río en toda el área de la cuenca y se componen de varios tamaños de partículas. Estos depósitos están formados principalmente del agente glacial y de agua. Algunos de ellos causaron fenómenos geodinámicos, tales como deslizamientos, fallas de talud, flujo de lodos y daños a la infraestructura de servicios, tierras agrícolas y viviendas durante la época de fuertes lluvias.

(2) Aspecto Geodinámico

El río Cañete es uno de los ríos con problemas geodinámicos que desembocan en el Océano Pacífico. Desde el punto de vista de la ingeniería, las formaciones precuaternarias y rocas graníticas no representan problemas críticos dado su carácter litológico favorable y disposición geológica, así como, su baja meteorización y alteración, etc. Por otro lado, los depósitos cuaternarios yuxtapuestos son, por lo general, blandos y heterogéneos y se acumulan de forma inestable en las pendientes escarpadas y quebradas. Por lo tanto, estos depósitos tienden a deslizarse o moverse. Algunos de estos fenómenos geodinámicos se produjeron hace muchos siglos atrás, los más representativos son: ① flujo de lodos que provienen de los afluentes, ② grandes deslizamientos, ③ fallas de talud de depósitos fluviales y fluvio-glaciales antiguos localizados en las pendientes, ④ fallas del talud socavado en el meandro, ⑤ valle enterrado. Las características de cada fenómeno se muestran en la Tabla 2.5.2. Estos fenómenos geodinámicos se dan normalmente en la parte seca de la cuenca ubicada a menos de los 2,500 m.s.n.m. y se distribuyen en el tramo entre Lunahuana – Yauyos - Alis. Estos fenómenos están estrechamente relacionados a los siguientes factores; fuertes lluvias, grandes caudales medias anuales, meteorización, fracturamiento, erosión de la masa rocosa, fallas, pliegues, poca vegetación y aridez.

Los flujos de lodos y grandes deslizamientos son importantes formas geodinámicas. Se cree que la gran sedimentación que está presente a lo largo del río Cañete ha ocurrido en parte como resultado de un gran deslizamiento localizado en la margen derecha en Pampa Víbora entre 1.5 a 6.5 km aguas arriba de Catahuasi, el cual represó y formó un embalse natural aguas arriba. Las terrazas aluviales y los remanentes de los conos aluviales sugieren que esta parte del valle del Río Cañete fue rellenada con un aluvión de una profundidad de 200 a 300 m adicionales en algún momento en el pasado. Estos restos de sedimentos causan las fallas en los taludes y flujos de lodos.

Por lo tanto, es necesario identificar y diagnosticar estos fenómenos previamente para cada sitio propuesto para tomar las medidas preventivas contra la sedimentación y la estabilidad de taludes antes de iniciar las obras de ingeniería en el río.

(3) Geología de las Presas

El Estudio del proyecto del desarrollo de los recursos hídricos en la cuenca del Río Cañete se inició en la década del 80. ElectroPerú propuso 43 probables sitios de presa a ser estudiados en el próximo proyecto. Recientemente, Cementos Lima S.A. está promoviendo un proyecto similar, revisando y analizando los informes y datos existentes y ha elaborado un plan para ejecutar una presa de regulación estacional en Paucarcocha en la parte alta, una presa grande en el Morro de Arica y una presa de derivación en Capillucas en el tramo intermedio. Basándose en estudios topográficos y geológicos por medio de mapas cartográficos, fotografías aéreas e informes existentes, el Grupo de Estudio llevó a cabo la investigación de campo en 18 posibles sitios de presa y de derivación; 8 sitios propuestos por Electro Perú, 8 sitios propuestos por el Grupo de Estudio y 1 sitio por Cementos Lima S.A. y 1 sitio por SEDAPAL. En el mapa Area de Estudio se observa la ubicación del sitio de presa.

Como resultado de una comparación meticulosa y chequeo desde el punto de vista de ingeniería de cada sitio, el Grupo de Estudio seleccionó a Auco y San Jerónimo

como nuevos probables sitios de presa, además de los de Paucarcocha, Morro de Arica y Capillucas que están bajo estudio por Cementos Lima S.A., asimismo Zuñiga y Sosci como probables sitios para estructuras de tomas para la ruta de montaña y costeña, respectivamente para la derivación de agua para uso doméstico e industrial hacia Lima. Las características de estos probables sitios de presa y tomas en lo que se refiere a aspectos topográficos y geológicos se encuentran resumidas en la Tabla 2.5.3.

Cementos Lima S.A. han llevado a cabo varios estudios referentes a la geología en los tres sitios de presa incluyendo la perforación de barreno, muestreo de materiales y exploración geofísica y química, etc. A pesar que algunas tareas de detalle todavía no han sido hechas, estos sitios de presa propuestos son considerados de alta prioridad.

A continuación se presentan los comentarios respecto a las características generales de los dos sitios de presa (Auco y San Jerónimo) propuestos por el Grupo de Estudio:

Sitio de presa Auco:

(a) Condiciones Generales

El eje de la presa Auco (véase la ubicación general en el Mapa del Area de Estudio y en detalle en la Figura 5.1.6) será localizado aproximadamente a 600 m aguas arriba del pueblo Puente Auco donde se encuentra el valle casi en forma de V con ambos estribos que varían en un ángulo de 40° a 60° con respecto a la horizontal. El ancho del cauce del río es de aproximadamente 160 m. Debido a la suave pendiente del río, el área del embalse muestra un aspecto amplio. El cauce actual de río se localiza a lo largo de la margen derecha. Los conos aluviales que se formaron por el flujo de lodos, yacen en las terrazas fluviales en el margen izquierdo. Los lechos rocosos están ampliamente expuestos en ambos estribos, compuestos de rocas graníticas. Los depósitos fluviales y fluvio-glaciales yacen apenas sobre la parte baja del estribo izquierdo.

El lecho rocoso está constituido por granodioritas duras ligeramente meteorizadas, tonalitas con muchas juntas semi-verticales. Los depósitos fluviales antiguos muestran una composición heterogénea que consiste en grava, cantos rodados grandes, arena y limo que pueden ser originados de depósitos aluviales. Los depósitos fluvio-glaciales se distribuyen en el talud y ladera izquierdos que se ubican alrededor de los 220 m sobre el cauce del río. Asimismo la composición geológica es heterogénea y está compuesta de gravas y una matriz de limo con planos ligeramente estratificados.

Los depósitos de flujo de lodos se encuentran en la desembocadura del Río Pampa que es un afluente situado 500 m aguas arriba del sitio de presa. Estos sedimentos fueron depositados en gran parte el 30 de Marzo y el 2 de Abril de 1972. De acuerdo con la información obtenida de los lugareños, el flujo de lodo enterró tierras agrícolas y represó temporalmente el cauce del Río Cañete. Estos flujos de lodos se formaron por falla del talud de los depósitos subsuperficiales de las laderas de la montaña en Huamanripa situado en la naciente del afluente.

(b) Evaluación

Desde el punto de vista topográfico y geológico, es posible proponer un sitio de presa, si se tomaran las medidas preventivas contra el flujo de lodos y la inestabilidad de taludes. Los depósitos blandos localizados en el estribo izquierdo pueden ser tratados. Se asume que los depósitos fluviales y aluviales que rellenan el valle se engrosarán.

Sitio de presa San Jerónimo:

(a) Condiciones Generales

El eje de la presa San Jerónimo (véase la ubicación general en el Mapa del Área de Estudio y en detalle en la Figura 5.1.4) se localizará aproximadamente 1.3 km aguas abajo del Puente San Jerónimo, donde se encuentra el valle en forma de V con ambos estribos que fluctúan en ángulos desde 40° a 50° con respecto a la horizontal. El cauce del río en el sitio de presa tiene unos 85 m de ancho. Terrazas y depósitos aluviales llenan el valle. El estribo izquierdo está compuesto de un lecho de roca granítica cubierto por depósitos fluviales y coluviales antiguos; por otro lado el estribo derecho está compuesto de rocas graníticas totalmente libres de depósitos superficiales sobre la morfología de estribación. Las rocas volcánicas fracturadas de la Formación Tantará, depósitos coluviales y aluviales afloran esporádicamente en el área del embalse y alrededor de la misma. Se identificaron flujos de lodos en la desembocadura de los ríos afluentes Cakra y Tupe localizados en el extremo superior del área propuesta para el embalse.

El lecho rocoso está constituido por granodioritas y dioritas duras ligeramente meteorizadas a no meteorizadas con algunas juntas de ángulos pequeños. Los depósitos fluviales antiguos están compuestos de gravas, cantos rodados, arena y limo intercalados intermitentemente a una altura de 35-45 m en relación al cauce del río. Los depósitos coluviales consisten principalmente de grava angular y tienen una exposición extensiva. A juzgar por la distribución de los lechos rocosos, los sedimentos blandos pueden calcularse en unos 10 m o algo más de espesor.

(b) Evaluación

La condición topográfica y geológica es relativamente adecuada. El depósito fluvial y el depósito en las terrazas pueden rellenar densamente. Los antiguos depósitos fluviales y coluviales sobre el estribo izquierdo están sujetos a ser removidos. Se asume que los depósitos fluviales y aluviales que rellenan el cauce del río podrían ser mayor espesor. Serán aspectos de importancia los estudios referentes a la estabilidad de taludes y permeabilidad.

2.5.2 Hidrogeología

El estudio hidrogeológico se ha realizado particularmente basado en información disponible sobre la parte baja de la cuenca del Río Cañete que incluye los distritos de Quilmaná, Cerro Azul, San Luis, Imperial, Nuevo Imperial y San Vicente de norte a sur.

(1) Inventario de pozos y uso del agua subterránea

En los distritos mencionados, se identificaron, 90 pozos, 27 pozos tubulares y 63 pozos a cielo abierto. Los pozos tubulares fueron excavados por medios mecánicos y varían de 20 a 121 m de profundidad y de 0.3 a 0.5 m de diámetro. Por otro lado, los pozos a cielo abierto se excavaron a mano y varían de 2 a 21 m de profundidad y entre 0.8 a 3.0 m de diámetro. La operación se realiza por medio de una bomba eléctrica diesel para el pozo tubular y una bomba eléctrica pequeña vertical con válvula en el émbolo para el pozo a cielo abierto.

Se estima que el volumen total de bombeo por medio de pozos es de aproximadamente 4.4 MMC/año; 4.0 MMC/año (90.5 %) de 19 pozos tubulares y 0.4 MMC (9.5%) de pozos a cielo abierto, para uso doméstico (65%), riego y ganadería (23.5 %) e industrias (11.5%). La producción de los pozos tubulares son de 15l/s a 60l/s. Las áreas que explotan las aguas subterráneas sobresalen en los distritos de Quilmaná y San Vicente que ocupan aproximadamente el 82% del volumen total de bombeo.

Además del volumen total (aprox. 4.4 MMC/año), la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cañete (EMAPA Cañete S.A.) produce 2.8 MMC/año (1998) del agua subterránea por medio de 3 galerías filtrantes, suministrando agua potable a los distritos de Cerro Azul, San Luis, Imperial y San Vicente.

(2) Características del Acuífero y la Napa Freática

El acuífero está compuesto de depósitos aluviales que llenan el valle del Río Cañete. El acuífero está distribuido en el área de depósitos cuaternarios más bien gruesos compuestos de cantos rodados, grava, arena y arcilla. Algunos acuíferos son identificados en capas alternas de diferente granulosisidad. A juzgar por los registros geológicos de perforaciones, resultados de pruebas del acuífero, etc. Este acuífero se clasifica dentro del tipo no confinado. El potencial del agua subterránea varía dependiendo del espesor de los depósitos cuaternarios, tamaño de partícula y precipitación, etc. El espesor del depósito cuaternario varía hasta 450 m como máximo.

El mapa de hidroisobatas se diseñó basado en los niveles de agua medidos en Agosto de 1999. El resultado del estudio revela que la gradiente hidráulica es 1.7% y el agua subterránea discurre en dirección Este a Oeste. Se presume que la recarga de agua subterránea se da desde el Río Cañete y los canales de riego por infiltración. El nivel de agua subterránea más profundo se encontró a 86.6 m de la superficie del terreno en el distrito de Quilmaná y el nivel más alto a 1.6 m en el distrito de San Luis. El nivel de agua tiende a subir progresivamente de este a oeste. Se observó que la fluctuación del agua subterránea no presenta una variación considerable (hasta 5m) desde 1972 a 1999.

(3) Características Hidráulicas del Acuífero

Desde 1969 a 1971 se llevaron a cabo 15 pruebas en el acuífero, incluyendo 2 pruebas para dos perforaciones iguales por medio del método de recuperación de muestras y depresión. No obstante, los lugares de los pozos se limitaron a los distritos de Quilmaná, San Vicente, Imperial y Nuevo Imperial y la metodología

detallada no es conocida; en todo caso, la noción general sobre las características hidráulicas del acuífero quedaron claras.

La transmisividad varía de 1.4×10^{-3} a $1.3 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. En general, un acuífero con una transmisividad de más de $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ es considerado como adecuado para su explotación, razón por la cual los valores mencionados se evalúan en un rango de buenos a mediocres.

El coeficiente de almacenamiento fluctúa de 1.5×10^{-1} a 5.0×10^{-2} , pero el valor representativo del área de estudio va a ser 1.5×10^{-1} . Puesto que el acuífero confinado muestra de 1×10^{-3} a 1×10^{-5} del coeficiente, estos valores indican probablemente características de un acuífero no confinado.

Capacidad específica indica de 2.79 a 24.4 l/s/m y 12 l/s/m en promedio. Los valores altos han sido registrados en los distritos de Quilmaná e Imperial.

Radio de influencia muestra de 43 a 394 m después de la prueba del acuífero durante 24 horas continuas.

Coefficiente de Permeabilidad varía entre 3.3×10^{-4} y $3.3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ que corresponde a un acuífero en un rango de bueno a mediocre.

(4) Calidad del Agua Subterránea

El análisis de la calidad de agua de 62 muestras tomadas de los pozos tubulares revela el tipo del agua; bicarbonatada de sodio/calcio, clórica y sulfatada. La conductividad eléctrica y dureza indican valores bajos en el área de recarga y relativamente altos en la llanura norte y oeste que está contaminada por la evaporación y suelo salino. Los valores de pH muestran cifras entre 7 y 8 que representan una ligera alcalinidad. La aparición de iones nitratos podrían indicar la mezcla de fertilizantes y/o materiales orgánicos.

(5) Balance del Agua Subterránea

Basado en los 3 metros de fluctuación de carga piezométrica, 1.5×10^{-1} del coeficiente de almacenamiento y 310 km^2 del área de la superficie del acuífero en el área de estudio, el volumen de recarga del agua subterránea se calcula en términos generales en aproximadamente 150 MMC/año. Asimismo la otra aproximación muestra de 120 a 160 MMC de volumen de agua subterránea explotable sin deterioro de recursos (INADE, 1990). El volumen total de infiltración en el área de estudio que se obtiene del volumen total infiltrado a la ancho de la cuenca dividido por la proporción del área es de alrededor de 165 MMC. Finalmente, el volumen de bombeo potencial se calcula aproximadamente en alrededor de 150 MMC/año (equivalente a $4.75 \text{ m}^3/\text{s}$) en esta etapa.

(6) Área de explotación del Agua Subterránea

La recarga del agua subterránea de los excedentes infiltrados del riego podría estar contaminada debido a la existencia de ion nitrato. El desarrollo del agua subterránea no confinada preservada en la capa subsuperficial que actualmente es utilizada por los pozos colectores de la empresa de abastecimiento de agua potable de Cañete es considerado de gran prioridad.

(7) Consideraciones

A pesar que la explotación del agua subterránea en la cuenca del Río Cañete se inició hace muchos años, los antecedentes hidrogeológicos no son suficientes para delinear el carácter hidrodinámico y la potencialidad del acuífero. Algunos datos hidráulicos son algo inexactos para el cálculo del balance de aguas subterráneas. Por lo tanto, además de la recolección exhaustiva de información, algunos datos deberían ser revisados y actualizados. Asimismo, se considera indispensable la medición continua de la napa freática.

En esta fase se asume tentativamente que el desarrollo potencial de agua subterránea es aproximadamente 130 MMC/año (cerca de 4 m³/s).

La producción segura de explotación del agua subterránea debe determinarse por medio de un desarrollo progresivo con el debido monitoreo del nivel de agua subterránea, calidad de agua, efecto de la intrusión de agua marina y otros efectos adversos esperados.

2.6 Uso de Tierras

La cuenca del río Cañete que cubre un área de aproximadamente 618,900 hectáreas está dividida en cinco (5) categorías en términos de condición actual de tierras, a saber (i) tierras agrícolas bajo riego con un área aproximada de 33,400 ha (5.4%), (ii) tierras agrícolas no irrigadas de 2,100 ha (0.3%), (iii) tierras para pastoreo de 113,700 ha (18.4%), (iv) desierto y dunas de 116,500 ha (18.8%), (v) roca expuesta de 353,200 ha (57.1%), y además existen algunos bosques con un área de 200 ha (Fuente: Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa Cuenca del Río Cañete elaborado por ONERN en Junio 1970. Véase Figura. 2.5.1.).

Dado el uso agrícola de las tierras mencionadas en el acápite (i) y (ii), la cuenca se divide en tres (3) áreas, a saber, el sector del valle, el sector de Caltopa-Zuñiga y el sector Andino basado en la topografía, suelo, clima, etc. tal como se expondrá en los párrafos siguientes.

El área del valle está ubicado aguas abajo de la toma Nuevo Imperial que cubre un área total de 35,800 ha. La irrigación es practicada en un área de 24,100 ha o el 67% del área, que es dividida en pequeñas partes de granjas privadas de mediana y gran extensión. Se ha observado que el cultivo extensivo de algodón, maíz y papa ocupa un área de 17,200 ha o el 71% de la tierra agrícola neta.

El área Caltopa-Zuñiga comprende las tierras agrícolas ubicadas aguas arriba de la toma Nuevo Imperial hasta la localidad de Zuñiga con un área total de 1,600 ha. La distribución del cultivo en esta área no es muy diferente de aquella del sector del valle. Sin embargo, existe el predominio de huertos ocupando un área de 670 hectáreas, mientras que el algodón ocupa 280 hectáreas y el pastoreo, 260. Cabe resaltar que en esta área se localizan los bosques con una extensión aproximada de 200 hectáreas.

El sector Andino pertenece a los tramos superior y medio de la cuenca del río Cañete. La mayoría de tierras agrícolas son escasas a lo largo del río Cañete y sus

afluentes. La actividad agrícola se limita a la estación húmeda que dura de Octubre a Marzo. La totalidad de las tierras agrícolas se calculan en aproximadamente 9,800 hectáreas, de las cuales 2,100 hectáreas no son irrigadas y 7,700 hectáreas son irrigadas en forma complementaria. Los cultivos que predominan en el área son la alfalfa, el maíz, la papa y otros tipos de forraje (Fuente: Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Microrregión de Yauyos elaborado por ONERN en 1989).

Tabla 2.2.1 Unidades Fisiográficas en la Cuenca del Río Cañete

	Unit	Altitud (m. a.s.l.)	Proportional area	Slope gradient	Characteristic
Upper Reach	Glacial area	4,800-5,800	3.0%	35-50°	Mountains are covered with snow/glacial and glacial lakes. The slope gradient is very steep. Continuos ascent of snowline shows a process of snowmelting.
	Alpine area	3,500-4,800	58.0%	0-30°	Topographic feature was formed by glacial and fluvio-glacial action showing U-shaped valley, cirque, swampy plain, glacial lakes, drumlins, etc. Glacial and fluvio-glacial deposits are largely distributed. Slope stability is generally good.
Middle Reach	Andean ridge, River valley and Gouge area	1,000-3,500	31.5%	30°-50°	Continuous mountain ranges increase progressively the height from the west to the east and are eroded by weathering, heavy rainfall, etc. V-shaped deep valleys and gouges are predominant. The mayor geodynamic phenomena are occurred such as slope failure, landslide, debris flow, unstable slope, etc.
Lower Reach	Andean ridges	400-1,000	2.7%	10°-30°	Transitional area Geodynamic phenomena such as river erosion, debris flow, landslide and slope failure are broken out during the rainy season.
	Plain area	10-400	4.3%	0°-10°	Plain and some hilly area with talus, alluvial cones and flood plains. Erosion and inundation are prominent phenomena. The principal physiography are: terraces, river channels, flood plains, alluvial plains, etc.
	Shore area	0-10	0.5%	<1°	The physiographycal unit is formed by marine erosion and sedimentation.

Tabla 2.3.1

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

(Unit: mm)

Station	Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
	(m)													
Cañete	150	0.4	0.8	0.4	0.3	1.6	3.8	1.8	2.3	2.6	1.1	1.1	0.8	16.9
Pacaran	700	5.5	3.1	4.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.4	1.6	15.6
Huangascar	2,550	63.5	72.9	90.2	8.0	0.7	0.3	0.0	0.3	0.6	2.6	6.5	25.6	271.3
Yauyos	2,850	69.2	87.4	90.9	20.8	3.6	0.6	0.2	1.2	4.4	15.1	18.6	44.0	356.0
Huantan	3,300	190.9	229.7	193.9	69.9	10.1	1.0	2.0	2.1	2.7	50.5	62.9	91.4	907.0
Colonia	3,350	84.6	109.7	127.0	27.4	3.1	0.3	0.8	0.5	3.9	15.4	19.4	65.6	457.8
Siria	3,650	121.5	130.6	126.7	58.9	24.1	5.7	15.4	6.9	34.4	49.1	62.0	76.9	712.0
Vilca	3,800	180.0	184.4	173.0	77.8	17.5	6.0	4.3	11.8	27.4	61.4	67.0	106.5	917.0
Carania	3,850	117.0	109.1	115.8	37.8	13.6	4.9	3.9	6.3	12.2	27.7	28.9	68.2	545.3
Sunca	3,850	134.6	143.0	144.4	62.4	17.6	5.8	4.4	3.6	29.0	51.1	73.4	97.7	766.9
Tanta	4,300	139.5	137.8	139.7	84.1	25.5	9.7	7.1	12.7	28.3	51.7	67.8	91.2	795.0
Yauricocha	4,522	175.3	176.3	162.7	75.9	24.2	9.3	9.3	9.4	41.7	66.5	84.0	114.9	949.5

(Stations closed to Cañete basin)

San Juan de Castrovirreyna	1,670	53.4	53.4	56.7	3.5	0.5	0.1	0.1	0.3	1.2	1.0	2.4	18.0	190.4
San Juan de Yanac	2,550	20.7	29.8	45.8	4.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	7.2	108.2
San pedro de Huacarpana	3,189	82.3	108.0	157.8	22.0	1.7	0.5	0.3	3.0	6.0	18.6	23.0	50.8	474.0

Tabla 2.3.2

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

(Unit: °C)

Station	Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
	(m)													
Imperial	104	23.8	24.6	24.5	22.8	20.5	17.8	17.0	16.9	17.2	18.6	20.0	22.0	20.5
Pacaran	700	22.6	23.0	23.2	21.8	19.6	17.6	16.8	17.4	18.7	19.6	20.5	21.2	20.2
Yauyos	2,850	14.2	14.1	13.8	14.6	15.0	14.6	14.7	15.0	15.3	14.6	14.6	14.0	14.5

Tabla 2.3.3

EVAPORACION MEDIA MENSUAL

(Unit: mm)

Station	Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
	(m)													
Cañete	150	137.6	133.8	141.7	128.8	90.3	54.4	53.7	59.8	73.4	96.8	109.4	132.1	1211.9
Pacaran	700	121.5	120.0	137.4	117.4	103.0	79.0	81.0	92.1	106.6	120.0	121.3	130.5	1329.7
Yauyos	2,850	79.9	61.7	65.9	90.3	122.0	139.7	154.6	158.2	147.7	140.7	133.1	114.4	1408.2

Tabla 2.3.4

HORAS DE SOL MEDIA MENSUAL EN LA ESTACION DE CAÑETE

(Unit: hr)

Station	Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual/ Mean
	(m)													
Cañete	150													
Monthly mean		184.2	177.7	200.3	205.5	145.0	63.5	55.1	48.7	59.6	102.3	120.6	161.3	1523.8
Daily mean		5.94	6.35	6.46	6.85	4.68	2.12	1.78	1.57	1.99	3.30	4.02	5.20	4.19

Tabla 2.3.5

HUMEDAD MEDIA MENSUAL

(Unit: %)

Station	Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
	(m)													
Cañete	150	81	80	80	81	84	85	86	86	86	85	82	81	83
Yauyos	2,850	48	49	42	46	52	58	62	61	59	56	56	51	53

Tabla 2.4.1 Resumen de la Fórmula y Coeficiente de Correlación

		x							
		Tanta	Vilca	Carania	Yauyos	Huantan	Colonia	Huangascar	Pacaran
y	Tanta	-	-	1	-	-	-	-	-
			y=0.5962x r=0.6077	y=1.1613x r=0.7564	y=1.5657x r=0.6835	y=0.3686x r=0.3159	y=1.1467x r=0.6432	y=1.3243x r=0.4880	y=15.5640x r=0.4675
	Vilca	1	-	2	-	-	-	-	-
		y=1.0872x r=0.6077		y=1.3717x r=0.5757	y=1.6979x r=0.4189	y=0.4993x r=0.5568	y=1.3131x r=0.6054	y=1.6371x r=0.4203	y=16.6960x r=0.2317
	Carania	2	-	-	1	-	-	-	-
		y=0.6782x r=0.7564	y=0.4482x r=0.5757		y=1.1635x r=0.7808	y=0.3378x r=0.5259	y=0.8987x r=0.6987	y=1.1301x r=0.6446	y=11.8410x r=0.4243
	Yauyos	-	-	1	-	-	2	-	-
		y=0.4507x r=0.6835	y=0.2870x r=0.4189	y=0.6770x r=0.7808		y=0.2859x r=0.4654	y=0.7511x r=0.7595	y=0.8242x r=0.6042	y=7.5752x r=0.3861
Huantan	-	2	1	-	-	-	-	-	
	y=1.1308x r=0.3159	y=1.1443x r=0.5568	y=1.6039x r=0.5259	y=1.6519x r=0.4654		y=1.6689x r=0.4663	y=1.9972x r=0.4634	y=16.0690x r=0.3094	
Colonia	-	-	3	1	-	-	2	-	
	y=0.6126x r=0.6432	y=0.5092x r=0.6054	y=0.8153x r=0.6987	y=1.0366x r=0.7595	y=0.3006x r=0.4663		y=1.0035x r=0.6973	y=9.9058x r=0.3826	
Huangascar	-	-	-	-	-	1	-	2	
	y=0.4149x r=0.4880	y=0.3014x r=0.4203	y=0.5768x r=0.6446	y=0.7412x r=0.6042	y=0.2389x r=0.4634	y=0.6898x r=0.6973		y=9.9014x r=0.6601	
Pacaran	-	-	-	-	-	2	1	-	
	y=0.0326x r=0.4675	y=0.0209x r=0.2317	y=0.0402x r=0.4243	y=0.0610x r=0.3861	y=0.0274x r=0.3094	y=0.0488x r=0.3826	y=0.0663x r=0.6601		

: adopted for estimation of missing records
The number 1 - 3 identifies priority order.

Tabla 2.4.2 Resultado del Análisis de Probabilidad

Probability Analysis of Annual Rainfall (mm/year)

Station	Statistical Parameters			Return period (year)					
	N	Mean	ST-DV	2	5	10	20	50	100
Tanta	31	799.2	276.7	756.9	1038.0	1224.1	1402.6	1633.7	1806.8
Vilca	29	909.8	556.1	825.1	1393.6	1770.0	2131.1	2598.4	2948.6
Carania	28	545.2	171.4	519.2	695.1	811.5	923.2	1067.8	1176.2
Yauyos	22	356.4	173.1	330.6	513.0	633.8	749.7	899.7	1012.1
Huantan	15	656.2	318.3	610.6	964.1	1198.1	1422.6	1713.2	1931.0
Colonia	20	453.5	146.5	431.9	588.1	691.5	790.8	919.2	1015.4
Huangascar	29	272.2	143.6	250.3	397.2	494.4	587.6	708.3	798.8
Pacaran	18	14.9	11.5	13.2	25.7	34.0	41.9	52.2	59.9

Probability Analysis of Annual Maximum Daily Rainfall (mm/day)

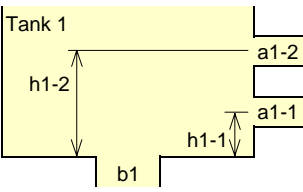
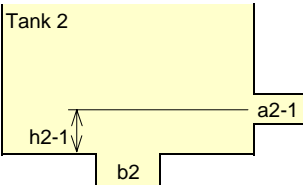
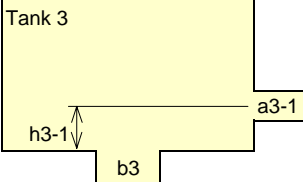
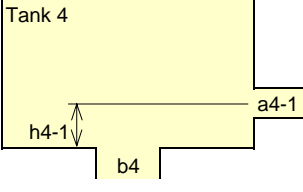
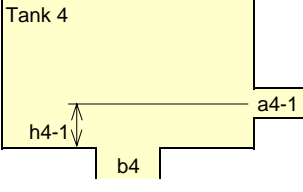
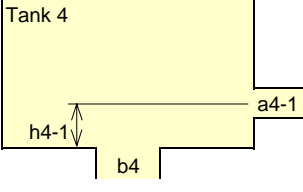
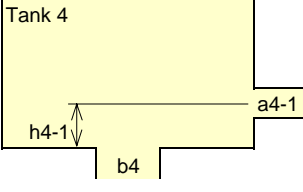
Station	Statistical Parameters			Return period (year)					
	N	Mean	ST-DV	2	5	10	20	50	100
Tanta	31	21.2	8.2	20.0	28.3	33.8	39.1	46.0	51.1
Vilca	29	26.0	9.6	24.5	34.4	40.9	47.1	55.2	61.3
Carania	27	18.8	4.9	18.1	23.1	26.4	29.6	33.8	36.9
Yauyos	22	21.0	6.3	20.1	26.7	31.1	35.3	40.7	44.8
Huantan	15	28.5	7.9	27.4	36.2	42.0	47.6	54.8	60.2
Colonia	19	22.3	11.5	20.6	33.0	41.2	49.1	59.2	66.9
Huangascar	28	22.0	8.6	20.7	29.5	35.3	40.9	48.1	53.5
Pacaran	17	3.8	2.4	3.5	6.1	7.9	9.6	11.8	13.4

Tabla 2.4.3 Resumen de la Fórmula y Coeficiente de Correlación

		x					
		Tanta	Aguas Calientes	Tomas	Tinco de Alis	Chavin	Socsi
y	Tanta		1 $y=0.8428x^{0.801}$ $r=0.9455$	- $y=2.9824x^{0.4929}$ $r=0.6695$	2 $y=0.2348x^{1.0203}$ $r=0.8978$	3 $y=0.1204x^{0.9076}$ $r=0.8075$	4 $y=0.2133x^{0.6861}$ $r=0.7310$
	Aguas Calientes	1 $y=1.3473x^{1.1161}$ $r=0.9455$		- $y=5.1479x^{0.6738}$ $r=0.7453$	2 $y=0.2058x^{1.2783}$ $r=0.9448$	3 $y=0.0726x^{1.2093}$ $r=0.8871$	4 $y=0.1391x^{0.958}$ $r=0.8404$
	Tomas	- $y=0.2238x^{0.9094}$ $r=0.6695$	- $y=0.1714x^{0.8245}$ $r=0.7453$		- $y=0.0302x^{1.2652}$ $r=0.8158$	- $y=0.0077x^{1.3003}$ $r=0.8577$	- $y=0.0109x^{1.125}$ $r=0.8689$
	Tinco de Alis	3 $y=4.7019x^{0.79}$ $r=0.8978$	1 $y=3.7474x^{0.6984}$ $r=0.9448$	- $y=12.584x^{0.526}$ $r=0.8158$		2 $y=0.495x^{0.9043}$ $r=0.9159$	4 $y=0.7788x^{0.7248}$ $r=0.8846$
	Chavin	- $y=13.327x^{0.7184}$ $r=0.8075$	- $y=10.438x^{0.6507}$ $r=0.8871$	- $y=35.636x^{0.5657}$ $r=0.8577$	1 $y=3.1587x^{0.9276}$ $r=0.9159$		2 $y=1.8938x^{0.762}$ $r=0.9158$
	Socsi	- $y=14.682x^{0.7789}$ $r=0.7310$	- $y=10.746x^{0.7372}$ $r=0.8404$	- $y=45.482x^{0.6711}$ $r=0.8689$	- $y=2.6413x^{1.0797}$ $r=0.8846$	1 $y=0.8361x^{1.1005}$ $r=0.9158$	

: adopted for estimation of missing records
The number 1 - 4 identifies priority order.

Tabla 2.4.4 Resumen de los Parámetros del Modelo del Tanque

	Station	Tanta	Aguas Calientes	Tinco de Alis	Chavin	Socsi
	Evaporation (mm/day)					
	Non-rainy day	0.30	0.80	1.60	1.30	0.70
	Rainy day	0.15	0.40	0.80	0.65	0.35
	Catchment Area(km ²)	172	352	930	3265	5890
	Tank 1					
	Initial storage height (mm)	0	0	0	0	0
	a1-1	0.060	0.080	0.010	0.080	0.100
	h1-1(mm)	10	10	10	10	10
	a1-2	0.080	0.150	0.010	0.100	0.200
	h1-2(mm)	35	30	30	20	20
b1	0.2000	0.1100	0.2000	0.2000	0.1500	
	Tank 2					
	Initial storage height (mm)	0	0	0	0	0
	a2-1	0.0400	0.0450	0.0500	0.0120	0.0350
	Tank 3					
	h2-1(mm)	0	10	0	0	0
	b2	0.0500	0.0300	0.2000	0.0300	0.0600
	Tank 4					
	Initial storage height (mm)	0	0	0	0	0
	a3-1	0.0200	0.0030	0.0050	0.0020	0.0020
	h3-1(mm)	0	0	0	0	0
	Tank 4					
	b3	0.0500	0.0150	0.0080	0.0050	0.0050
	Initial storage height (mm)	1200	700	2800	2000	500
	a4-1	0.00020	0.00030	0.00010	0.00010	0.00030
	h4-1(mm)	0	0	0	0	0
	b4	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

Note) ax-x, bx : multiplier of model hx-x : Storage height (mm)

Tabla 2.5.1 Clasificación Estratigráfica de la Cuenca del Río Cañete

Era	Period	Series	Stratigraphic Unit	Symbol	Thick-ness(m)	Lithology	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Present fluvial deposit & Alluvial cone	Qh-pf Qh-ac		Soft deposit located along the river channel composing of boulder, gravel, sand and silt.	
			Talus deposit	Qh-td		Semi-soft heterogeneous material composing of rockfall block, sand and silt on the gentle slope.	
		Pleistocene	Terrace deposit	Qp-td		Semi-hard to soft deposit composing of boulder, gravel, sand and silt with regular alternating beds.	
			Old fluvial deposit	Qp-of		Semi-hard to soft deposit composing of boulder, gravel, sand and silt with graded bedding.	
			Fluvio-glacial and glacial (moraine) deposit	Qp-fg Qp-g		Semi-hard heterogeneous material composing of block with striation, gravel, sand and silt.	
			Caudalosa Formation	Ts-c	400	Rhyoritic tuff and rhyodacite with alternating beds of tuffaceous sandstone.	
	Tertiary	Upper	Astobamba Formation	Ts-a	200	Andesitic lava and breccia with variable tonality.	
			Sacsaquero Group	Tm-s	300	Volcano-sedimentary sequence. Andesitic breccia, lava, tuff with alternating beds of sandstone.	
		Lower	Tantará Formation	Ti-t	500	Dark gray andesitic lavas and violet volcanic breccias with rhyorite and rhyodacite layers.	
			Casapalca Formation	KsTi-c	600	Red shale and sandstone with good stratified beds of conglomerate and limestone.	
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Celendín Formation	Ks-c	400	Stratified siliceous shale with thin beds of limestone and yellowish gray marl.
				Jumasha Formation	Ks-j	300	Yellowish gray limestone with alternating beds of marl and chert.
				Machay Group (Chulec/Pariahuanca, Pariatambo Frms)	Ki-m	300	Gray limestone with layers of marl and sandstone. Fossil bearing formation.
			Lower	Goyllarisquizga Group (Oyon/Chimu, Santa y Carhúaz frms)	Ki-g	350	Quartziferous sandstone with regular alternating beds of shale and siltstone. Limestone and dolomite of Santa Frm.
Chaucha Formation				Js-ch	250	Gray limestone with good stratified layers of marl and dolomitic sandstone.	
Jurassic			Middle	Cercapuquio Frm.	Jim-c	400	Dark gray sandstone with good stratified layers of siltstone.
		Lower	Pucará Group	TrJ-p	400	Gray limestone alternating with layers of marl, calcareous sandstone and shale.	
Triassic		Upper					

Rocas Intrusivas

Age	Unit	Symbol	Lithology
Lower Tertiary ~ Upper Cretaceous	Andean Batholith	KT-I	Granodiorite, diorite and granite

Tabla 2.5.2 Aspecto Geodinámico de la Cuenca del Río Cañete

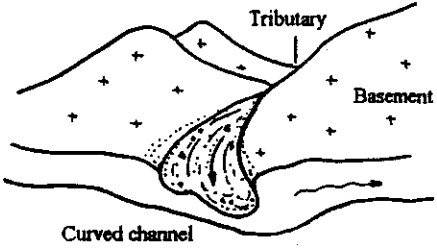
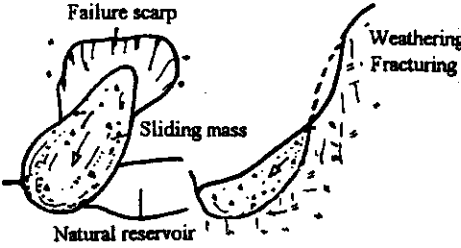
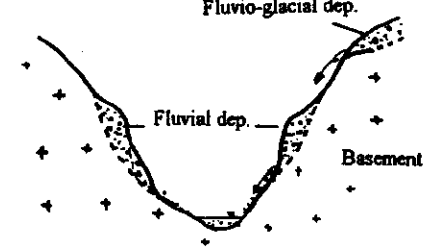
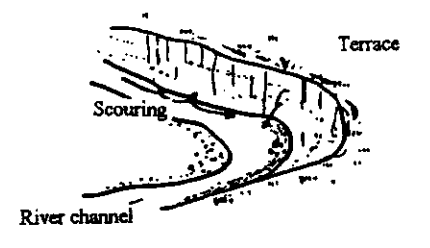
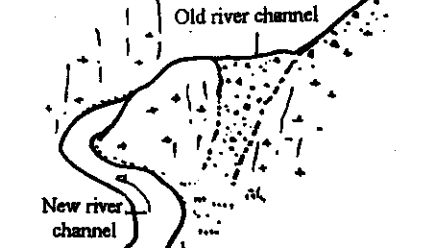
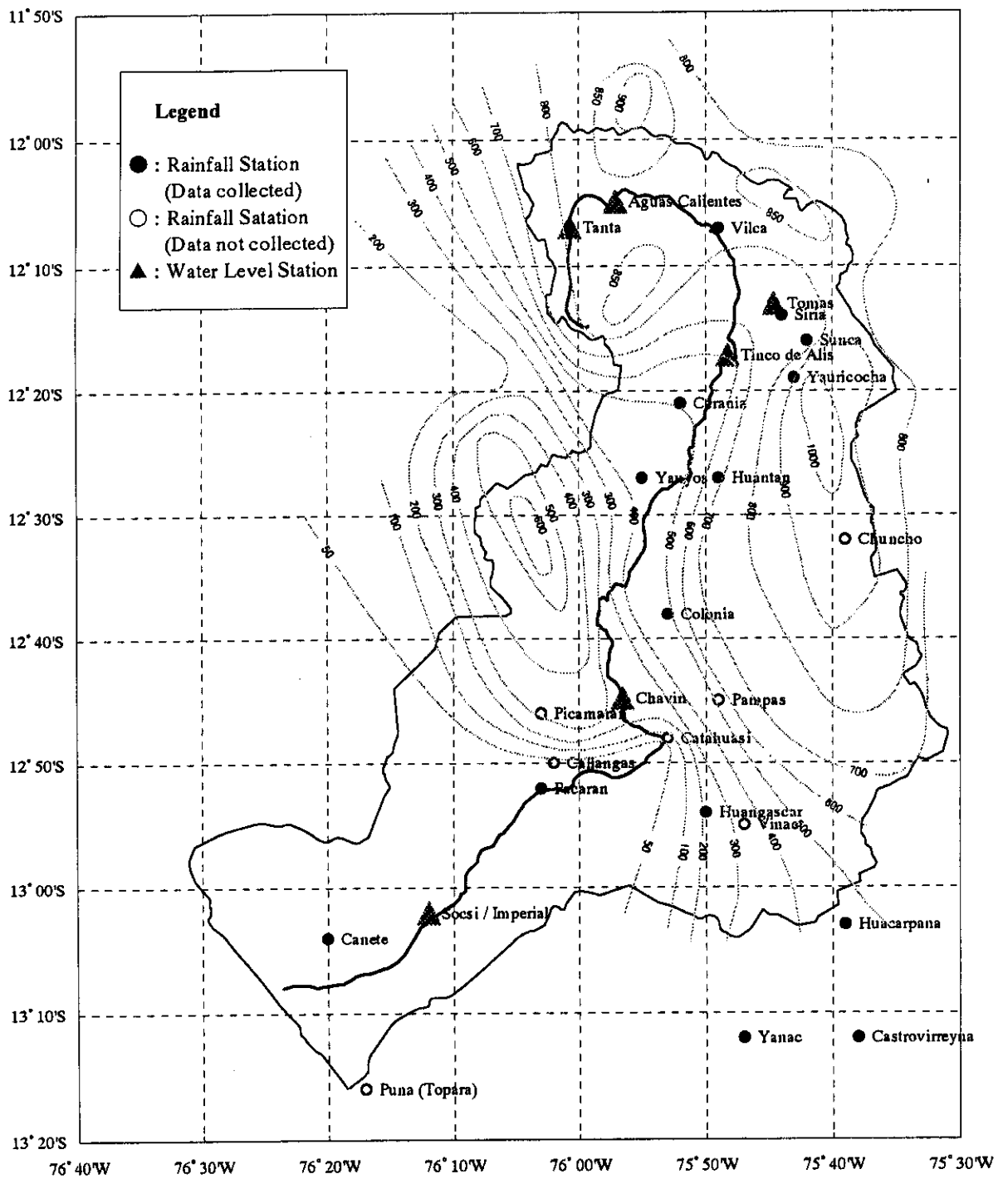
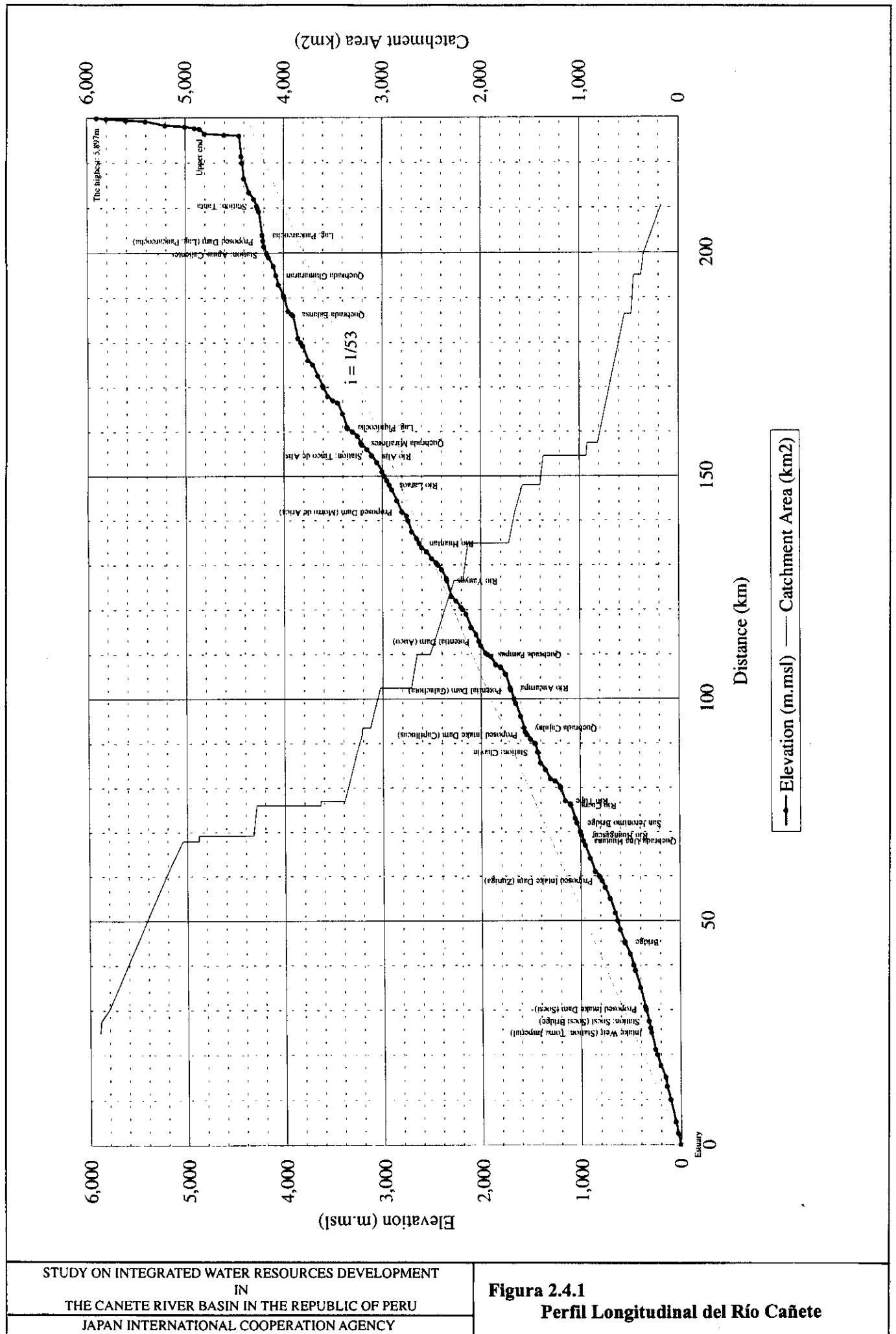
Geodynamic phenomenon	① Debris flow	② Landslide	③ Slope failure	④ Riverside failure	⑤ Buried valley
Schematic figure					
Characteristic	The heterogeneous particles of various size carried by debris flow are discharged unexpectedly and are deposited in cone shaped form in tributary riverbed and confluence between the Cañete River and tributary. Debris flow occurs temporary in the rainy season. Rapid and voluminous flows cause a serious problems. Some alluvial cones stem the Cañete River to build a temporary reservoir.	A large scaled landslide occurred on the NE facing slope in kp. 86.5 and 88km many years ago. Consequently, sliding mass stemmed the Cañete River and dammed up to create a natural reservoir upstream. This dam body has existed for long time because of large deposit of lacustrine sediment in the ex reservoir area.	Many slope failures fail in the steep ravine on the slopes. Major failures occur near of the base of the slope on which unstable old fluvial and fluvio-glacial sediments overlies. The fluvial sediments are deposited in the form of terrace in the lower reach and hanging in the middle. The fluvio-glacial sediments are accumulated extensively on the gentle slopes in the upper and middle reach.	Riverside failures are shown in the curvilinear channel of wide Cañete valley between San Jerónimo and Zuñiga. The failures are formed by erosion at under cut slope of river terrace along the channel through the scour during the flooding.	At present, the old river channels exist with almost straight alignment filled of fluvial and possibly fluvio-glacial materials through gravity, sliding and geodynamic phenona. After interruption of the river current, a new river channel was formed aside the old one with curved and narrow alignment by means of river erosive action on its riverbank.
Physiography	The phenomenon occurs along the tributary of 15-45° gradient and stops less than 10° gradient.	V-shaped valley with both slopes of 35-40° gradient. Landslide surface shows 20-25° gradient. Sliding scarp is located at 800-900m high from the riverbed.	Slope failures occur along the ravine of 30-40° gradient. There are many rills and gullies around of the slope failures.	River channel is generally meander form. Eroded slope shows almost vertical. Original deposits are mainly terrace and alluvial cone.	Appearance of break-line on a slope along the old river channel and narrow riverbank eroded by the new one.
Geology	Debris flows are distributed mainly in the stretch between Lunahuana and Magdalena where volcanic, non-carbonated sedimentary rocks and granitic rocks are exposed.	Soft volcanic formation consisting of pyroclastic rocks with large boulders. Lacustrine sediment composing of fine materials are distributed upstream in Chavin, Capillucas, etc.	The old fluvial sediment shows bedding composed of gravel, sand, silt and clay. The fluvio-glacial sediments show slightly bedded strata composed of heterogeneous materials.	Soft sediments composed of gravel, sand and silt. Some materials may be deposited at the base of the slope or carried directly into a main stream.	The fluvial, colluvial and possibly fluvio-glacial deposits buried the concavity of the old river channel. Buried materials consist of unsorted boulder, pebble, cobble, gravel, sand and silt.
Frequency	Frecuent	Few	Frecuent	Moderate	Moderate
Sediment supply	Abundant	Abundant	Abundant	Normal	—
Remarks	Debris flow do large damage to the infrastructures, agricultural crop and human life during the summer of El Niño year. Debris flow is called Huayco in Perú.	Few landslide occurred in the basin, but its magnitude was large. Clayish lacustrine material shows a continuous distribution such like band on both slope sides.	This type of failure is common in the basin. These sediments are intermittently distributed on the both slopes as far as Magdalena. Particles of these sediments continuously fail.	This type of failure causes agricultural damage on the river terrace.	The old river channels become a engineering problem due to a weakness, high permeability, etc. in some proposed dam sites such as Capillucas, Santo Domingo and Calachota.

Tabla 2.5.3 Características de las Presas de Embalse y de Derivación Propuestas

Proposed Dam/Intake Site		Paucarcocha Dam	Morro de Arica Dam	Auco Dam	San Jerónimo Dam	Capillucas Intake Dam	Zuñiga Intake Structure	Socsi Intake Structure	
Dam Plan	Altitude of river bed (m.a.s.l.)	North EL 4,216m South EL4,235m	EL2,787m	EL1,950m	EL1,000m	EL1,522m	EL775m	EL330m	
	Efficiency of reservoir	Good	Relatively good	Good	Relatively good	Relatively good	Good	Good	
	H.W.L (Crest height)	EL4,254m (38m) EL4254m (19m)	EL2,987m (200m)	EL2,100m (150m)	EL1,150m (150m)	EL1,565m (43m)*	EL785m (10m)	EL340m (10m)	
	Volume (Crest length)	(350m) (280m)	(150m) EL2,997m (210m) (151m)	(420m) EL2,150m (200m) (505m)	(550m) EL1,200m (200m) (650m)	(100m) EL1,560m (38m)** (93m)	(150m)	(200m)	
Topography	Limit of crest height	Nothing	Lower than SWL3,060m	Lower than SWL2,200m	Nothing	Lower than SWL1,565m	Lower than SWL795m	Lower than SWL340m	
	Riverbed width	35m 80m(Low part)	aprox. 20m	155m	85m	70m	20m	40m	
	Slope gradient	L: 7-22° R: 20° L: 20° R:2-25°	L: 60-80° R: 70-85°	L: 60° R: 70°	L: 40° R: 50°	L: 60° R: 50°	L: 55° R: 5°	L: 55° R: 5°	
	Landslide at dam site	No present	No present	No present	No present	No present	No present	No present	
	Landslide	Near of dam	No present	No present	No present	No present	No present	No present	No present
		Reservoir	Small scale	Isolated rock falls, rock slides and landslides.	Remove of alluvial cones in small scale	Remove of alluvial deposits in small scale	Remove of alluvial deposits in small scale	No present	No present
	Remarks	Drumlin separates two embankment located downstream of the Paucarcocha lake.	Narrow gouge between very steep walled canyon	Flat topography in the top of the left abutment. Relatively, gentle and wide river channel.	Rocky spur form the right abutment.	Rocky hill 47m high form the riverbed and paleo-channel behind the hill.	Steep rocky slope in the left bank and very gentle slope in the right.	Wide valley filled by fluvial and alluvial deposits.	
Geology	Dam site	Bedrock	Andesite, dacite of the Tantará Frm is restricted in the upper part of the right abutment.	Oyón/Chimú Frm.(quartzite, meta sandstone and silicified shale)	Andean Batholith (granodiorite, diorite and tonalite)	Andean Batholith (granodiorite, diorite and tonalite)	Andean Batholith (granodiorite, tonalite and granite)	Goyllarisquizga Group (quartziferous sandstone with alternating beddings of shale and siltstone)	Andean Batholith (granodiorite, diorite and tonalite)
		Quaternary sediment	Qp-g, Qp-fg and Qh-pf	Qh-pf	Qh-td, Qh-ac and Qh-pf	Qp-of, Qp-td, Qh-td, Qh-ac and Qh-pf	Qh-pf including lacustrine deposit Qh-td at the bottom of the slope.	Qh-pf	Qh-pf
		Thickness of fluvial sediment	more than 100m	aprox. 35m	Thick	Relatively thick	Thick (more than 50m)	Thin	Thick
		Faults	No present	No major fault is present	No major fault is present	No major fault is present	No present	No present	No present
		Fractures		Open fracture trends north-north-west direction	Many semi-vertical joints, sometimes opened.	Patially semi-vertical jand semi-horizontal joints	Widely jointed in an angle of medium degree and semi-vertical	Many fractures parallel to the bedding planes	Sporadic fractures
		Alteration		Slight	No present	No present	No present	No present	No present
	Remarks	Glacial moraine deposit (Qp-g) is compact.	Tight fold structure near of the dam axis. Limestone outcrops are over 3060m at dam site.	Distribution of soft sediments on the basis of left abutment.	Distribution of soft sediments on the basis of left abutment.	Paleo-channel filled with fluvial materials caused by debris flows and aluvial deposits	Terrace, alluvial and fluvial deposits accumulated in the right margin.	Granitic outcrop is located near of the proposed intake weir in the right abutment.	
	Reservoir	Bedrock		Ki-g (alternating beds of carbonate and non-carbonate rocks)	Andean Batholith (granodiorite, diorite and tonalite)	Tantará Formation (Andesite, dacite, rhyorite and rhyodacite)	Andean Batholith (granodiorite, granite), Tantará Frm. (andesite)	Principally quartziferous sandstone	Principally Andean Batholith
		Quaternary sediment	Qp-g, Qp-fg, Qh-td, Qh-ac	Qh-td, Qh-ac, Qh-pf	Qp-fg, Qp-of, Qp-td, Qh-td, Qh-ac and Qh-pf	Qp-of, Qp-td, Qh-td, Qh-ac and Qh-pf	Qp-of, Qh-td and Qh-ac possibly Qp-fg	Qp-of, Qp-td, Qh-td, Qh-ac and Qh-pf	Qp-td, Qh-td, Qh-ac and Qh-pf
		Faults	No present	No major fault is present	No major fault is present	No major fault is present	No major fault is present	No major fault is present	No major fault is present
		Possible large leakage	Possibly insignificant	Possibly insignificant	No present	Possibly insignificant	Possibly insignificant		
		Remarks		Landslides and small debris flow are present.	Relatively gentle and wide reservoir.	Wide distribution of terraces and talus slopes.	Relatively gentle and wide river channel.	Debris flows are located up-stream.	
Borrow Materials	Aggregates	Alluvial cones and talus deposit (colluvial type)	Andesite lava, alluvial and talus deposits and quarried bedrock	Fluvial deposit and alluvial cone	Talus deposit colluvial type and Tantará Formation (andesitic lava)	Alluvial cones and fluvial deposit	Alluvial cones and fluvial deposit	Fluvial and alluvial deposit	
	Rock material	Alluvial cones and talus deposit (colluvial type)		Fluvial deposit and alluvial cone	Talus deposit colluvial type and Tantará Formation (andesitic lava)				
	Earth material	Talus deposit and lacustrine deposit		Talus deposit	Talus deposit	Lacustrine deposit			
Integrated Evaluation	Taking into considerations of similar engineering works near a this site, it's possible to construct a low fill type dam.	Narrow gouge consisting of hard and compact bedrock is suited for the high dam. Reservoir area is relatively small.	Hard bedrock and wide valley are suited. Alluvial cone deposit may be thick.	Narrow river width and hard bedrock is suited.	Fill or RCC type will be appropriate because of thick fluvial deposit accumulated.	Topographically surficial deposit is suited to conduct the intaked water in the right margin.	Topographically, terrace distribution is suited to conduct the intaked water in the right margin.		
Issues	Groundwater behavior in the dam site soft deposits, subsurface properties and sedimentation in the Paucarcocha lake. Reservoir rim stability study. Study of borrow materials.	Detailed grasping of the distribution of the carbonated Santa Frm. and karst conditions. Distribution and behavior of fractures, open joints and bedding planes. Reservoir rim stability.	Grasping of the magnitude and properties of the soft sediments located on the valley and left slope. Exhaustive study on the debris flow. Permeable property of the bedrock.	Understanding of the magnitude and properties of the soft sediments located on the left abutment. Slope stability on the talus slopes.	Reservoir rim stability and serious seepage studies by geological and soil mechanical data obtained. Material testing.	Grasping of soil mechanics and properties.	Grasping of soil mechanics and properties.		

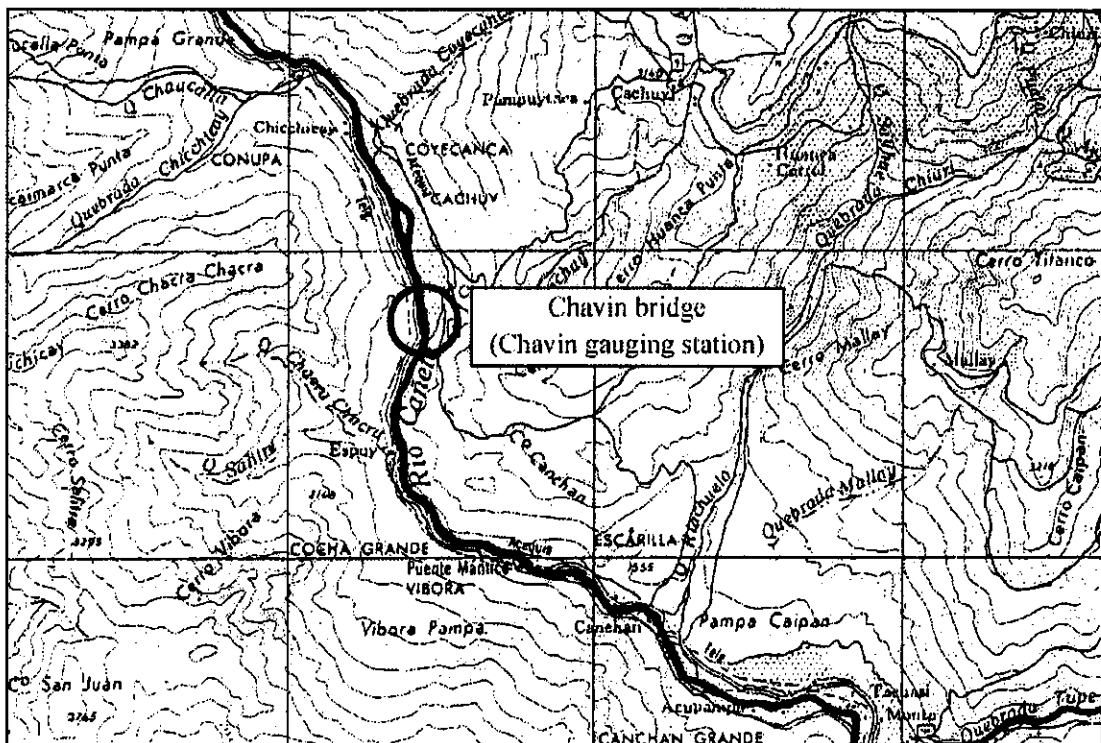
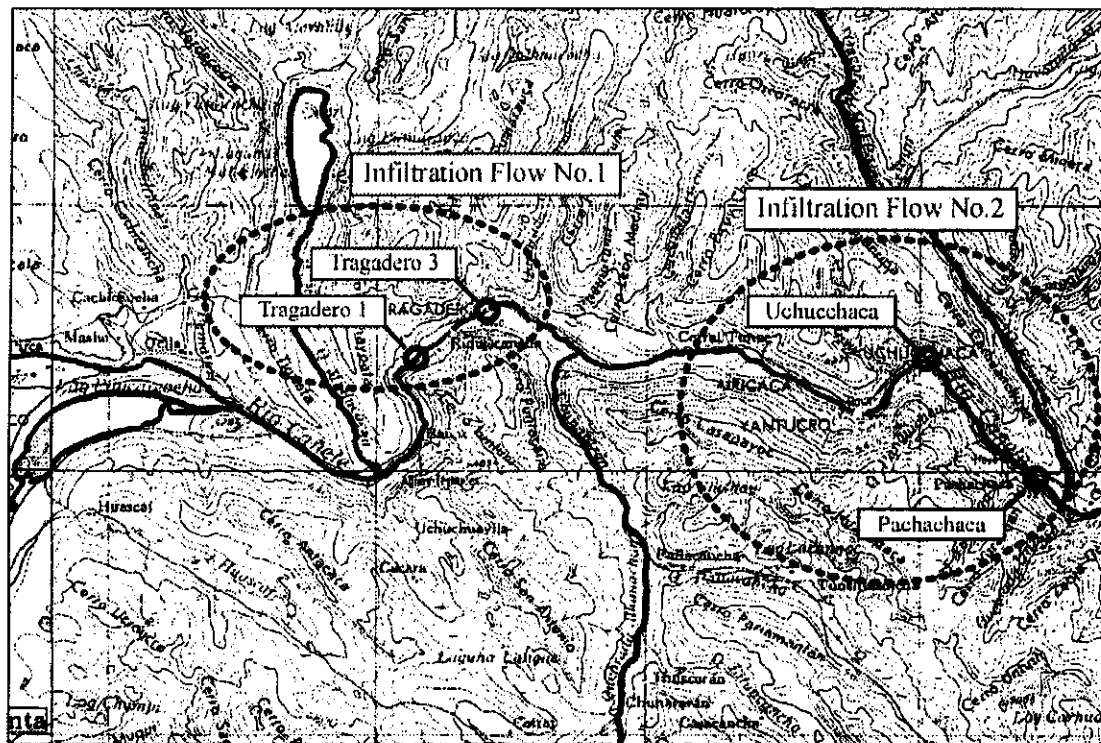


Note) Isohyet is cited from the "El Platanal Hydroelectric Power Plant Feasibility Study, 1987", ELECTROPERU



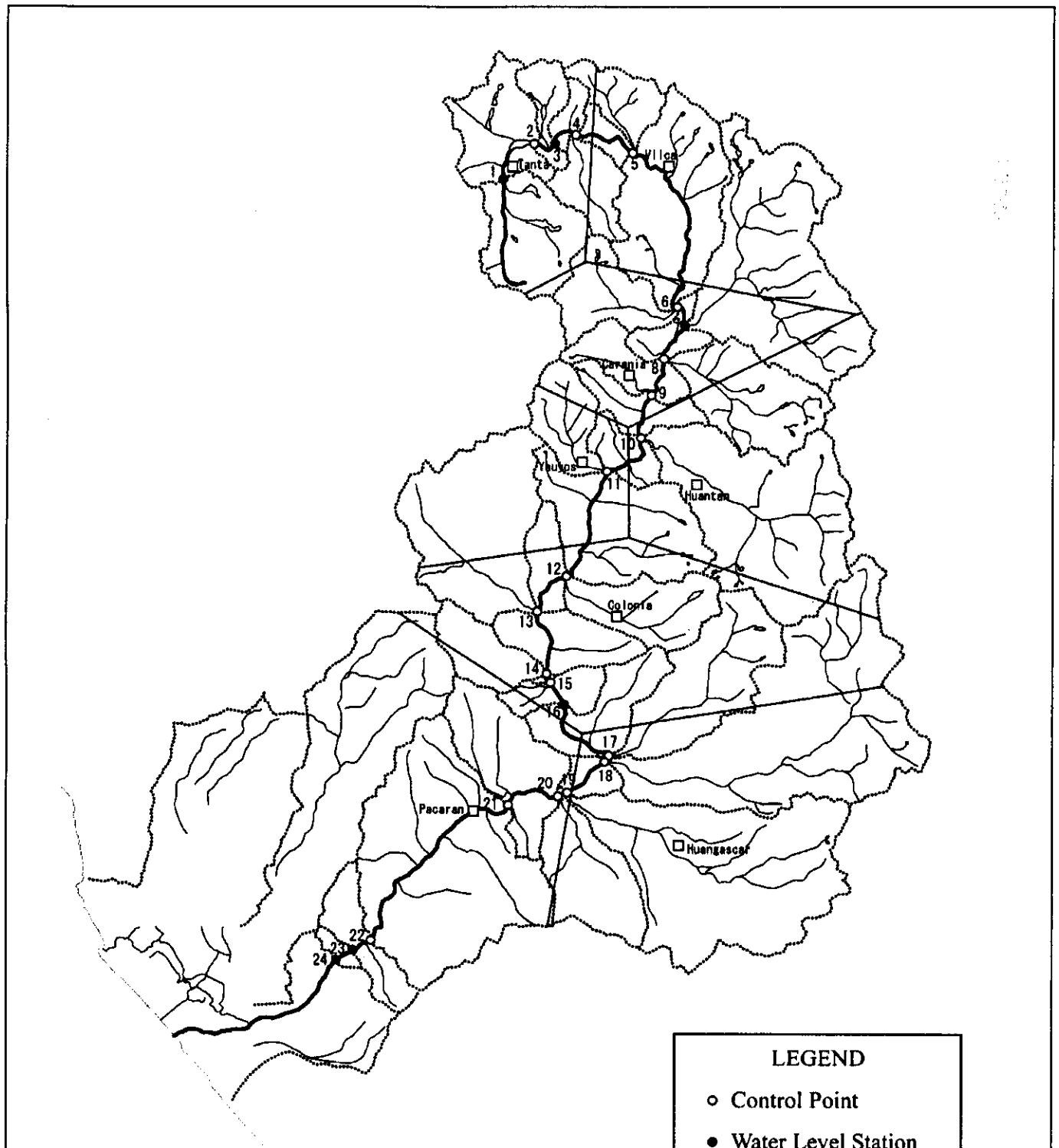
STUDY ON INTEGRATED WATER RESOURCES DEVELOPMENT
 IN
 THE CANETE RIVER BASIN IN THE REPUBLIC OF PERU
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 2.4.1
 Perfil Longitudinal del Río Cafete



STUDY ON INTEGRATED WATER RESOURCES DEVELOPMENT
 IN
 THE CANETE RIVER BASIN IN THE REPUBLIC OF PERU
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 2.4.2
 Ubicación del Sitio de Medición



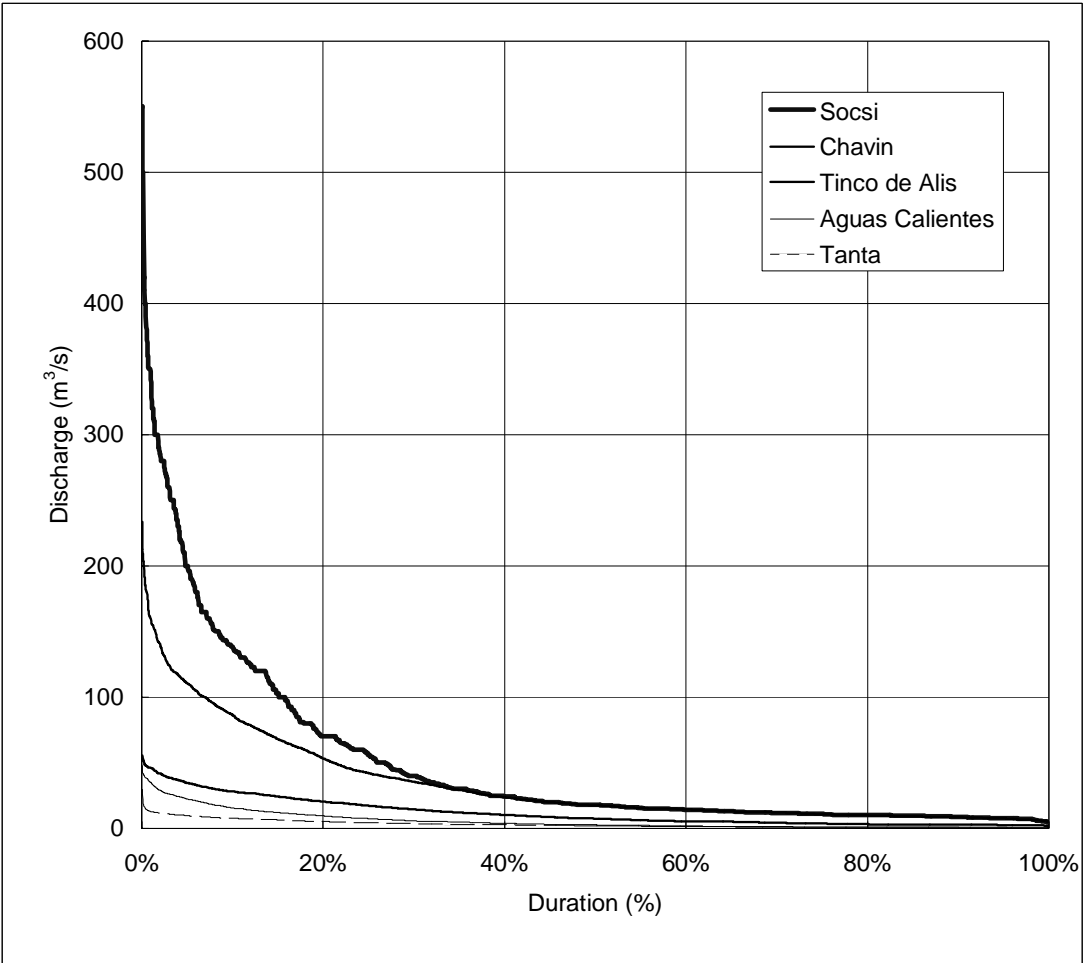
LEGEND

- Control Point
- Water Level Station
- Rainfall Station

No.	Station	Catchment Area(km ²)	Effective Area(%)								
			Pacaran	Huangascar	Colonia	Tanta	Vilca	Huantan	Yauyos	Carania	
1	Tanta	172	-	-	-	98.9%	0.8%	-	-	-	2.5%
3	Awas Calientes	352	-	-	-	98.5%	0.3%	-	-	-	1.2%
7	Tinco de Alis	930	-	-	-	48.6%	40.6%	-	-	-	12.8%
16	Chavin	3265	0.6%	-	18.2%	13.3%	20.0%	20.1%	-	13.9%	14.0%
23	Sosci	5890	15.7%	20.7%	17.9%	7.4%	11.1%	11.8%	11.8%	7.7%	7.7%
24	Imperial	5900	15.8%	20.7%	17.9%	7.3%	11.0%	11.8%	-	7.7%	7.7%

STUDY ON INTEGRATED WATER RESOURCES DEVELOPMENT
IN
THE CANETE RIVER BASIN IN THE REPUBLIC OF PERU
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 2.4.3
Poligono de Thiessen



Duration (%)	Discharge (m ³ /s)				
	Sosci	Chavin	Tinco de Alis	Aguas Calientes	Tanta
0.02%	550.0	233.8	55.5	47.8	29.9
5%	200.0	110.7	34.7	22.3	9.5
10%	138.0	86.7	28.1	15.6	7.6
15%	103.0	68.0	24.3	12.0	6.5
20%	70.0	53.1	20.4	9.4	5.1
25%	56.0	42.2	17.2	7.4	4.3
30%	40.0	35.4	14.4	5.7	3.7
35%	30.0	29.4	12.0	4.7	3.0
40%	24.5	23.7	10.3	3.8	2.6
45%	20.0	20.0	8.7	3.1	2.3
50%	18.0	17.6	7.4	2.6	2.0
55%	15.5	15.7	6.3	2.2	1.7
60%	14.0	14.5	5.5	1.8	1.4
65%	13.0	13.0	5.0	1.5	1.2
70%	11.7	12.2	4.3	1.3	1.1
75%	11.0	10.8	3.7	1.1	0.9
80%	10.0	9.9	3.2	1.0	0.8
85%	9.5	9.1	2.9	0.8	0.7
90%	8.8	8.5	2.8	0.7	0.6
95%	7.8	7.5	2.5	0.6	0.5
100%	4.6	5.4	1.2	0.2	0.2

