

| Tasa de Aumento de los Costos de Inversión (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) | TIRF (%) |
|--|-------------------------------|----------|
| 40.00  | -5,619                        | 11.32    |
| 30.00  | -2,414                        | 11.69    |
| 22.46  | 0                             | 12.00    |
| 20.00  | 790                           | 12.10    |
| 15.00  | 2,392                         | 12.63    |

| Tasa de Disminución de Ingresos (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) | TIRF (%) |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------|
| -20.00                              | -7,814                        | 10.71    |
| -15.00                              | -4,061                        | 11.35    |
| -9.59                               | 0                             | 12.00    |
| -5.00                               | 3,446                         | 12.52    |
| -3.00                               | 4,947                         | 12.74    |

### 6.3.8 Estudio del Impacto Ambiental

Este proyecto contribuirá grandemente al desarrollo económico de la ciudad de Arica y al mejoramiento de los niveles de vida de la población. Sin embargo, puede causar algunos impactos negativos en el medio ambiente del área del proyecto.

#### 1) Etapa de Pre-construcción

Los pozos profundos son perforados en las tierras que se ubican entre la Carretera Nacional 11 y el ferrocarril que conecta Arica con La Paz. Todas estas tierras pertenecen al Estado y están disponibles. Por lo tanto, no se anticipan impactos negativos relativos a la adquisición de tierras.

La tubería de transmisión es también instalada en las tierras antes mencionadas. No se anticipan impactos negativos relativos a la adquisición de tierras.

La planta de tratamiento del Lluta requiere la adquisición de 3.8 ha de tierra en el área de Chuilona. No se anticipan impactos negativos relativos a la adquisición de tierras debido a que las tierras están disponibles y no hay reasentamientos involucrados.

La tubería de agua residual es situada bajo la carretera existente. No se requiere de adquisición de tierras.

En las áreas del proyecto no hay lugares históricos valiables ni flora o fauna.

## 2) Etapa de Construcción

### (1) Vibración, ruido y polvo

La construcción de las instalaciones propuestas puede originar vibración, ruido y polvo. Los impactos se juzgan como de poca importancia debido a que la vibración, ruido y polvo anticipados son pequeños y la áreas del proyecto están escasamente habitadas.

### (2) Perturbación del Tráfico

La tubería de transmisión cruza la Carretera Ruta 11 en un (1) lugar. La tubería de aguas residuales cruza la Carretera Ruta 11 y la Carretera Panamericana en un (1) lugar respectivamente.

La perturbación del tráfico debido a los trabajos de las tuberías es considerada pequeña debido al bajo volumen de tráfico en ambas carreteras.

### (3) Reducción del Nivel Freático

Ninguna tubería es instalada bajo el nivel freático. La perforación de pozos generalmente no causa impactos en el nivel freático. Por lo tanto, la reducción del nivel freático debido a los trabajos de construcción del proyecto no son anticipados.

## 3) Etapa de Operación

### (1) Reducción del Nivel Freático

El proyecto planea extraer el agua subterránea dentro de los límites de su recarga potencial. Por lo tanto, el nivel freático existente será mantenido sobre bases promedio a largo plazo, aunque puede fluctuar estacional o anualmente.

Actualmente existen dos (2) pozos profundos y diez (10) pozos de poca profundidad en operación en el valle del Bajo Lluta. Sin embargo, están ubicados a más de 4,000 m del área propuesta para los pozos. Por otra parte, el radio de influencia del bombeo de agua subterránea propuesto es estimado en menos de 200 m.

Por lo tanto, no se anticipa ningún impacto adverso en los pozos existentes.

Sin embargo, la reducción del nivel freático en la temporada seca acelerará la recarga de las aguas subterráneas con agua de río. Esto puede causar algunos impactos negativos en la extracción de agua del río en las tomas de irrigación existentes en la sección aguas abajo de Poconchile.

Para enfrentar este problema el proyecto incluye la construcción de un nuevo sistema de irrigación, el cual integra las tomas de irrigación existentes en una (1) obra de toma propuesta aguas arriba de Poconchile.

2) Intrusión de Agua del Mar

La producción de pozos propuesta está dentro del límite del potencial de recarga de las aguas subterráneas. Por lo tanto, no se considera que haya intrusión de agua de mar en los acuíferos del valle del bajo Lluta.

3) Descarga de Aguas Residuales

Un máximo diario de agua cruda de 553 l/s son tratados mediante el proceso de OI de los cuales 138 l/s o 25% son directamente descargados al mar a través de una tubería de drenaje en la boca del río Lluta. La calidad esperada del agua residual es la siguiente.

|     |   |             |
|-----|---|-------------|
| TDS | : | 13,000 mg/l |
| Cl  | : | 3,800 mg/l  |
| B   | : | 70 mg/l     |

Se considera que el agua residual no causará efectos adversos significativos en el medio ambiente marino en vista de que el agua de mar contiene 30,000 mg/l de TDS y 20,000 mg/l de CL, y que el agua residual es de diluída inmediatamente después de entrar al mar.

Table 6.1 Break-down of Direct Construction and Land Acquisition Cost  
 <Costo de Construcción Directo y de Adquisición de la Tierra>

(at 1994 price)

| Work Item                         | Quantity              | Cost (10 <sup>3</sup> Peso : \$) |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Direct Construction Cost</b>   |                       | <b>25,027,108</b>                |
| 1) Intake Works                   |                       | 4,811,728                        |
| (1) Deep Well                     | 26 Wells              | 1,523,538                        |
| (2) Pump                          | 26 submergible pumps  | 1,044,098                        |
| (3) Electric Facilities/Equipment |                       | 2,244,092                        |
| 2) Transmission Facilities        |                       | 757,702                          |
| (1) Pipeline                      | ø150-500 mm, 12,500 m | 604,621                          |
| (2) Valve                         | 11 valves             | 38,106                           |
| (3) Crossing Works                |                       | 72,000                           |
| (4) Break-pressure Tank           | 4 tanks               | 42,975                           |
| 3) Treatment Plant                |                       | 16,987,214                       |
| (1) Civil Works                   |                       | 958,364                          |
| (2) Building Works                |                       | 536,350                          |
| (3) Mechanical Equipment          | 12 RO units           | 11,384,800                       |
| (4) Electrical Equipment          |                       | 4,067,700                        |
| (5) Others                        |                       | 40,000                           |
| 4) Distribution Network           |                       | 2,312,464                        |
| (1) Distribution Main Pipe        | ø700 mm, 7,000 m      | 1,865,759                        |
| (2) Distribution Network          | 12,800 m              | 446,705                          |
| 5) Electric Works                 |                       | 158,000                          |
| (1) Electric Transmission Line    | 23 kVA, 20 km         | 158,000                          |
| <b>Land Acquisition Cost</b>      |                       | <b>2,912,000</b>                 |
| 1) Land Acquisition               |                       | 12,000                           |
| (1) Land Acquisition              | 3.8 ha                | 12,000                           |
| 2) Compensation Works             |                       | 2,900,000                        |
| (1) Irrigation Headworks          | 1 place               | 240,947                          |
| (2) Irrigation Channel            | 77 km                 | 2,659,053                        |

Nota: Costos: a Marzo de 1994, excluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Tipo de Cambio: US\$1.00 = Pesos chilenos \$435.00 = Yenes japoneses ¥110.00

Table 6.2 Disbursement Schedule of Investment Cost (Arica)  
<Programa de Desembolso de los Costos de Inversión (Arica)>

| Work Item                     | 1996                           |         |                              |           |                         |       | 1997                           |           |                              |        |                         |            | 1998                           |            |                              |  |                         |  | TOTAL                          |                              |
|-------------------------------|--------------------------------|---------|------------------------------|-----------|-------------------------|-------|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------|-------------------------|------------|--------------------------------|------------|------------------------------|--|-------------------------|--|--------------------------------|------------------------------|
|                               | Foreign Currency (1000 x US\$) |         | Local Currency (1000 x Peso) |           | Sub Total (1000 x Peso) |       | Foreign Currency (1000 x US\$) |           | Local Currency (1000 x Peso) |        | Sub Total (1000 x Peso) |            | Foreign Currency (1000 x US\$) |            | Local Currency (1000 x Peso) |  | Sub Total (1000 x Peso) |  | Foreign Currency (1000 x US\$) | Local Currency (1000 x Peso) |
|                               |                                |         |                              |           |                         |       |                                |           |                              |        |                         |            |                                |            |                              |  |                         |  |                                |                              |
| 1 Direct Construction         | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 6,242                          | 2,595,156 | 5,310,330                    | 35,839 | 4,126,962               | 19,716,778 | 42,080                         | 6,722,117  | 25,027,108                   |  |                         |  |                                |                              |
| 1) Intake Works               | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 3,577                          | 850,003   | 2,405,864                    | 3,577  | 850,003                 | 2,405,864  | 7,153                          | 1,700,006  | 4,811,728                    |  |                         |  |                                |                              |
| 2) Transmission Facilities    | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 735                            | 59,129    | 378,851                      | 735    | 59,129                  | 378,851    | 1,470                          | 118,258    | 757,702                      |  |                         |  |                                |                              |
| 3) Treatment Plant            | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 0                              | 1,369,383 | 1,369,383                    | 29,597 | 2,743,189               | 15,617,831 | 29,597                         | 4,112,572  | 16,987,214                   |  |                         |  |                                |                              |
| 4) Distribution Network       | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 1,930 | 316,640                        | 1,156,232 |                              | 1,930  | 316,640                 | 1,156,232  | 3,860                          | 633,281    | 2,312,464                    |  |                         |  |                                |                              |
| 5) Electric Transmission Line | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 0                              | 0         | 0                            | 0      | 0                       | 0          | 0                              | 158,000    | 158,000                      |  |                         |  |                                |                              |
| 2 Land Acquisition            | 0                              | 12,000  | 12,000                       | 12,000    | 12,000                  | 0     | 1,450,000                      | 1,450,000 | 1,450,000                    | 0      | 1,450,000               | 1,450,000  | 0                              | 2,912,000  | 2,912,000                    |  |                         |  |                                |                              |
| 1) Land Acquisition           | 0                              | 12,000  | 12,000                       | 12,000    | 12,000                  | 0     | 0                              | 0         | 0                            | 0      | 0                       | 0          | 0                              | 12,000     | 12,000                       |  |                         |  |                                |                              |
| 2) Compensation Works         | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 0     | 1,450,000                      | 1,450,000 | 1,450,000                    | 0      | 1,450,000               | 1,450,000  | 0                              | 2,900,000  | 2,900,000                    |  |                         |  |                                |                              |
| 3 Engineering Cost            | 890                            | 363,228 | 750,378                      | 750,378   | 750,378                 | 446   | 181,614                        | 375,624   | 375,624                      | 446    | 181,614                 | 375,624    | 1,782                          | 726,456    | 1,501,626                    |  |                         |  |                                |                              |
| 4 Administration Cost         | 0                              | 250,271 | 250,271                      | 250,271   | 250,271                 | 0     | 250,271                        | 250,271   | 250,271                      | 0      | 250,271                 | 250,271    | 0                              | 750,813    | 750,813                      |  |                         |  |                                |                              |
| 5 Physical Contingency        | 0                              | 0       | 0                            | 0         | 0                       | 2,158 | 312,839                        | 1,251,356 | 1,251,356                    | 2,158  | 312,839                 | 1,251,356  | 4,315                          | 625,678    | 2,502,711                    |  |                         |  |                                |                              |
| TOTAL                         | 890                            | 625,499 | 1,012,649                    | 1,012,649 | 1,012,649               | 8,845 | 4,789,879                      | 8,637,581 | 8,637,581                    | 38,442 | 6,321,686               | 23,044,029 | 48,177                         | 11,737,064 | 32,694,258                   |  |                         |  |                                |                              |

Note: Cost: as of March 1994, excluding Value Added Tax (IVA)

Exchange Rate: US\$1.00 = Chilean Peso \$435.00 = Japanese Yen ¥110.00

Table F, 6.3 Cash Flow Analysis  
 <Análisis de Flujo de Caja (Arica)>  
 (Unit : Pesos)

| Year | Investment     | O & M Cost (*)  | Total Cost      | Revenue         | Cash Flow       |
|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1996 | 1,181,661,551  |                 | 1,181,661,551   |                 | -1,181,661,551  |
| 1997 | 10,880,589,950 |                 | 10,880,589,950  |                 | -10,880,589,950 |
| 1998 | 31,350,850,600 |                 | 31,350,850,600  |                 | -31,350,850,600 |
| 1999 |                | 1,746,506,022   | 1,746,506,022   | 2,082,922,022   | 336,416,000     |
| 2000 |                | 1,899,306,810   | 1,899,306,810   | 2,454,053,437   | 554,746,626     |
| 2001 |                | 2,087,037,027   | 2,087,037,027   | 2,896,114,364   | 809,077,337     |
| 2002 |                | 2,292,393,272   | 2,292,393,272   | 3,407,257,961   | 1,114,864,689   |
| 2003 |                | 2,513,496,566   | 2,513,496,566   | 4,007,826,981   | 1,494,330,415   |
| 2004 |                | 2,714,576,291   | 2,714,576,291   | 4,713,352,284   | 1,998,775,993   |
| 2005 |                | 2,931,742,395   | 2,931,742,395   | 5,542,045,313   | 2,610,302,918   |
| 2006 |                | 3,166,281,786   | 3,166,281,786   | 6,428,772,563   | 3,262,490,777   |
| 2007 |                | 3,419,584,329   | 3,419,584,329   | 7,457,376,173   | 4,037,791,844   |
| 2008 |                | 3,693,151,075   | 3,693,151,075   | 8,650,556,360   | 4,957,405,285   |
| 2009 |                | 27,463,035,267  | 27,463,035,267  | 10,034,645,378  | -17,428,389,889 |
| 2010 |                | 4,307,691,414   | 4,307,691,414   | 11,640,188,638  | 7,332,497,224   |
| 2011 |                | 4,652,306,727   | 4,652,306,727   | 13,502,618,820  | 8,850,312,093   |
| 2012 |                | 5,024,491,266   | 5,024,491,266   | 15,663,037,832  | 10,638,546,566  |
| 2013 |                | 5,426,450,567   | 5,426,450,567   | 18,169,123,885  | 12,742,673,318  |
| 2014 |                | 17,561,703,762  | 17,561,703,762  | 21,076,183,706  | 3,514,479,945   |
| 2015 |                | 6,329,411,941   | 6,329,411,941   | 24,448,373,099  | 18,118,961,158  |
| 2016 |                | 6,835,764,896   | 6,835,764,896   | 28,360,112,795  | 21,524,347,899  |
| 2017 |                | 7,382,626,088   | 7,382,626,088   | 32,897,730,843  | 25,515,104,754  |
| 2018 |                | 7,973,236,175   | 7,973,236,175   | 38,161,367,777  | 30,188,131,602  |
| 2019 |                | 129,997,352,532 | 129,997,352,532 | 44,267,186,622  | -85,730,165,911 |
| 2020 |                | 9,299,982,675   | 9,299,982,675   | 51,349,936,481  | 42,049,953,806  |
| 2021 |                | 10,043,981,289  | 10,043,981,289  | 59,565,926,318  | 49,521,945,029  |
| 2022 |                | 10,847,499,792  | 10,847,499,792  | 69,096,474,529  | 58,248,974,737  |
| 2023 |                | 11,715,299,775  | 11,715,299,775  | 80,151,910,454  | 68,436,610,679  |
| 2024 |                | 12,652,523,757  | 12,652,523,757  | 92,976,216,126  | 80,323,692,369  |
| 2025 |                | 13,664,725,658  | 13,664,725,658  | 107,852,410,706 | 94,187,685,049  |
| 2026 |                | 14,757,903,710  | 14,757,903,710  | 125,108,796,419 | 110,350,892,709 |
| 2027 |                | 15,938,536,007  | 15,938,536,007  | 145,126,203,847 | 129,187,667,840 |
| 2028 |                | 17,213,618,888  | 17,213,618,888  | 168,346,396,462 | 151,132,777,574 |
|      |                |                 |                 | NPV             | 7,199,009,275   |
|      |                |                 |                 | FIRR            | 13.06%          |

Table 6.4 Financial Statement (Africa)  
<Estado Financiero (Africa)>

(Unit : Pesos)

| Year | O&M (*)        | Interest Payment | Capital Repayment | Total Expenditure | Gross Revenue   | Net Revenue Before Depreciation | Depreciation  | Net Revenue After Depreciation | Tax            | Net Revenue After Tax | Accumulated Net Revenue |
|------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| 1996 |                | 59,083,078       |                   | 59,083,078        |                 | -59,083,078                     |               | -59,083,078                    |                | -59,083,078           | -59,083,078             |
| 1997 |                | 603,112,575      |                   | 603,112,575       |                 | -603,112,575                    |               | -603,112,575                   |                | -603,112,575          | -662,195,653            |
| 1998 |                | 2,170,655,105    |                   | 3,917,161,127     | 2,082,922,022   | -1,834,239,105                  | 1,720,806,215 | -3,555,045,320                 |                | -3,555,045,320        | -4,217,240,972          |
| 1999 | 1,746,506,022  | 2,170,655,105    |                   | 4,069,961,915     | 2,454,053,437   | -1,615,908,479                  | 1,720,806,215 | -3,336,714,694                 |                | -3,336,714,694        | -7,553,955,666          |
| 2000 | 2,087,037,027  | 2,170,655,105    |                   | 6,428,341,237     | 2,896,114,364   | -3,532,232,873                  | 1,720,806,215 | -5,253,039,088                 |                | -5,253,039,088        | -12,806,994,754         |
| 2001 | 2,292,393,272  | 2,170,655,105    | 2,170,655,105     | 6,525,170,727     | 3,407,257,961   | -3,117,912,766                  | 1,720,806,215 | -4,838,718,981                 |                | -4,838,718,981        | -17,645,713,735         |
| 2002 | 2,513,496,566  | 1,983,589,595    | 2,170,655,105     | 6,637,741,265     | 4,007,826,981   | -2,629,914,284                  | 1,720,806,215 | -4,350,720,499                 |                | -4,350,720,499        | -21,996,434,234         |
| 2003 | 2,714,576,291  | 1,845,086,839    | 2,170,655,105     | 6,790,288,235     | 4,713,352,284   | -2,016,935,952                  | 1,720,806,215 | -3,737,742,167                 |                | -3,737,742,167        | -25,734,176,401         |
| 2004 | 2,931,742,395  | 1,736,524,084    | 2,170,655,105     | 6,838,921,584     | 5,542,045,313   | -1,296,876,271                  | 1,720,806,215 | -3,017,682,486                 |                | -3,017,682,486        | -28,751,858,887         |
| 2005 | 3,166,281,786  | 1,627,991,329    | 2,170,655,105     | 6,964,928,220     | 6,428,772,563   | -536,155,657                    | 1,720,806,215 | -2,256,961,872                 |                | -2,256,961,872        | -31,008,820,759         |
| 2006 | 3,419,584,329  | 1,519,458,574    | 2,170,655,105     | 7,109,698,007     | 7,457,376,173   | 347,678,165                     | 1,720,806,215 | -1,373,128,050                 |                | -1,373,128,050        | -32,381,948,809         |
| 2007 | 3,693,151,075  | 1,410,925,818    | 2,170,655,105     | 7,274,731,999     | 8,650,556,360   | 1,375,824,362                   | 1,720,806,215 | -344,981,853                   |                | -344,981,853          | -32,726,930,662         |
| 2008 | 3,988,603,161  | 1,302,393,063    | 2,170,655,105     | 7,461,651,329     | 10,034,645,378  | 2,572,994,049                   | 1,720,806,215 | 852,187,834                    | 213,046,958    | 639,140,875           | -32,087,789,787         |
| 2009 | 4,307,691,414  | 1,193,860,308    | 2,170,655,105     | 7,672,206,827     | 11,640,188,638  | 3,967,981,811                   | 1,720,806,215 | 2,247,175,596                  | 561,793,899    | 1,685,381,697         | -30,402,408,090         |
| 2010 | 4,652,306,727  | 1,085,327,553    | 2,170,655,105     | 7,909,083,778     | 13,502,618,820  | 5,594,329,436                   | 1,720,806,215 | 3,873,523,221                  | 968,380,805    | 2,905,142,415         | -27,497,265,675         |
| 2011 | 5,024,491,266  | 976,794,797      | 2,170,655,105     | 8,171,941,168     | 15,663,057,832  | 7,491,096,664                   | 1,720,806,215 | 5,770,290,449                  | 1,442,572,612  | 4,327,717,837         | -23,169,547,838         |
| 2012 | 5,426,450,567  | 868,262,042      | 2,170,655,105     | 8,465,367,714     | 18,169,123,883  | 9,703,756,171                   | 1,720,806,215 | 7,982,949,956                  | 1,995,737,469  | 5,987,212,467         | -17,182,335,371         |
| 2013 | 6,329,411,941  | 651,196,532      | 2,170,655,105     | 9,151,263,578     | 24,448,373,099  | 15,297,109,522                  | 1,720,806,215 | 13,576,303,307                 | 3,394,075,827  | 10,182,227,480        | -9,259,015,505          |
| 2014 | 6,835,764,896  | 542,663,776      | 2,170,655,105     | 9,549,083,778     | 28,360,112,795  | 18,811,029,018                  | 1,720,806,215 | 17,090,222,803                 | 4,272,555,701  | 12,817,667,102        | 13,740,879,077          |
| 2015 | 7,382,626,088  | 434,131,021      | 2,170,655,105     | 9,987,412,214     | 32,897,730,843  | 22,910,318,628                  | 1,720,806,215 | 21,189,512,413                 | 5,297,378,103  | 15,892,134,310        | 29,633,013,387          |
| 2016 | 7,973,236,175  | 325,598,266      | 2,170,655,105     | 10,469,489,546    | 38,161,367,777  | 27,691,878,231                  | 1,720,806,215 | 25,971,072,016                 | 6,492,768,004  | 19,478,304,012        | 49,111,317,399          |
| 2017 | 8,611,095,069  | 217,065,511      | 2,170,655,105     | 10,998,815,685    | 44,267,186,622  | 33,268,370,937                  | 1,720,806,215 | 31,547,564,722                 | 7,886,891,181  | 23,660,673,542        | 72,771,990,941          |
| 2018 | 9,299,982,675  | 108,532,755      | 2,170,655,105     | 11,579,170,535    | 51,349,956,481  | 39,770,765,946                  | 1,720,806,215 | 38,049,959,731                 | 9,512,489,933  | 28,537,469,798        | 101,309,460,739         |
| 2019 | 10,043,981,289 | 10,847,499,792   |                   | 10,847,499,792    | 69,096,474,529  | 58,248,974,737                  | 1,720,806,215 | 56,528,168,522                 | 14,132,042,131 | 42,396,126,392        | 179,556,441,242         |
| 2020 | 11,715,299,775 | 11,715,299,775   |                   | 11,715,299,775    | 80,151,910,454  | 68,436,610,679                  | 1,720,806,215 | 66,715,804,464                 | 16,678,951,116 | 50,036,853,348        | 229,593,294,589         |
| 2021 | 12,652,523,757 | 13,664,725,658   |                   | 12,652,523,757    | 92,976,216,126  | 80,323,692,369                  | 1,720,806,215 | 78,602,886,154                 | 19,650,721,539 | 58,952,164,616        | 288,545,459,205         |
| 2022 | 13,664,725,658 | 14,757,903,710   |                   | 13,664,725,658    | 107,852,410,706 | 94,187,685,049                  | 1,720,806,215 | 92,466,878,834                 | 23,116,719,708 | 69,350,159,125        | 357,895,618,330         |
| 2023 | 14,757,903,710 | 15,938,536,007   |                   | 14,757,903,710    | 125,108,796,419 | 110,350,892,709                 | 1,720,806,215 | 108,630,086,494                | 27,157,521,624 | 81,472,564,871        | 439,368,183,201         |
| 2024 | 15,938,536,007 | 17,213,618,888   |                   | 15,938,536,007    | 145,126,203,847 | 129,187,667,840                 | 1,720,806,215 | 127,466,861,625                | 31,866,715,406 | 95,600,146,218        | 534,968,329,420         |
| 2025 | 17,213,618,888 |                  |                   | 17,213,618,888    | 168,346,396,462 | 151,132,777,574                 | 1,720,806,215 | 149,411,971,359                | 37,352,992,840 | 112,058,978,520       | 647,027,307,939         |

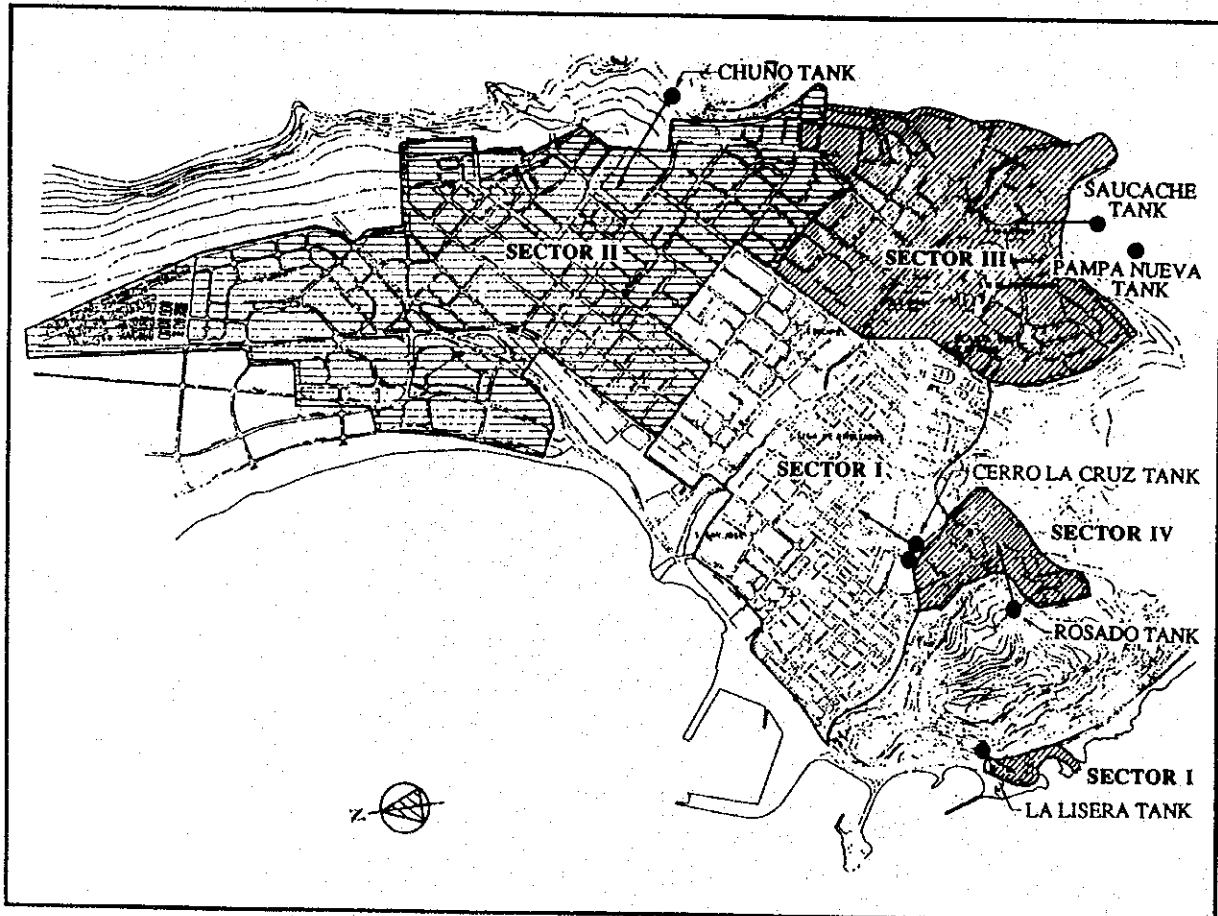


Fig. 6.2 Water Supply Service Area - Arica  
 < Area del Servicio de Abastecimiento de Agua - Arica >

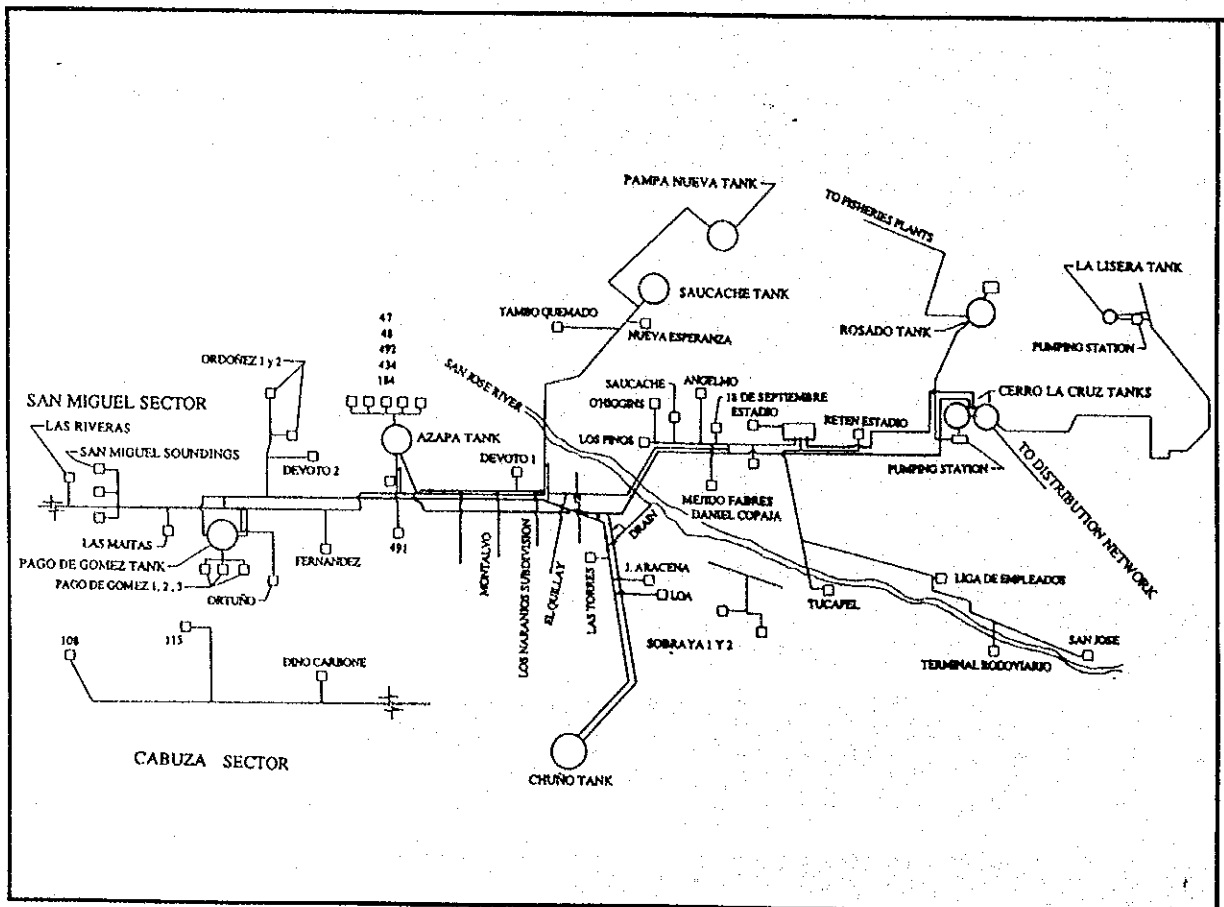


Fig. 6.1 Outline of the Water Supply Facilities for Arica  
 < Bosquejo del Facilidad de Abastecimiento de Agua para Arica >



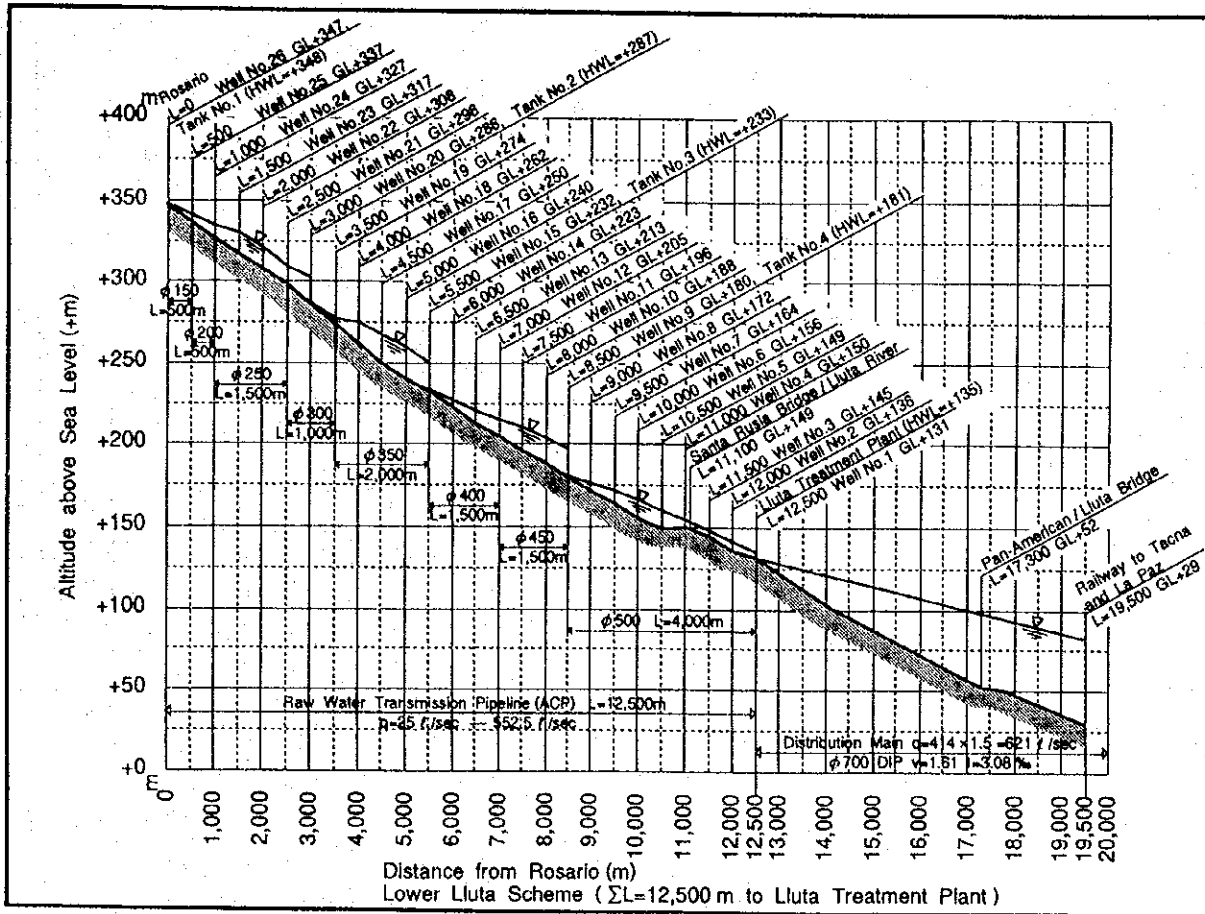


Fig. 6.4 Longitudinal Profile of Transmission Pipeline for Lower Lluta Scheme to Arica Water Supply

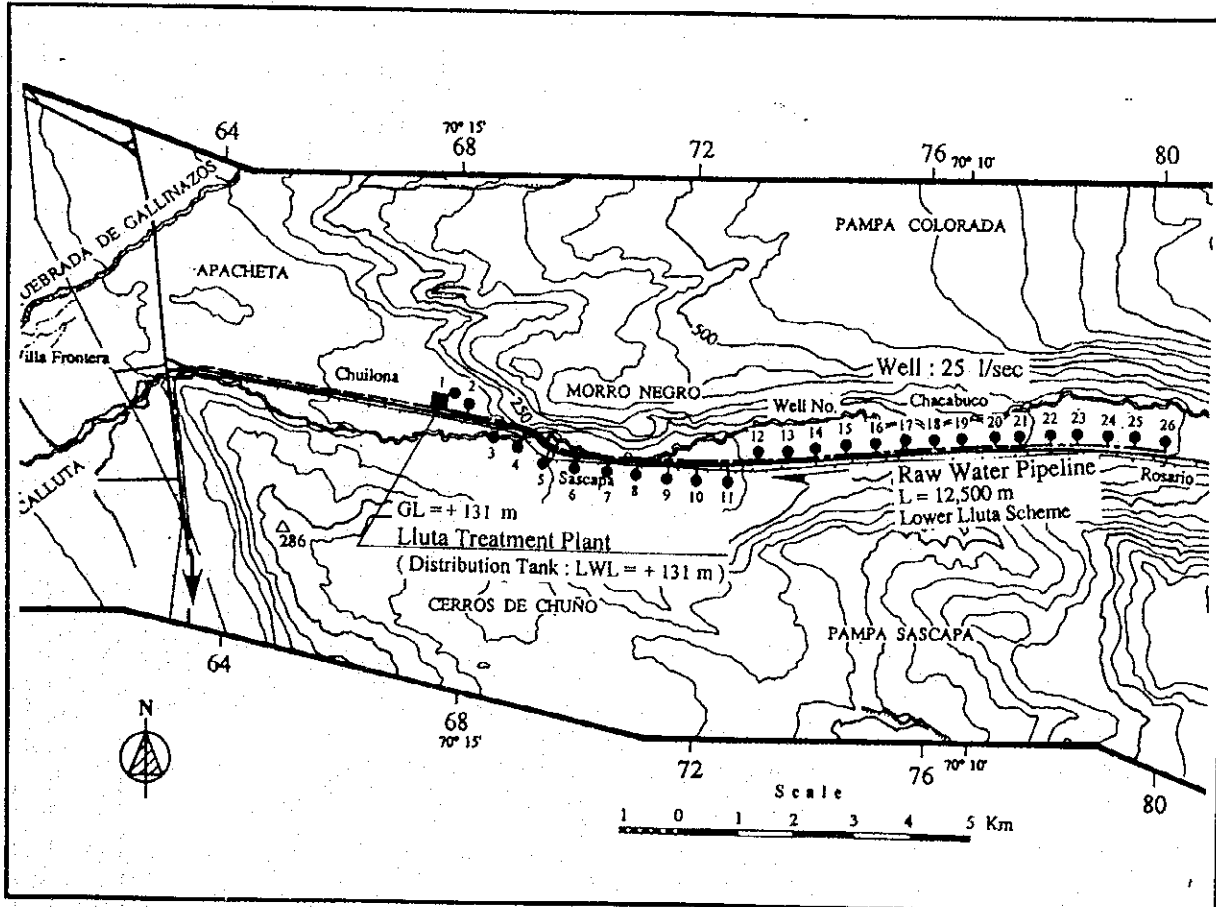


Fig. 6.3 Lower Lluta Scheme to Arica Water Supply < Esquerma Lluta Bajo a Suministro de Agua de Arica >

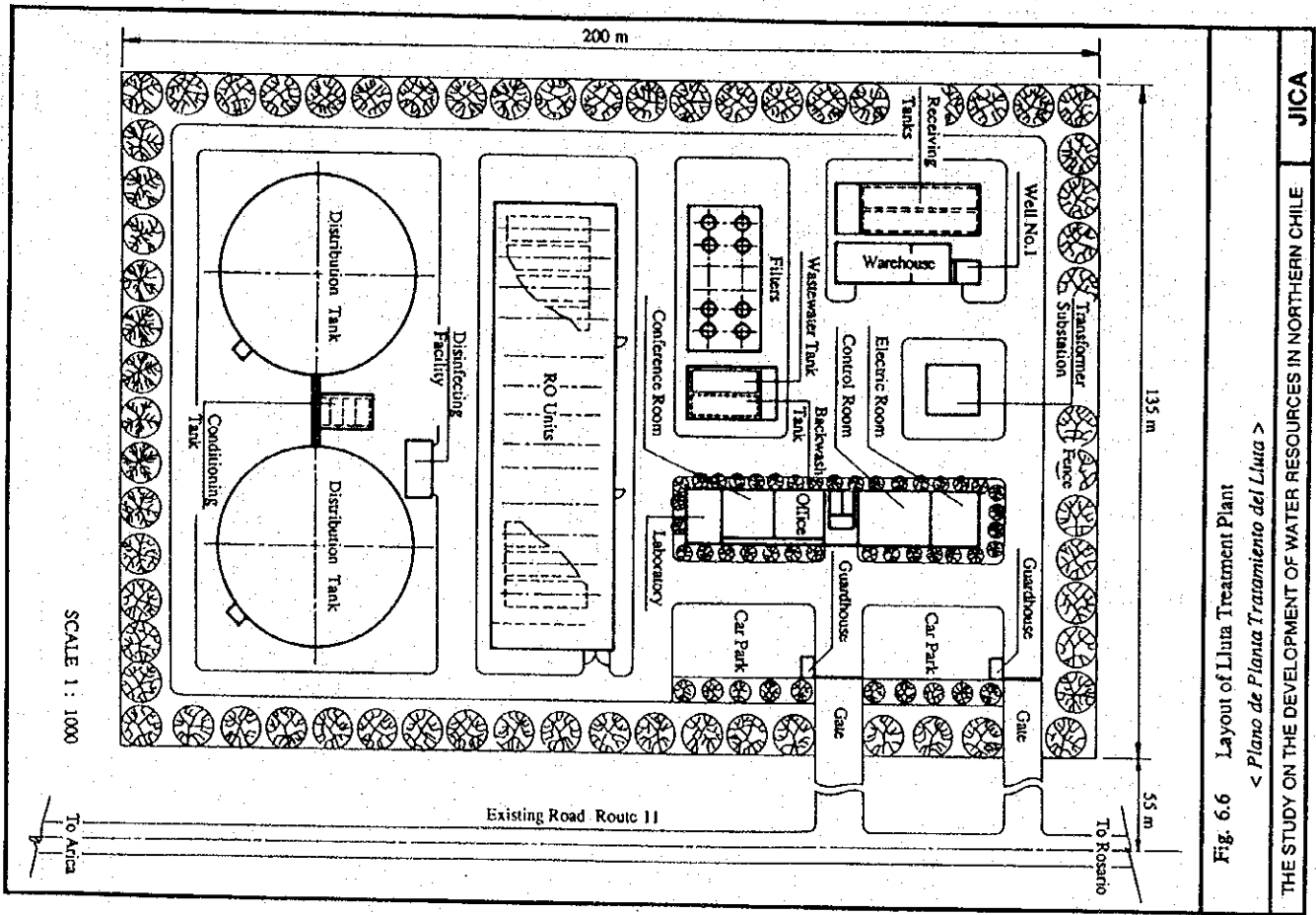


Fig. 6.6 Layout of Lluta Treatment Plant

< Plano de Planta Tratamiento del Lluta >

THE STUDY ON THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES IN NORTHERN CHILE

JICA

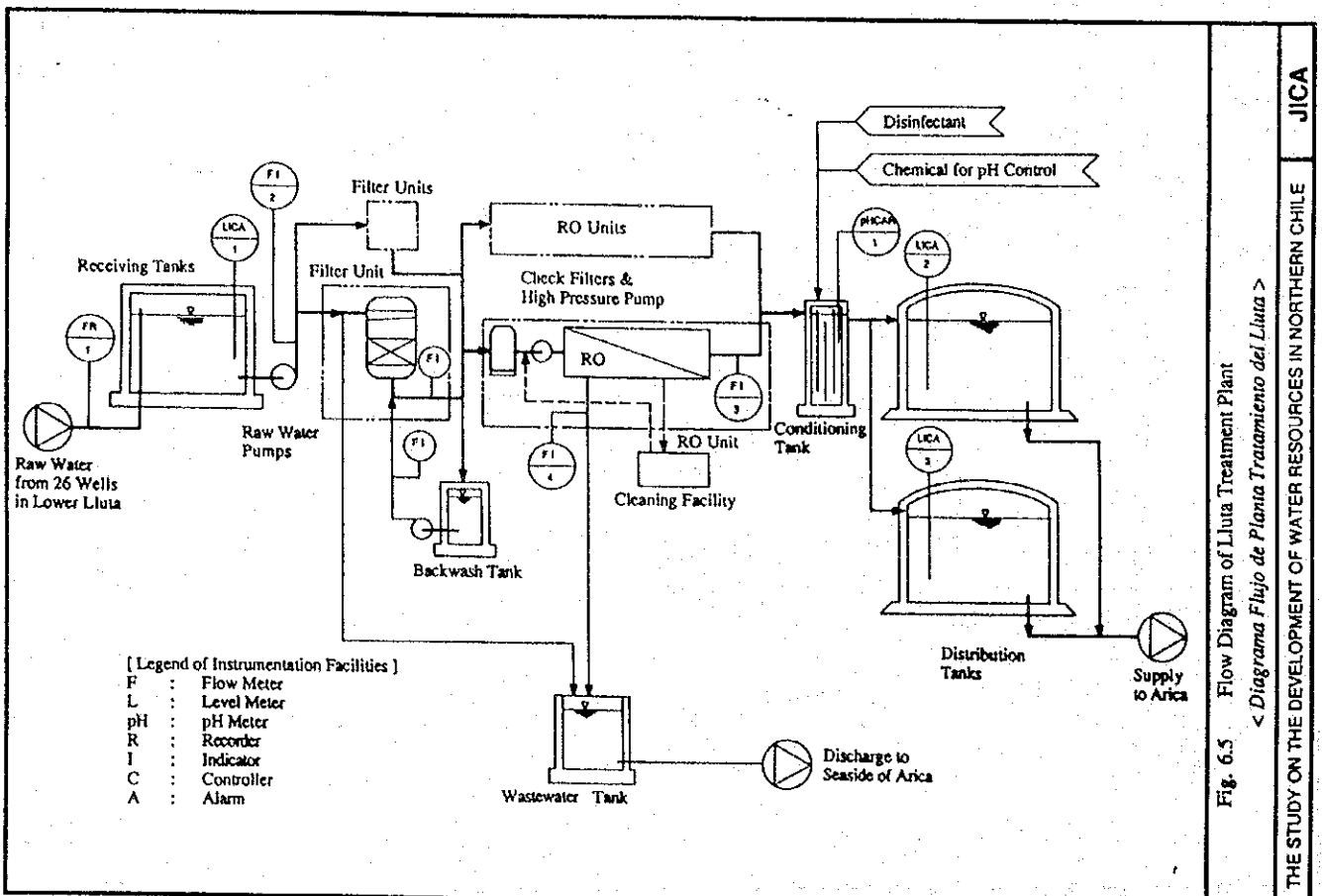
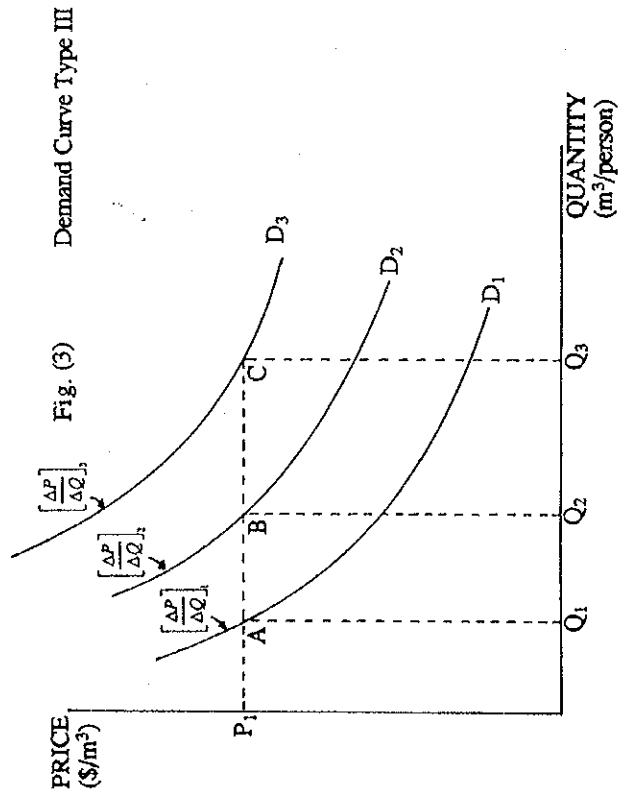
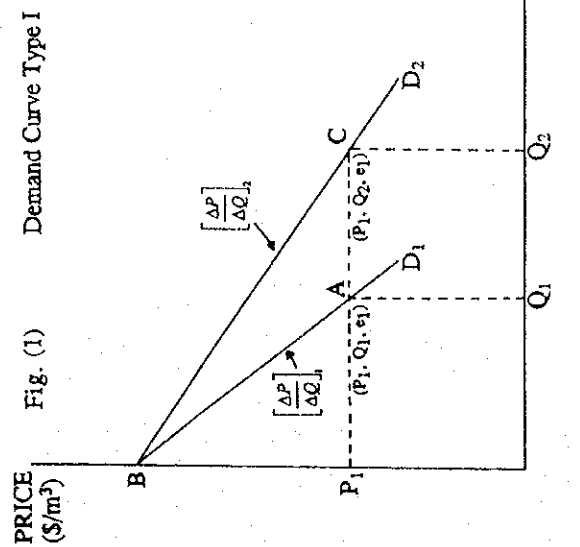
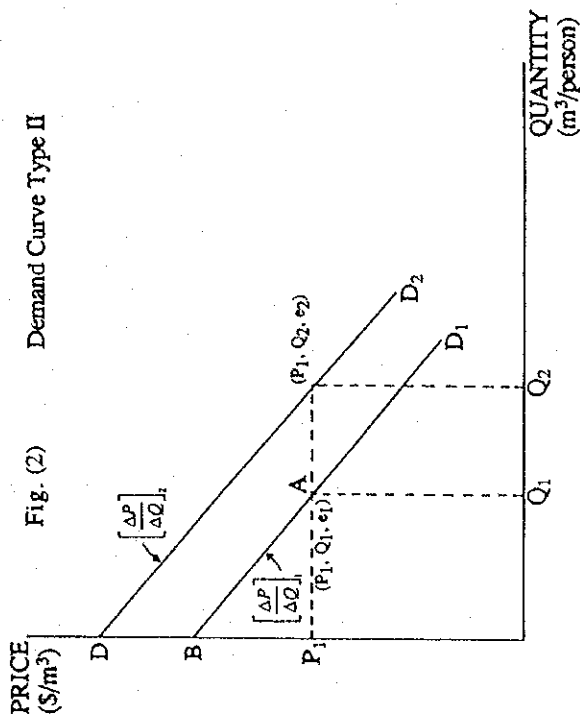


Fig. 6.5 Flow Diagram of Lluta Treatment Plant

< Diagrama Flujo de Planta Tratamiento del Lluta >

THE STUDY ON THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES IN NORTHERN CHILE

JICA



Legend  
 D<sub>1</sub> : Demand curve at time 1  
 e<sub>1</sub> : Price elasticity at time 1  
 1,2,3 : Time1,time2,time3 respectively

Fig. 6.7 Explanation Chart of Demand Curve Type  
 <Gráfica de Curva de Demanda>

**CAPITULO VII    DESARROLLO DEL ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE EN IQUIQUE**

## Capítulo VII DESARROLLO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN IQUIQUE

### 7.1 Sistema de Abastecimiento de Agua Existente

#### 7.1.1 Generalidades del Sistema

El sistema de abastecimiento de agua potable existente es operado y mantenido por ESSAT.

La fuente es el agua subterránea de la Pampa del Tamarugal. El agua subterránea se extrae desde los pozos profundos de la batería de pozos Canchones, ubicada a aproximadamente 70 km al este de Iquique, mediante bombas sumergibles instaladas en cada pozo.

El agua extraída de los pozos es, primero, conducida mediante una cañería recolectora a un estanque colector ubicado cerca del lugar central del campo de pozos de Canchones.

Entonces, el agua es bombeada en la estación de bombeo Canchones (cota 1,013 m.s.n.m.) hasta el estanque Rinconada (cota 1,155 m). En el recorrido al estanque Rinconada, el agua es impulsada de una vez al estanque Diana (cota 1,038 m). Desde el estanque Rinconada, el agua es conducida por gravedad al estanque de distribución Cavancha (cota 144 m) ubicado en los cerros al Este de la ciudad.

Entre Rinconada y Cavancha existen tres (3) plantas de almacenamiento con fines de almacenamiento y corte de presión. Estos son el estanque Carpas (cota 978 m), el estanque Santa Rosa (cota 682 m) y el estanque Alto Hospicio (cota 545 m).

En el estanque de distribución de Cavancha, el agua es esterilizada con hipoclorito. El agua clorada es distribuida por gravedad a los consumidores.

Para el mencionado sistema de abastecimiento de agua, ver Capítulo III, Fig.3.5.

En 1992, ESSAT produjo  $17,241 \times 10^3 \text{ m}^3$  (= 547 l/s) de agua municipal de los cuales  $10,822 \times 10^3 \text{ m}^3$  fueron consumidos por uso residencial, comercial, industrial y otros. La pérdida estimada de agua fue de  $6,420 \times 10^3 \text{ m}^3$ , correspondiente al 37.2% del volumen de producción.

#### 7.1.2 Instalaciones del Sistema de Abastecimiento de Agua

##### 1) Pozo Profundo y Bomba Colectora

Existen doce (12) pozos de producción y dos (2) pozos de emergencia. Los pozos tienen una profundidad de 96 - 120 m y una capacidad de producción de 50-83 l/s

cada uno. Todos los pozos están equipados con bombas sumergibles las que tienen una capacidad de descarga de 60-120 l/s y una altura de carga de 55 - 140 m.

Las aguas subterráneas extraídas son elevadas por bombas sumergibles hasta un estanque colector mediante cañerías colectoras de presión.

## 2) Estanque Colector

Existen dos (2) estanques colectores hechos de acero en la estación Canchones. Sus principales características son las siguientes:

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| Nivel del Suelo    | : | Cota 1,013 m                                    |
| Capacidad          | : | 1,000 m <sup>3</sup> x 2 = 2,000 m <sup>3</sup> |
| Nivel Alto de Agua | : | HWL. 1,018.15 m                                 |

## 3) Bombas de Refuerzo y de Conducción

La tubería de conducción cruza sobre la Cordillera de la Costa, a una altitud de 1.155 m en Rinconada. Las bombas de refuerzo y conductoras están instaladas entre Canchones y Rinconada para rebajar la diferencia de 142 m del nivel del terreno.

Seis (6) bombas de conducción están instaladas en la estación Canchones para elevar el agua al estanque Diana, ubicado entre Canchones y Rinconada. La energía eléctrica requerida para ello es de 1,250 kw.

Cuatro (4) bombas de refuerzo están instaladas en el estanque Diana para el impulso posterior a Rinconada. La energía eléctrica total requerida es de 1,500 kw.

## 4) Estanque de Conducción

Existen cinco (5) estanques de conducción entre el estanque colector de Canchones y el estanque de distribución Cavancha. Ellos son Diana, Rinconada, Carpas, Santa Rosa y Alto Hospicio. La principal función que éstos cumplen es cortar la alta presión así como almacenar el agua.

Estos estanques están hechos de acero u hormigón armado y se encuentran ligeramente bajo el nivel del suelo. Su capacidad total de almacenamiento es de 37,700 m<sup>3</sup>.

## 5) Estanque Distribuidor

Existen tres (3) estanques de distribución principales en los cerros al Este de la ciudad. Ellos son Cavancha, Norte y Las Dunas. El estanque de distribución

Cavancha tiene una capacidad de 27,000 m<sup>3</sup> o 90% de la capacidad total (30,000 m<sup>3</sup>) de los tres estanques distribuidores.

El agua para el estanque Norte es desviada desde el estanque Cavancha y el agua para el estanque Las Dunas es desviada desde las cañerías conductoras.

El agua es distribuida por gravedad a los consumidores desde los estanques mencionados.

#### 6) Cañerías de Conducción

La longitud de las cañerías de conducción entre Canchones y Cavancha es de 75.3 km. Dos (2) tuberías, una antigua y otra nueva, están instaladas en forma paralela la mayor parte de la ruta.

La tubería vieja (ø 600 mm, de acero) fue instalada en 1960. La nueva tubería (ø 800 mm, de hierro dúctil) fue construida durante 1981-82.

La capacidad de la tubería es de alrededor de 700 l/s, con un desglose de 220 l/s para la tubería antigua y 480 l/s para la nueva.

El energía eléctrica requerida para el funcionamiento de las instalaciones es proporcionada, en su totalidad, por la compañía eléctrica.

Un bosquejo de las instalaciones de abastecimiento de agua y área de servicios existente se muestran en la Fig. 7.1. y 7.2 respectivamente. El perfil longitudinal de las cañerías de conducción existentes se muestra en la Fig. 7.3.

### 7.1.3 Problemas Existentes en el Abastecimiento de Agua

#### 1) Calidad del Agua

Las aguas subterráneas en Canchones contienen una concentración más alta de Mn y As que la recomendada para agua potable. Los límites dados por las normas chilenas para Mn y As son de 0.1 mg/l y de 0.05 mg/l, respectivamente.

La concentración de Mn en el estanque colector Canchones es de alrededor 0.5 mg/l como promedio. Sin embargo, este contenido de Mn decrece a menos de 0.05 mg/l en el estanque de distribución Cavancha. Esto se debe a que el Mn es oxidado por aireación natural en los estanques existentes en el recorrido, y el óxido de manganeso es depositado al fondo de los estanques o se adhiere a la superficie interior de las cañerías.

Más aún, las aguas subterráneas contienen 0.03-0.08 mg/l de As en Canchones. Sin embargo, este contenido disminuye a 0.03-0.04 en Cavanca. Esto puede ser debido a que el As es atrapado por el óxido de manganeso.

Los efectos de purificación natural mencionados arriba no son confiables. En consecuencia, se considera necesario un tratamiento artificial de Mn y As.

## 2) Fuente de Agua

Las aguas subterráneas en el área de Canchones han sido totalmente aprovechadas. El desarrollo de nuevas fuentes de agua es necesario para satisfacer la futura demanda de agua en Iquique.

## 3) Costo de la Energía

Se necesita una gran carga de energía eléctrica para que operen las bombas, incluyendo las de toma, las de transmisión y las elevadoras de presión. La energía total requerida es de 3,300 kw. El cargo por energía eléctrica es aproximadamente 50% del costo total de mantenimiento y operación.

## 4) Pérdida de Agua

La pérdida existente de agua es tanta que casi llega al 40% del volumen de producción total.

## 7.2 Aspectos Institucionales y Financieros Existentes

### 7.2.1 Organización de ESSAT

Ver, Capítulo VI, 6.2.1.

### 7.2.2 Tarifa

#### 1) Número de Clientes

El número de clientes que en los años recientes recibió los servicios del sistema de abastecimiento de agua, en la ciudad de Iquique, se muestra abajo así como su cobertura.

| Iquique |                 |               |
|---------|-----------------|---------------|
|         | No. de Clientes | Cobertura (%) |
| 1991    | 30,175          | 98            |
| 1992    | 33,332          | 98            |
| 1993    | 35,126          | 98            |



## 2) Estructura Tarifaria

Las tarifas del agua son fijadas por el gobierno, con el propósito de cubrir los costos de los servicios de abastecimiento de agua. El gobierno fija la tarifa-meta que debe ser alcanzada en un período de cinco (5) años.

La tarifa de agua existente en la ciudad de Iquique, hasta Febrero de 1994, es la siguiente:

### (1) Cargo Mensual Fijo

El cargo mensual fijo varía de acuerdo al diámetro de la cañería de servicio.

| ∅ Cañería (mm) | Cargo (\$) | ∅ Cañería (mm) | Cargo (\$) |
|----------------|------------|----------------|------------|
| 13             | 209        | 50             | 5,062      |
| 15             | 337        | 75             | 11,812     |
| 19             | 675        | 100            | 20,249     |
| 25             | 1,350      | 125            | 30,373     |
| 32             | 2,025      | 150            | 45,560     |
| 38             | 3,037      | 200            | 80,995     |

### (2) Cargo Mensual Variable

El cargo mensual variable incluye el cargo durante la temporada baja (abril-noviembre), el cargo durante la temporada alta (diciembre-marzo) y el cargo por sobreconsumo. Estos cargos dependen del volumen medido en m<sup>3</sup> de agua consumida.

El cargo por sobreconsumo se aplica en temporada alta al consumo que sobrepasa el consumo promedio en temporada baja. Este cargo se aplica al consumo superior a los 30 m<sup>3</sup>.

Los cargos mensuales variables de la ciudad de Iquique se muestran abajo.

| Categoría      | Normal (\$/m <sup>3</sup> ) | Descuento (\$/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Temporada Baja | 233.44                      | 130.90                         |
| Temporada Alta | 230.82                      | 130.20                         |
| Sobreconsumo   | 564.20                      | 564.20                         |

## 3) Eficiencia de Recolección Tarifaria

Ver Capítulo VI, 6.2.2.

### 7.3 Plan de Desarrollo a Largo Plazo

#### 7.3.1 Capacidad de Desarrollo

Las demandas futuras de producción en Iquique, sobre la base de un promedio diario, se estiman en 807 l/s para el año 2005 y 1,062 l/s para el año 2015. Aquellas sobre la base de un máximo diario son calculadas en 1,049 l/s para el año 2005 y en 1,381 l/s para el año 2015, asumiendo la razón entre la demanda alta y la demanda promedio como 1.30.

Por otra parte, la capacidad existente en 1994 se estima en 680 l/s. Por tanto, la capacidad de producción adicional de 369 l/s y 701 l/s deberá ser desarrollada para los años 2005 y 2015 respectivamente.

Más aún, la capacidad adicional de captación de agua cruda que se requiere para los años 2005 y 2015 se estima en 388 l/s y 738 l/s respectivamente, asumiendo que la pérdida de agua en el proceso de tratamiento es el 5% de la producción como se muestra abajo.

|   | 1995 | 2005  | 2015  |
|---|------|-------|-------|
| Demanda Promedio de Producción Diaria (l/s) | 708  | 807   | 1,062 |
| Demanda Máxima de Producción Diaria (l/s)   | 920  | 1,049 | 1,381 |
| Capacidad de Producción Existente (l/s)     | 680  | 680   | 680   |
| Capacidad Adicional de Producción (l/s)     | 240  | 369   | 701   |
| Capacidad Adicional de Captación de Agua    | 252  | 388   | 738   |

#### 7.3.2 Alternativas de Desarrollo

##### 1) General

Después de intensivas investigaciones en terreno y análisis, las siguientes tres (3) fuentes potenciales de agua fueron identificadas como adecuadas para el desarrollo del recurso agua potable en la ciudad de Iquique.

- (1) Aguas Subterráneas en La Tirana (Pampa del Tamarugal-Norte)
- (2) Aguas Subterráneas en Pintados (Pampa del Tamarugal-Sur)
- (3) Aguas Subterráneas en Salar del Huasco

Más aún, para la conducción del agua tratada para la ciudad de Iquique desde La Tirana y Pintados, dos (2) rutas de cañerías de aducción fueron identificadas respectivamente.

Por tanto, las siguientes cinco (5) alternativas son discutidas en este informe.

Alternativa (1) : Fuente de Agua La Tirana (Ruta de Conducción No.1)

- Alternativa (2) : Fuente de Agua La Tirana (Ruta de Conducción No.2)
- Alternativa (3) : Fuente de Agua Pintados (Ruta de Conducción No.1)
- Alternativa (4) : Fuente de Agua Pintados (Ruta de Conducción No.2)
- Alternativa (5) : Fuente de Agua Salar del Huasco

Para la ubicación de las fuentes de agua y ruta de las cañerías de aducción, ver Figura 7.4.

En el diseño de las alternativas previas, las siguientes condiciones son aplicadas.

- (1) Capacidad del diseño para Captación : 738 l/s
- (2) Capacidad del diseño para Conducción : 701 l/s
- (3) Tratamiento del Agua:

La calidad de las aguas subterráneas en La Tirana y Pintados es adecuada para uso doméstico sin ningún tratamiento especial.

Por otra parte, las aguas subterráneas en el Salar del Huasco contienen una alta concentración de Mn y Fe, como se muestra abajo.

|                          | <u>Mn</u> | <u>Fe</u> |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Calidad del Agua (mg/l)  | 0.61-1.40 | 4.3-18.0  |
| Límite Permisible (mg/l) | 0.10      | 0.30      |

Estas concentraciones de Mn y Fe deberán ser tratadas adecuadamente.

- (4) Distancia de las cañerías de aducción diseñadas: abarca desde el lugar en que se encuentran las fuentes de agua al estanque de distribución de Cavanha.
- (5) La infraestructura existente no es utilizada debido a que están cargadas completamente.

## 2) Alternativa (1)

La batería de pozos se ubica en el área de La Tirana, 20 km al Norte de Canchones y 60 km al este de la ciudad de Iquique.

El recurso agua subterránea es desarrollado por dieciseis (16) pozos profundos, incluyendo dos (2) pozos para reserva, con una capacidad promedio de 55 l/s. La profundidad de los pozos es de 200 m. El agua es conducida al estanque colector propuesto en la batería de pozos, para lo cual se requiere una altura total de bombeo de 76-81 m.

La longitud total de la cañería de aducción es de alrededor 68 km. La mayor parte de la tubería corre a lo largo de las carreteras existentes. El agua cruda es bombeada desde el estanque colector a otro estanque ubicado en el punto más alto de la ruta de conducción. Desde aquí el agua es transferida al estanque de distribución de Cavancha vía el estanque de Alto Hospicio por gravedad. Además, tres (3) estanques corta-presión adicionales son propuestos entre el estanque ubicado en la cota mayor y el estanque de Alto Hospicio.

Las principales características de la cañería de aducción son las siguientes:

|                      | Estanque Colector | Estanque Más Alto | Estanque Alto Hosp. | Estanque Cavancha |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Cota del Terreno (m) | 1,025             | 1,100             | 545                 | 114               |
| Distancia (m)        | 0                 | 40,400            | 64,600              | 67,600            |
| Distancia (m)        | 1 ←               | 700x2             | → 1 ← (400-500)x2   | → 1 ← 700x2 → 1   |

El número de estaciones de bombeo y el consumo total estimado de energía eléctrica son los siguientes:

|                          |   |            |
|--------------------------|---|------------|
| Bomba de Pozo            | : | 16 bombas  |
| Bomba Conectora          | : | 1 estación |
| Bomba de Refuerzo        | : | -          |
| Consumo Total de Energía | : | 2,261 kw   |

### 3) Alternativa (2)

El desarrollo de la fuente de agua es igual al de la Alternativa (1).

La cañería de aducción, con una longitud aproximada de 67 km, corre a lo largo de la ruta de la cañería antigua. El agua cruda es bombeada desde el estanque colector a un estanque ubicado en el punto más alto de la tubería. En este caso, es necesario elevar la presión sobre la ruta. Después del punto más alto, el agua es transmitida por gravedad al estanque de distribución de Cavancha vía el estanque de Alto Hospicio. Más de cinco (5) estanques corta-presión son provistos entre el estanque a mayor altura y el estanque Alto Hospicio.

Las características principales de la cañería aductora son las siguientes:

|                      | Estanque Colector | Estanque Más Alto | Estanque Alto Hosp. | Estanque Cavancha |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Cota del Terreno (m) | 1,025             | 1,205             | 545                 | 114               |
| Distancia (m)        | 0                 | 21,400            | 63,600              | 66,500            |
| Distancia (m)        | 1 ←               | 700x2             | → 1 ← (400-600)x2   | → 1 ← 700x2 → 1   |

El número de estaciones de bombeo y el consumo total estimado de energía eléctrica son los siguientes:

Bomba de Pozo : 16 bombas  
 Bomba Conductora : 1 estación  
 Bomba de Refuerzo : 1 estación  
 Consumo Total de Energía : 3,301 kw

4) Alternativa (3)

La batería de pozos está ubicada en el área de Pintados, 20 km al sur de Canchones y a 80 km al sureste de la ciudad de Iquique.

Las aguas subterráneas son extraídas desde dieciseis (16) pozos, incluyendo dos (2) pozos de emergencia, con una capacidad promedio de 55 l/s. La profundidad de los pozos es de 200 m. El agua es recolectada por el estanque colector instalado en el campo de pozos. La altura total de bombeo es de 61 m.

La tubería de transmisión sigue la ruta de la carretera por cierta distancia y, desde aquí, toma la ruta de la tubería existente. La distancia total es de aproximadamente 87 km. El agua cruda es bombeada desde el estanque colector al estanque ubicado en el sitio del estanque existente en Rinconada, el punto más alto de la cañería colectora. La presión del agua es aumentada por las bombas de refuerzo existentes en el sitio de la estación de bombeo Diana. Después de pasar por el sitio del estanque Rinconada, el agua escurre hacia abajo por gravedad, al estanque de distribución Cavancha a través del estanque Alto Hospicio. Existen dos (2) nuevos estanques corta-presión entre Rinconada y Alto Hospicio.

Las características principales de la cañería conductora son las siguientes:

|                      | Estanque Colector |       | Estanque Más Alto |             | Estanque Alto Hosp. |       | Estanque Cavancha |
|----------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------|---------------------|-------|-------------------|
| Cota del Terreno (m) | 995               |       | 1,155             |             | 545                 |       | 114               |
| Distancia (m)        | 0                 |       | 44,150            |             | 84,600              |       | 87,400            |
| Distancia (m)        | ←                 | 700x2 | →   ←             | (400-500)x2 | →   ←               | 700x2 | →                 |

El número de plantas elevadoras y el consumo total estimado de energía eléctrica son los siguientes:

Bomba de Pozo : 16 bombas  
 Bomba Conductora : 1 estación  
 Bomba de Refuerzo : 1 estación  
 Consumo Total de Energía : 2,998 kw

5) Alternativa (4)

El desarrollo de la fuente de agua es el mismo que en la Alternativa (3).

La cañería de conducción sigue el camino y la vía férrea existentes. El agua cruda es bombeada desde el estanque colector al estanque ubicado en el punto más alto de la ruta. Una estación de refuerzo es propuesta en la cota mayor de la ruta al estanque. El agua fluye hacia abajo por gravedad, desde el estanque ubicado a mayor altura hasta el estanque de distribución de Cavancha a través del estanque de Alto Hospicio.

|                      | Estanque<br>Colector | Estanque Más<br>Alto | Estanque Alto<br>Hosp. | Estanque<br>Cavancha |       |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------|
| Cota del Terreno (m) | 995                  | 1,050                | 545                    | 114                  |       |
| Distancia (m)        | 0                    | 54,900               | 81,300                 | 84,300               |       |
| Distancia (m)        | ←                    | 700x2                | →   ←                  | (400-600)x2          | →   ← |

El número de estaciones de bombeo y el consumo total estimado de energía eléctrica son los siguientes:

|                          |   |            |
|--------------------------|---|------------|
| Bomba de Pozo            | : | 16 bombas  |
| Bomba Conductora         | : | 1 estación |
| Bomba de Refuerzo        | : | 1 estación |
| Consumo Total de Energía | : | 2,058 kw   |

6) Alternativa (5)

La batería de pozos está ubicada en el área de Pampa Huasco, extendiéndose desde el límite norte de las zonas del lago del Huasco hasta Peñablanca. Se encuentra distante, aproximadamente, 160 km al Este de la ciudad de Iquique.

Las aguas subterráneas son extraídas desde veintidos (22) pozos profundos, incluyendo 3 pozos de emergencia, con una capacidad promedio de 40 l/s. Cada pozo es de 150 o 200 m de profundidad. El agua cruda es llevada a la planta de tratamiento propuesta en la batería de pozos. Esta planta tratará el Mn y Fe.

La ruta de conducción entre la planta de tratamiento y el estanque de distribución de Cavancha es de una longitud aproximada de 161 km. Esta tubería sigue el camino existente hasta Canchones y, desde aquí, sigue la tubería ya existente.

El agua tratada es bombeada desde la planta de tratamiento al estanque ubicado en la cota de terreno más alta (límite de la hoya hidrográfica entre las cuencas del

Salar del Huasco y Pampa del Tamarugal). Dos (2) estaciones de bombas de refuerzo son provistas para aumentar la presión del agua en la cañería de aducción camino a la ubicación más alta. El agua es transferida por gravedad, desde el estanque en la cota mayor al estanque de distribución de Cavancha vía el estanque de Alto Hospicio mediante el estanque propuesto en Rinconada. La cañería de aducción está provista de quince (15) estanques corta-presión, entre el estanque ubicado en la cota mayor y el estanque Rinconada, y dos (2) estanques corta-presión entre los estanques Rinconada y Alto Hospicio.

Las principales características de la cañería aductora son las siguientes:

|                     | Planta de Tratamiento | Estanque Más Alto | Estanque Rinconada | Estanque Alto Hospicio | Estanque Cavancha |
|---------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------------|
| Cota del Terreno(m) | 3,800                 | 4,200             | 1,155              | 545                    | 114               |
| Distancia (m)       | 0                     | 22,900            | 117,450            | 157,700                | 160,700           |
| Ø de Cañería (mm)   | ← 700x2               | →   ← (400-700)x2 | →   ← (400-500)x2  | →   ← 700x2            | →                 |

El número de estaciones de bombeo y el requerimiento total estimado de energía eléctrica son los siguientes:

|                          |   |              |
|--------------------------|---|--------------|
| Bomba de Pozo            | : | 22 bombas    |
| Bomba Conectora          | : | 1 estación   |
| Bomba de Refuerzo        | : | 2 estaciones |
| Consumo Total de Energía | : | 5,253 kw     |

#### 7) Evaluación Comparativa

Los costos de construcción, incluyendo aquellos para los campos de pozos, las bombas de transmisión/aumentadoras de presión, tuberías de transmisión, estanques de colección/de control de presión/de distribución y la planta de tratamiento fueron estimados para las cinco (5) alternativas anteriores.

Estas alternativas son comparadas en la siguiente tabla, en la cual los consumos totales de energía eléctrica, las longitudes totales de conducción y los tratamientos de agua requeridos por las cinco (5) alternativas, también son comparados.

|                                 | Alt. (1) | Alt. (2) | Alt. (3) | Alt. (4) | Alt. (5) |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costo Const. (millón pesos:M\$) | 36,821   | 37,024   | 46,101   | 48,077   | 89,984   |
| Consumo de Energía (kw)         | 2,261    | 3,301    | 2,998    | 2,058    | 5,253    |
| Longitud de Conducción (km)     | 67.6     | 66.5     | 87.4     | 84.3     | 160.7    |
| Tratamiento de Agua Requerido   | -        | -        | -        | -        | Mn, Fe   |

Para detalles del costo de construcción estimado y el consumo de energía eléctrica, ver Tabla 7.1.

Como es evidente en la tabla previa, la Alternativa (1) es la más recomendable.

### 7.3.3 Plan de Desarrollo de Largo Plazo Propuesto

#### 1) Consideración sobre la Implementación de Etapas

El plan de desarrollo de largo plazo recomendado (Alternativa 1) incluye varias unidades de instalaciones de toma, bombas de transmisión/aumentadoras de presión, estanques y una tubería de transmisión. Entre estas obras, las instalaciones de toma, las bombas y los estanques pueden ser económicamente implementados en etapas, de acuerdo con el aumento de la demanda de agua.

Sin embargo, dos (2) métodos de construcción, por etapas y en un tiempo, se deben comparar para lograr una realización económica de la línea de transmisión propuesta. En muchos casos, el método de construcción de un tiempo es más económico que el método por etapas en términos de costos de inversión totales simples, pero requiere una inversión inicial mayor.

Por lo tanto, los costos totales de inversión de los dos métodos de construcción son comparados en términos de costo a valor presente de la siguiente manera.

#### (1) Tubería Alternativa

Las siguientes dos (2) alternativas son consideradas para la tubería de transmisión de 64.6 km entre el área de pozos de Tirana y Alto Hospicio.

Alternativa (A): Construcción a un tiempo

Alternativa (B): Construcción en dos etapas

La longitud y diámetro de la tubería propuesta se resume a continuación.

| <u>Alternativa (A)</u> | <u>Alternativa (B)</u> |
|------------------------|------------------------|
| 900 mm x 1 x 40,400 m  | (1era. Etapa)          |
| 700 mm x 1 x 11,650 m  | 700 mm x 1 x 40,400 m  |
| 600 mm x 1 x 12,550 m  | 500 mm x 1 x 11,650 m  |
|                        | 400 mm x 1 x 12,550 m  |
|                        | (2da. Etapa)           |
|                        | 700 mm x 1 x 40,400 m  |
|                        | 500 mm x 1 x 11,650 m  |
|                        | 400 mm x 1 x 12,550 m  |



(2) Condiciones del Cálculo del Costo a Valor Presente

Construcción en un tiempo

Inversión: 1997 y 1998, 50% en cada año

Construcción en dos etapas

Inversión 1era Etapa: 1997 y 1998, 50% en cada año

Inversión 2da Etapa: 2004 y 2005, 50% en cada año

Tasa de descuento: 12% anual

Costos anuales de O&M: Considerados

(3) Evaluación Comparativa

Los costos a valor presente de ambas alternativas se muestran a continuación, comparados con los costos de inversión simples.

|  | Alternativa (A) | Alternativa (B) |
|--|-----------------|-----------------|
| Costo Total Simple (millones de Pesos : M\$)*    | 21,022          | 28,053          |
| Costo a Valor Presente (millones de Pesos : M\$) | 17,211          | 16,689          |

\* : excluye costos de O&M

No existe mucha diferencia entre los costos a valor presente de ambas alternativas. Sin embargo, la Alternativa B es más recomendable en vista de las restricciones financieras existentes.

Para detalles, ver Informe Suplementario D, Apéndice 3.

2) Instalaciones de Desarrollo de Abastecimiento de Agua Propuestas

(1) Generalidades

El agua subterránea es extraída del acuífero de la parte este de Tirana. El agua es extraída por 16 pozos profundos, incluyendo dos (2) pozos de sustitución, y es colectada en el estanque colector propuesto en el campo de pozos.

Los 701 l/s diarios máximos (539 l/s diario promedio) son transferidos por la tubería de transmisión de 67.6 km de longitud, desde el estanque colector al estanque de distribución de Cavacha via el estanque Alto Hospicio. La mayor parte de la tubería corre a lo largo de la carretera existente.

El agua es bombeada por la bomba de transmisión instalada en el campo de pozos para que el agua pueda cruzar las montañas de la costa.

La ruta y el perfil longitudinal de la tubería de transmisión se muestran en las Fig. 7.5 y 7.6 respectivamente.

## (2) Características de las Instalaciones Propuestas

Las características de la instalaciones propuestas se resumen a continuación.

### i) Instalaciones de Toma

Pozo Profundo: 16 pozos (profundidad: 200 m, diámetro 12 pulg.)

Bomba sumergible: 16 bombas incluyendo dos (2) de sustitución (cada una con 55 l/s de capacidad, total de energía eléctrica requerida: 1,170 kw)

Tubería de Colección (Fibrocemento) Ø250 - 800 mm, 9,750 m

### ii) Bomba de Transmisión: 420 kw x 5 unidades

### iii) Tubería de Transmisión (Hierro Dúctil)

700 mm x 2 x 40,400 m

500 mm x 2 x 11,650 m

400 mm x 2 x 15,550 m

### iv) Estanque (Concreto Reforzado)

Estanque de Colección: 2 unidades x 1 lugar (campo de pozos)  
(1,250 m<sup>3</sup> x 2 x 1)

Estanque de Transmisión: 2 unidades x 2 lugares (Santa Laura, Alto Hospicio) (1,250 m<sup>3</sup> x 2 x 2)

Estanque de Control de

Presión: 2 unidades x 3 lugares (La Isla, El Toro 1, El Toro 2) (250 m<sup>3</sup> x 2 x 3)

Estanque de Distribución: 4 unidades x 1 lugar (Cavanca)  
(7,500 m<sup>3</sup> x 4 x 1)

## 3) Adquisición de Tierras Requerida

El área requerida para la construcción de las instalaciones es la siguiente.

**Campo de pozos**

|                                |   |         |
|--------------------------------|---|---------|
| incluyendo carretera de acceso | : | 260 ha  |
| Tubería de Transmisión         | : | 13.5 ha |
| Estanque                       | : | 1.0 ha  |

La tubería de transmisión está ubicada bajo las rocas, por lo que no es necesaria la adquisición de tierras. Sin embargo, el campo de pozos y los estanques requieren de la adquisición de 261 ha de tierra, la mayor parte de la cual pertenece al estado. La tierra no está siendo explotada en la actualidad.

**4) Costo de Inversión Estimado**

El costo de inversión total, que consiste en costo directos de construcción, costo de adquisición de tierras, costos de ingeniería, costos de administración y contingencia física totaliza 46,091 millones de pesos a precios de 1994. La descomposición de los costos se muestra a continuación.

|  | (10 <sup>3</sup> Peso:\$) |
|--|---------------------------|
| (1) Costos Directos de Construcción      | 38,512,014                |
| i) Obras de Toma                         | 4,075,846                 |
| ii) Instalaciones de Transmisión         | 32,327,643                |
| (i) Bombas de Transmisión                | 1,873,190                 |
| (ii) Tubería de Tansmisión               | 29,081,203                |
| (iii) Estanques                          | 1,373,250                 |
| iii) Redes de Distribución               | 1,950,525                 |
| iv) Línea de Transmisión Eléctrica       | 158,000                   |
| (2) Costo de Adquisición de la Tierra    | 262,000                   |
| (3) Costo de Ingeniería {6% de (1)}      | 2,310,721                 |
| (4) Costos de Administración {3% de (1)} | 1,155,360                 |
| (5) Contingencia Física {10% de (1)}     | 3,851,201                 |
| Total                                    | 46,091,296                |

Nota: Costos para marzo de 1994, excluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Tipo de Cambio: US\$ 1.00 = Pesos chilenos 435.00

Yenes japoneses 110.00

Para detalles del costo de construcción directo, ver Informe Suplementario D, Datos Técnicos, Tabla DC-1.

## 7.4 Plan de Desarrollo de la Primera Etapa

### 7.4.1 Generalidades

El plan de desarrollo de largo plazo propuesto en la sección 7.3 será implementado en dos (2) etapas. El plan de desarrollo de la primera etapa tiene como año objetivo al 2005, mientras que el plan de desarrollo de la segunda etapa tiene como año objetivo al 2015.

El plan de la primera etapa desarrollará una capacidad de producción de 369 l/s diarios máximos (284 l/s diarios promedio) para satisfacer la demanda para el año 2005 (Ver, 7.3.1)

### 7.4.2 Instalaciones de desarrollo de Abastecimiento de Agua

#### 1) Instalaciones de Toma

Pozo Profundo: 8 pozos (profundidad: 200 m, diámetro 12 pulg.)

Bomba sumergible: 8 bombas incluyendo una (1) de sustitución (cada una con 55l/s de capacidad, total de energía eléctrica requerida: 1,170 kw)

Tubería de Colección (Fibrocemento) Ø250 - 800 mm, 5,750 m

#### 2) Bomba de Transmisión: 420 kw x 3 unidades

#### 3) Tubería de Transmisión (Hierro Dúctil)

700 mm x 1 x 40,400 m

500 mm x 1 x 11,650 m

400 mm x 1 x 15,550 m

#### 4) Estanque (Concreto Reforzado)

Estanque de Colección: 1 unidad x 1 lugar (campo de pozos)  
(1,250 m<sup>3</sup> x 1 x 1)

Estanque de Transmisión: 1 unidad x 2 lugares (Santa Laura, Alto Hospicio)  
(1,250 m<sup>3</sup> x 1 x 2)

Estanque de Control de Presión: 1 unidad x 3 lugares (La Isla, El Toro 1, El Toro 2)  
(250 m<sup>3</sup> x 1 x 3)

Estanque de Distribución: 2 unidades x 1 lugar (Cavanca)  
(7,500 m<sup>3</sup> x 2 x 1)

La ruta y el perfil longitudinal de la tubería de transmisión se muestran en las Figs. 7.5 y 7.6 respectivamente. La distribución del campo de pozos y la estación de la bomba de transmisión se muestran en las Figs. 7.7 y 7.8 respectivamente.

#### 7.4.3 Adquisición de Tierra

El área necesaria para el plan de desarrollo de largo plazo será adquirida en la primera etapa. Las tierras requeridas se muestran a continuación.

|  |   |         |
|--|---|---------|
| Campo de pozos<br>incluyendo carretera de acceso | : | 260 ha  |
| Tubería de Transmisión                           | : | 13.5 ha |
| Estanque   | : | 1.0 ha  |

La tubería de transmisión está ubicada bajo las rocas, por lo que no es necesaria la adquisición de tierras. Sin embargo, el campo de pozos y los estanques requieren de la adquisición de 261 ha de tierra, la mayor parte de la cual pertenece al estado. La tierra no está actualmente ocupada.

#### 7.4.4 Costo de Inversión Estimado

El costo de inversión total, que consiste en costo directos de construcción, costo de adquisición de tierras, costos de ingeniería, costos de administración y contingencia física totaliza 24,177 millones de pesos a precios de 1994, con una porción en moneda extranjera de 41,024 miles de US\$ y una porción en moneda local de 6,331 millones de pesos. La descomposición de los costos se muestra a continuación.

|  | Moneda<br>Extranjera<br>(10 <sup>3</sup> US\$) | Moneda<br>Local<br>(10 <sup>3</sup> Peso:\$) | Total<br>(10 <sup>3</sup> Peso:\$) |
|--|--|--|------------------------------------|
| (1) Costos Directos de Construcción      | 36,032   | 4,422,575                                    | 20,096,326                         |
| i) Obras de Toma                         | 2,532  | 1,193,663                                    | 2,295,144                          |
| ii) Instalaciones de Transmisión         | 33,499   | 2,305,366                                    | 16,877,636                         |
| (i) Bombas de Transmisión                | 3,126  | 151,091                                      | 1,510,912                          |
| (ii) Tubería de Tansmisión               | 30,373   | 1,468,050                                    | 14,680,499                         |
| (iii) Estanques                          | 0  | 686,225                                      | 686,225                            |
| iii) Redes de Distribución               | 0  | 765,546                                      | 765,546                            |
| iv) Línea de Transmisión Eléctrica       | 0  | 158,000                                      | 158,000                            |
| (2) Costo de Adquisición de la Tierra    | 0  | 262,000                                      | 262,000                            |
| (3) Costo de Ingeniería {6% de (1)}      | 1,528  | 541,100                                      | 1,205,780                          |
| (4) Costos de Administración {3% de (1)} | 0  | 602,890                                      | 602,890                            |
| (5) Contingencia Física {10% de (1)}     | 3,465  | 502,408                                      | 2,009,633                          |
| Total                                    | 41,024   | 6,330,973                                    | 24,176,629                         |

Nota: Costos: a marzo de 1994, excluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Tipo de Cambio: US\$ 1.00 = \$435.00 Pesos Chilenos

=¥110.00 Yenes Japoneses

El costo directo de construcción y los costos de adquisición de tierras se descomponen más detalladamente como se muestra en la Tabla 7.2. Para más detalles, ver Informe Suplementario D, Tabla D-II, 4.2.

#### 7.4.5 Programa de Implementación

##### 1) Programa de Implementación

La primera etapa del proyecto propuesto será completada en tres (3) años, de 1996 a 1998 el diseño detallado y la adquisición de tierras serán completadas en 1996. los trabajos de construcción comenzarán en 1997 y serán completados en 1998. Será puesto en operación en 1999.

##### 2) Programa de Desembolso

El programa de desembolso propuesto para los costos del proyecto se muestra en la Tabla 7.3.

## 7.4.6 Operación y Mantenimiento

### 1) Generalidades

El proyecto comenzará a funcionar en 1999 y alcanzará la etapa de operación plena en 2003. El abastecimiento de agua tratada aumentará gradualmente de 222 l/s en 1999 a 284 l/s en 2003 sobre bases de promedios diarios.

La operación y mantenimiento diarios del proyecto serán realizados por la Oficina Sucursal de ESSAT de Iquique. Para este propósito, el personal de la Sucursal de Iquique será reforzado.

### 2) Costos de O&M

Los costos de O&M del proyecto están conformados por los costos anuales de operación y mantenimiento, que incluyen consumo eléctrico, consumo de químicos, costos de personal y reparaciones y costos de reemplazo.

La cantidad requerida anualmente para satisfacer los costos de O&M en la etapa de operación plena son estimados en 613,910 miles de pesos a precios de 1994, con la siguiente descomposición.

|                                  | (10 <sup>3</sup> Pesos \$ a precios de 1994) |
|----------------------------------|--|
| (1) Costo de Consumo Eléctrico   | 240,683                                      |
| (2) Costo de Consumo de Químicos | 5,996  |
| (3) Costos de Personal           | 11,520                                       |
| (4) Costos de Reparación         | 355,711                                      |
| Costo Anual Total de O&M         | 613,910                                      |

Además, las bombas y otros equipos de las instalaciones de toma y transmisión serán periódicamente reemplazados de acuerdo con sus períodos de vida. Estos períodos de vida y costos de reemplazo son estimados, a precios de 1994, de la siguiente manera.

|                           | Período de vida (Años) | Costos de Reemplazo (10 <sup>3</sup> Pesos \$, precios de 1994) |
|---------------------------|------------------------|---|
| (1) Instalaciones de Toma |                        |   |
| i) Bomba                  | 15                     | 1,207,522   |
| ii) Otros Equipos         | 20                     | 484,488   |
| (2) Planta de Tratamiento |                        |   |
| i) Unidad de OI           | 10                     | 344,085   |
| ii) Otros Equipos         | 20                     | 1,166,827   |

Para detalles, ver Informe Suplementario D, Tabla D-II, 4.3.

#### 7.4.7 Evaluación Económica

##### 1) Generalidades

La evaluación económica de este proyecto es hecha por medio del mismo modelo de evaluación computarizado llamado SIMOP usado para el proyecto de la ciudad de Arica.

##### 2) Asunciones y Datos para la Evaluación Económica

###### (1) Inversión Incremental

Estimada de la misma manera que para la ciudad de Arica.

###### (2) Ajuste de los Precios de Mercado

Los mismos factores de ajuste y las mismas participaciones del componente importado y fuerza laboral usadas para la ciudad de Arica son aplicadas.

|                          |                 |   |   |
|--------------------------|-----------------|---|---|
| Fuerza laboral:          | Calificada      | : | sin ajuste                                |
|                          | No Calificada   | : | 0.66                                      |
|                          | Semi-calificada | : | 0.73                                      |
| Moneda extranjera        |                 | : | 1.06                                      |
| Tasa de Descuento Social |                 | : | 12% (Basado en recomendación de MIDEPLAN) |

Participaciones del componente importado y fuerza laboral : como a continuación

| Tipo de Obra          | Componente Importado | Fuerza Laboral |             |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------|
|                       |                      | No Calif.      | Semi-calif. |
| Obras de Toma         | 32%                  | 3.8%           | 2.6%        |
| Transmisión           | 35%                  | 2.6%           | 13.8%       |
| Planta de Tratamiento | 60%                  | 3.6%           | 2.5%        |
| Distribución          | 35%                  | 2.6%           | 13.8%       |
| Obras Eléctricas      | 61%                  | 1.0%           | 15.0%       |

###### (3) Período de Evaluación: 36 años (1993-2028)

###### (4) Grupos de Consumidores y Características de la Demanda

Los consumidores son clasificados en los cuatro (4) grupos siguientes.



- Grupo 1: Consumo residencial entre 1-20m<sup>3</sup>/mes/conexión  
(Clase de ingreso bajo)
- Grupo 2: Consumo residencial entre 20-30m<sup>3</sup>/mes/conexión  
(Clase de ingreso medio)
- Grupo 3: Consumo residencial mayor a 30m<sup>3</sup>/mes/conexión  
(Clase de ingreso alto)
- Grupo 4: Consumo comercial, industrial y fiscal

Las características de su demanda de agua son las siguientes.

|   | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Elasticidad precio  | -0.52   | -0.20   | -0.25   | -0.20   |
| Tipo de curva de demanda                                      | 3       | 2       | 2       | 1       |
| Tasa de crecimiento de la demanda anual (%)                   | 4.68    | 4.68    | 8.89    | 9.36    |
| Tarifa inicial (\$/m <sup>3</sup> )                           | 172.01  | 172.01  | 220.42  | 220.42  |
| Consumo de agua inicial. (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /yr) | 4,781   | 1,421   | 4,393   | 2,325   |

(5) Capacidad de Consumo de Agua

La capacidad anual total de consumo de agua en el futuro son estimados para los casos con proyecto y sin proyecto de la misma forma que para Arica. Para detalles sobre la capacidad de consumo de agua estimada, ver el Informe Suplementario F, Capítulo IV, 4.6.2.

(6) Costos del Proyecto

Los costos del proyecto usados en la evaluación económica consisten en costos periódicos, costos no periódicos, y costos variables. Los costos son estimados de la misma manera que para la ciudad de Arica. Los costos anteriores se resumen a continuación.

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| Costos periódicos    | : | 367,231 Pesos \$ x 10 <sup>3</sup> /año         |
| Costos no periódicos | : | año 1996 : 552,511 Pesos \$ x 10 <sup>3</sup>   |
|                      |   | año 1997 : 9,026,071 Pesos \$ x 10 <sup>3</sup> |
|                      |   | año 1998 : 9,320,702 Pesos \$ x 10 <sup>3</sup> |
| Costos variables     | : | 40.32/m <sup>3</sup> Pesos \$                   |

3) Resultados de la Evaluación Económica

Los valores presentes de los beneficios y costos computados mediante SIMOP se muestran a continuación.

| Valor Presente de los Beneficios<br>(10 <sup>6</sup> Peso \$) |        | Valor Presente de los Costos<br>(10 <sup>6</sup> Peso \$) |        |
|---|--------|---|--------|
| Grupo 1   | 3,912  | Periódicos  | 1,679  |
| Grupo 2   | 1,565  | No periódicos   | 11,418 |
| Grupo 3   | 11,671 | Variables   | 1,041  |
| Grupo 4   | 3,720  | Total   | 14,138 |
| Total   | 20,868 |   |        |

La rentabilidad económica es evaluada en términos de Valor Presente Neto (VPN), razón Beneficio Costo (B/C) y Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) de la manera siguiente.

VPN : Pesos \$ 6,730 x 10<sup>6</sup>

B/C : 1.48

TIRE : 17.33 %

El proyecto es considerado rentable debido a que el VPN es positivo y la TIRE es mayor al 12% solicitado por las normas del MIDEPLAN.

#### 4) Análisis de Sensibilidad

El proyecto es rentable aún si los costos de inversión aumentan en 58.94% o los ingresos decrecen en 23.22% como se muestra a continuación.

| Tasa de Aumento de los Costos de Inversión (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) | TIRE (%) |
|--|-------------------------------|----------|
| -59.00   | 13,460                        | 31.99    |
| 0  | 6,730                         | 17.33    |
| 58.94  | 0                             | 12.00    |
| 118.00   | -6,730                        | 9.00     |
| 177.00   | -13,460                       | 6.97     |

| Tasa de Descuento Social (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) |
|------------------------------|-------------------------------|
| 21.00                        | 2,585                         |
| 22.00                        | 1,259                         |
| 23.22                        | 0                             |
| 24.00                        | -634                          |
| 25.00                        | -1,299                        |

### 7.4.8 Evaluación Financiera

#### 1) General

La evaluación financiera de este proyecto es hecha en la misma manera que la del proyecto de la ciudad de Arica. La rentabilidad del proyecto es indicada por el

Valor Presente Neto (VPN) y de Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF). Además de los índices anteriores, un informe financiero es preparado para realizar un análisis de ingresos.

2) Asunciones y Datos para la Evaluación Financiera

- (1) Período de Evaluación: 33 años (1996-2028)
- (2) Aumento de precios anual: 8%
- (3) Tarifa de Agua: La tarifa de agua promedio es estimada en 278 Pesos \$/m<sup>3</sup> para fines de 1994. La tarifa se incrementará a una tasa de 12% anual.
- (4) Flujo de Caja: Ver Tabla 7.4
- (5) Tasa de Descuento Financiera: 12% (Basado en recomendación de MIDEPLAN)
- (6) Condiciones de Préstamo: El préstamo cubre todos los costos de inversión. Las condiciones del préstamo se muestran a continuación.
  - Tasa de Interés: 5%
  - Período de Repago: 25 años
  - Período de Gracia: 5 años
- (7) Impuesto a la Renta: 25%

3) Resultados de la Evaluación Financiera

El Valor Presente Neto estimado es en \$11,455,887 x 10<sup>3</sup> y el TIRF es de 14.86%. El proyecto es considerado rentable.

El informe financiero calculado se presenta en la Tabla 7.5. Como se ve en la Tabla 7.5, el proyecto es suficientemente rentable para cubrir los costos de operación y para repagar el préstamo dentro del período de evaluación.

4) Análisis de Sensibilidad

El proyecto es rentable aún si los costos de inversión aumentan en 47.93% o si los ingresos disminuyen en 24.17% tal como se muestra abajo.

| Tasa de Aumento de los Costos de Inversión (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) | TIRF (%) |
|--|-------------------------------|----------|
| 60.00  | -2,885                        | 11.47    |
| 50.00  | -495                          | 11.91    |
| 47.93  | 0                             | 12.00    |
| 40.00  | 1,865                         | 12.39    |
| 30.00  | 4,285                         | 12.90    |

| Tasa de Disminución de los Ingresos (%) | VPN (10 <sup>6</sup> Peso \$) | TIRF (%) |
|---|-------------------------------|----------|
| -30.00                                  | -2,764                        | 11.20    |
| -25.00                                  | -394                          | 11.89    |
| -24.17                                  | 0                             | 12.00    |
| -20.00                                  | 1,976                         | 12.54    |
| -15.00                                  | 4,346                         | 13.16    |

#### 7.4.9 Estudio del Impacto Ambiental

Este proyecto contribuirá grandemente al desarrollo económico de la ciudad de Iquique y al mejoramiento de los niveles de vida de la población. Sin embargo, puede causar algunos impactos negativos en el medio ambiente del área del proyecto.

Los efectos negativos anticipados en las etapas de pre-construcción, construcción y operación son evaluados de la siguiente manera.

##### 1) Etapa de Pre-construcción

La tubería de transmisión se sitúa debajo de las carreteras (banqueta de la carretera). Por lo tanto, no es necesaria la adquisición de tierras. Sin embargo, la construcción del campo de pozos y estanques requiere de la adquisición de 261 ha.

No se anticipan impactos negativos relativos a la adquisición de tierras debido a que las tierras están disponibles y la mayoría pertenecen al estado.

En las áreas del proyecto no hay lugares históricos valiables ni flora o fauna.

##### 2) Etapa de Construcción

###### (1) Vibración, ruido y polvo

La construcción de las instalaciones propuestas puede originar vibración, ruido y polvo. Los impactos se juzgan como de poca importancia debido a que los trabajos son realizados en áreas desiertas excepto por las áreas pobladas de Pozo Almonte y Alto Hospicio.

La tubería de transmisión pasa a través de las áreas pobladas de Pozo Almonte y Alto Hospicio. Sin embargo, las áreas y la población afectadas son pequeñas y la vibración, ruido y polvo pueden ser fácilmente minimizadas mediante una apropiada administración de la construcción.

(2) Perturbación del Tráfico

La tubería de transmisión es instalada bajo las banquetas de las carreteras, incluyendo la Panamericana, y la Carretera Ruta y cruza el ferrocarril en un (1) lugar.

La perturbación del tráfico debido a la instalación de las tuberías es considerada como no significativa debido a que la densidad del tráfico de las carreteras y el ferrocarril.

(3) Reducción del Nivel Freático

Ninguna tubería es instalada bajo el nivel freático. La perforación de pozos generalmente no causa impactos en el nivel freático. Por lo tanto, la reducción del nivel freático debido a los trabajos de construcción del proyecto no son anticipados.

3) Etapa de Operación

Los principales impactos ambientales en la etapa de operación son aquellos relacionados con los pozos existentes y los tamarugos debido a la reducción del nivel freático.

El nivel freático existente será reducido en el futuro por varios desarrollos de agua, tales como el agua municipal de la ciudad de Arica, agua doméstica de poblados locales, agua de irrigación y para minería. La reducción total debido al proyecto y a otros desarrollos después de 100 años es estimado como a continuación.

- En 25 - 30 m en el área más seriamente afectada
- En menos de 15 m en la mayor parte del área del acuífero
- En menos de 15 m en el área existente de tamarugos

(1) Impacto en los Pozos Existentes

Actualmente, 12 pozos independientes y dos (2) campos de pozos (administrados por ESSAT) están extrayendo el agua subterránea del acuífero de Pampa del Tamarugal. Entre ellos, seis (6) pozos independientes, con una cantidad de extracción de menos de 0.3 l/s, con una

profundidad de menos de 15 m. El resto de los pozos son suficientemente profundos.

Los seis (6) pozos independientes anteriores serán profundizados y reconstruidos en el futuro.

(2) Impacto en los Tamarugos

Los tamarugos están ampliamente distribuidos en el Area Nacional de Reserva de aproximadamente 100,000 ha en el área del acuífero. Se considera generalmente que las raíces de los tamarugos alcanzan una profundidad de 25 - 30 m, en algunos casos 50 m, para absorber el agua subterránea.

Por lo tanto, no se anticipan impactos adversos significativos en los tamarugales.

**Tabla 7.1** Estimated Construction Cost and Power Consumption  
 <Costo de Construcción Estimado y Consumo de Energía>

|  | Alt. (1)      | Alt. (2)      | Alt. (3)      | Alt. (4)      | Alt. (5)      |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Construction Cost (Million Peso : M\$)</b>                  |               |               |               |               |               |
| Well-Field Cost<br>(well/pump/electricity/pipeline)            | 4,336         | 4,336         | 4,142         | 4,142         | 5,548         |
| Transmission/Booster Pump Cost<br>(pump/electricity/house)     | 2,031         | 3,620         | 3,621         | 3,092         | 6,429         |
| Transmission Pipeline Cost<br>(pipeline/pressure relief valve) | 29,081        | 27,534        | 36,891        | 39,367        | 63,468        |
| Tank Cost<br>(collection/break-pressure/distribution)          | 1,373         | 1,534         | 1,447         | 1,476         | 2,179         |
| Treatment Plant Cost<br>(for Mn/Fe)                            | -             | -             | -             | -             | 12,360        |
| <b>Total Construction Cost</b>                                 | <b>36,821</b> | <b>37,024</b> | <b>46,101</b> | <b>48,077</b> | <b>89,984</b> |
| <b>Power Consumption (kw)</b>                                  |               |               |               |               |               |
| Transmission/Booster Pumps                                     | 1,280         | 2,320         | 2,260         | 1,320         | 4,540         |
| Intake Pumps   | 981           | 981           | 738           | 738           | 713           |
| <b>Total Power Consumption</b>                                 | <b>2,261</b>  | <b>3,301</b>  | <b>2,998</b>  | <b>2,058</b>  | <b>5,253</b>  |

Note : - Cost as of March, 1994  
 - Cost without Value Added Tax (IVA)  
 - Foreign exchange rate as of March, 1994  
     US\$1.00 = Chile Peso : \$435.0 = Japanese Yen : ¥110.0  
 - Construction cost includes M\$1,822 for the section between Alto Hospicio and Cavancha.

**Tabla 7.2 Break-down of Direct Construction and Land Acquisition Cost**  
*<Costo de Construcción Directo y de Adquisición de la Tierra>*

|   |   | (at 1994 price)                  |
|---|---|----------------------------------|
| Work Item                                     | Quantity  | Cost (10 <sup>3</sup> Peso : \$) |
| <b>Direct Construction Cost</b>               |   | <b>20,096,326</b>                |
| 1) Intake Works                               |   | 2,295,144                        |
| (1) Deep Well                                 | 8 wells, ø12 x 200 m each                       | 582,632                          |
| (2) Pump (Submergible)                        | 8 pumps   | 925,470                          |
| (3) Electric Facilities/Equipment             |   | 183,908                          |
| (4) Collection Pipeline                       | ø250 ~ 800 mm, 5,750 m                          | 285,009                          |
| (5) Valve                                     | 7 valves  | 55,972                           |
| (6) Roads                                     |   | 144,051                          |
| (7) Miscellaneous Works                       |   | 118,102                          |
| 2) Transmission Facilities                    |   | 16,877,636                       |
| (1) Transmission Pump                         | 420 KW x 3 units                                | 1,510,912                        |
| (2) Transmission Pipeline                     |   | 14,680,499                       |
| i) La Tirana~Alto Hospicio                    | ø400 ~ 700 mm, 64,600 m                         | 14,248,039                       |
| ii) Alto Hospicio~Cavanca                     | ø400 mm, 3,000 m                                | 432,460                          |
| (3) Tank                                      |   | 686,225                          |
| i) Collection/Transmission/<br>Pressure Break | 1,250 m <sup>3</sup> x 3, 250M <sup>3</sup> x 3 | 207,725                          |
| ii) Distribution                              | 7,500 m <sup>3</sup> x 2                        | 478,500                          |
| 3) Distribution Network                       |   | 765,546                          |
| 4) Electric Works                             | 23 KV, 20 km                                    | 158,000                          |
| <b>Land Acquisition Cost</b>                  |   | <b>262,000</b>                   |
| 1) Well-field                                 | 260 ha  | 260,000                          |
| 2) Tank                                       | 1.0 ha  | 12,000                           |

Note: Cost: as of March 1994, excluding Value Added Tax (IVA)  
 Exchange Rate: US\$1.00 = Chilean Peso \$435.00  
 = Japanese Yen ¥110.00



Table 7.3 Disbursement Schedule of Investment Cost (Iquique Stage I)  
 <Programa de Desembolso de los Costos de Inversión (Iquique Etapa I)>

| No | Work Item                   | 1996                           |                              | 1997                           |                              | 1998                           |                              | TOTAL                          |                              |
|----|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|    |                             | Foreign Currency (1000 x US\$) | Local Currency (1000 x Peso) | Foreign Currency (1000 x US\$) | Local Currency (1000 x Peso) | Foreign Currency (1000 x US\$) | Local Currency (1000 x Peso) | Foreign Currency (1000 x US\$) | Local Currency (1000 x Peso) |
| 1  | Direct Construction         | 0                              | 0                            | 18,016                         | 9,969,163                    | 18,016                         | 2,290,288                    | 36,032                         | 4,422,575                    |
| 1) | Intake Works                | 0                              | 0                            | 1,266                          | 1,147,572                    | 1,266                          | 596,832                      | 2,532                          | 1,193,663                    |
| 2) | Transmission Facilities     | 0                              | 0                            | 16,750                         | 8,438,818                    | 16,750                         | 1,152,683                    | 33,499                         | 2,305,366                    |
| 3) | Distribution Network        | 0                              | 0                            | 0                              | 382,773                      | 0                              | 382,773                      | 0                              | 765,546                      |
| 4) | Electric Transmission Lines | 0                              | 0                            | 0                              | 0                            | 0                              | 158,000                      | 0                              | 158,000                      |
| 2  | Land Acquisition Cost       | 0                              | 262,000                      | 0                              | 0                            | 0                              | 0                            | 0                              | 262,000                      |
| 3  | Engineering Cost            | 764                            | 270,550                      | 382                            | 301,445                      | 382                            | 135,275                      | 1,528                          | 541,100                      |
| 4  | Administration Cost         | 0                              | 200,963                      | 0                              | 200,963                      | 0                              | 200,963                      | 0                              | 602,890                      |
| 5  | Physical Contingency        | 0                              | 0                            | 1,732                          | 1,004,816                    | 1,732                          | 251,204                      | 3,465                          | 502,408                      |
|    | TOTAL                       | 764                            | 733,513                      | 20,130                         | 11,476,387                   | 20,130                         | 2,877,730                    | 41,024                         | 6,330,973                    |

Note: Cost: as of March 1994, excluding Value Added Tax (IVA)  
 Exchange Rate: US\$1.00= Chilean Peso \$435.00= Japanese Yen ¥110.00

**Tabla 7.4 Cash Flow Analysis (Iquique Stage I)**  
**< Analisis de Flujo de Caja (Iquique Etapa I) >**

(Unit : Peso)

| Year | Investment     | O & M Cost    | Total Cost     | Benefits       | Cash Flow       |
|------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1996 | 1,243,210,986  |               | 1,243,210,986  |                | -1,243,210,986  |
| 1997 | 14,456,942,987 |               | 14,456,942,987 |                | -14,456,942,987 |
| 1998 | 15,828,455,682 |               | 15,828,455,682 |                | -15,828,455,682 |
| 1999 |                | 822,723,477   | 822,723,477    | 2,095,943,391  | 1,273,219,915   |
| 2000 |                | 902,192,259   | 902,192,259    | 2,473,951,210  | 1,571,758,951   |
| 2001 |                | 989,262,930   | 989,262,930    | 2,909,759,834  | 1,920,496,904   |
| 2002 |                | 1,084,816,412 | 1,084,816,412  | 3,411,511,545  | 2,326,695,133   |
| 2003 |                | 1,183,936,597 | 1,183,936,597  | 3,945,867,297  | 2,761,930,700   |
| 2004 |                | 1,304,922,974 | 1,304,922,974  | 4,675,886,358  | 3,370,963,384   |
| 2005 |                | 1,431,417,858 | 1,431,417,858  | 5,493,917,753  | 4,062,499,895   |
| 2006 |                | 1,545,931,287 | 1,545,931,287  | 6,098,248,706  | 4,552,317,419   |
| 2007 |                | 1,669,605,790 | 1,669,605,790  | 6,769,056,063  | 5,099,450,273   |
| 2008 |                | 1,803,174,253 | 1,803,174,253  | 7,513,652,230  | 5,710,477,977   |
| 2009 |                | 1,947,428,193 | 1,947,428,193  | 8,340,153,976  | 6,392,725,782   |
| 2010 |                | 2,103,222,449 | 2,103,222,449  | 9,257,570,913  | 7,154,348,464   |
| 2011 |                | 2,271,480,245 | 2,271,480,245  | 10,275,903,713 | 8,004,423,469   |
| 2012 |                | 2,453,198,664 | 2,453,198,664  | 11,406,253,122 | 8,953,054,457   |
| 2013 |                | 2,649,454,558 | 2,649,454,558  | 12,660,940,965 | 10,011,486,408  |
| 2014 |                | 2,849,619,214 | 2,849,619,214  | 14,053,644,471 | 11,204,025,257  |
| 2015 |                | 3,090,323,494 | 3,090,323,494  | 15,599,545,363 | 12,509,221,869  |
| 2016 |                | 3,337,549,373 | 3,337,549,373  | 17,315,495,353 | 13,977,945,980  |
| 2017 |                | 3,604,553,323 | 3,604,553,323  | 19,220,199,842 | 15,615,646,519  |
| 2018 |                | 3,892,917,589 | 3,892,917,589  | 21,334,421,825 | 17,441,504,236  |
| 2019 |                | 4,209,798,814 | 4,209,798,814  | 23,681,208,225 | 19,471,409,412  |
| 2020 |                | 4,540,699,520 | 4,540,699,520  | 26,286,141,130 | 21,745,441,610  |
| 2021 |                | 4,903,955,481 | 4,903,955,481  | 29,177,616,655 | 24,273,661,173  |
| 2022 |                | 5,296,271,920 | 5,296,271,920  | 32,387,154,487 | 27,090,882,567  |
| 2023 |                | 5,719,973,673 | 5,719,973,673  | 35,949,741,480 | 30,229,767,807  |
| 2024 |                | 6,177,571,567 | 6,177,571,567  | 39,904,213,043 | 33,726,641,476  |
| 2025 |                | 6,671,777,293 | 6,671,777,293  | 44,293,676,478 | 37,621,899,185  |
| 2026 |                | 7,205,519,476 | 7,205,519,476  | 49,165,980,890 | 41,960,461,414  |
| 2027 |                | 7,781,961,034 | 7,781,961,034  | 54,574,238,788 | 46,792,277,754  |
| 2028 |                | 8,404,517,917 | 8,404,517,917  | 60,577,405,055 | 52,172,887,138  |
|      |                |               |                | NPV            | 11,455,886,611  |
|      |                |               |                | FIRR           | 14.86%          |

Table 7.5 Financial Statement (Iquique Stage I)  
<Estado Financiero (Iquique Etapa I)>

| Year | O&M (*)       | Interest      | Capital       | Total Expenditur | Gross Revenue  | (Unit : Peso)                   |                                | Tax            | Net Revenue After Tax | Accumulated Net Revenue |
|------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
|      |               |               |               |                  |                | Net Revenue Before Depreciation | Net Revenue After Depreciation |                |                       |                         |
| 1996 |               |               |               |                  |                |                                 |                                |                |                       |                         |
| 1997 |               | 62,160,549    |               | 62,160,549       |                | -62,160,549                     | -62,160,549                    |                | -62,160,549           | -62,160,549             |
| 1998 |               | 785,007,699   |               | 785,007,699      |                | -785,007,699                    | -785,007,699                   |                | -785,007,699          | -947,168,248            |
| 1999 | 822,723,477   | 1,576,430,483 |               | 2,399,153,960    | 2,095,943,391  | -303,210,568                    | 227,090,129                    |                | -530,300,697          | -1,377,468,945          |
| 2000 | 902,192,259   | 1,576,430,483 |               | 2,478,622,742    | 2,473,951,210  | -4,671,532                      | 227,090,129                    |                | -231,761,661          | -1,609,230,606          |
| 2001 | 989,262,930   | 1,576,430,483 | 1,576,430,483 | 4,142,123,896    | 2,909,759,834  | -1,232,364,062                  | 227,090,129                    |                | -1,459,434,191        | -3,068,684,797          |
| 2002 | 1,084,816,412 | 1,497,608,959 | 1,576,430,483 | 4,158,855,854    | 3,411,511,545  | -747,344,309                    | 227,090,129                    |                | -974,434,438          | -4,043,119,235          |
| 2003 | 1,183,936,597 | 1,418,787,434 | 1,576,430,483 | 4,179,154,515    | 3,945,867,297  | -233,287,218                    | 227,090,129                    |                | -460,377,347          | -4,503,496,582          |
| 2004 | 1,304,922,974 | 1,339,965,910 | 1,576,430,483 | 4,221,319,367    | 4,675,886,358  | 454,566,990                     | 227,090,129                    | 56,869,215     | 170,607,646           | -433,288,935            |
| 2005 | 1,431,417,858 | 1,261,144,386 | 1,576,430,483 | 4,268,992,728    | 5,493,917,753  | 1,224,925,025                   | 227,090,129                    | 249,458,724    | 748,376,172           | -358,451,2763           |
| 2006 | 1,545,931,287 | 1,182,322,862 | 1,576,430,483 | 4,304,684,632    | 6,098,248,706  | 1,793,564,074                   | 227,090,129                    | 391,618,486    | 1,174,855,459         | -240,965,7305           |
| 2007 | 1,669,605,790 | 1,103,501,338 | 1,576,430,483 | 4,349,537,611    | 6,769,056,063  | 2,419,518,452                   | 227,090,129                    | 548,107,081    | 1,644,321,243         | -76,533,6062            |
| 2008 | 1,803,174,253 | 1,024,679,814 | 1,576,430,483 | 4,404,284,550    | 7,513,652,230  | 3,109,367,680                   | 227,090,129                    | 720,569,388    | 2,161,708,164         | 139,637,2102            |
| 2009 | 1,947,428,193 | 945,858,290   | 1,576,430,483 | 4,469,716,966    | 8,340,153,976  | 3,870,437,010                   | 227,090,129                    | 910,836,720    | 2,732,510,160         | 412,888,2262            |
| 2010 | 2,103,222,449 | 867,036,765   | 1,576,430,483 | 4,546,689,697    | 9,257,570,913  | 4,710,881,216                   | 227,090,129                    | 1,120,947,772  | 3,362,843,315         | 749,172,5577            |
| 2011 | 2,271,480,245 | 788,215,241   | 1,576,430,483 | 4,636,125,969    | 10,275,903,713 | 5,639,777,744                   | 227,090,129                    | 1,353,171,904  | 4,059,515,711         | 1,155,124,1289          |
| 2012 | 2,453,198,664 | 709,393,717   | 1,576,430,483 | 4,739,022,865    | 11,406,253,122 | 6,667,230,257                   | 227,090,129                    | 1,610,055,032  | 4,830,105,096         | 1,638,134,6385          |
| 2013 | 2,649,434,558 | 630,572,193   | 1,576,430,483 | 4,856,437,234    | 12,660,940,965 | 7,804,483,732                   | 227,090,129                    | 1,894,348,401  | 5,683,045,202         | 2,206,439,1587          |
| 2014 | 2,861,410,922 | 551,750,669   | 1,576,430,483 | 4,989,592,074    | 14,053,644,471 | 9,064,052,397                   | 227,090,129                    | 2,209,240,567  | 6,627,721,701         | 2,869,211,3288          |
| 2015 | 3,090,323,494 | 472,929,145   | 1,576,430,483 | 5,139,683,122    | 15,599,545,363 | 10,459,862,242                  | 227,090,129                    | 2,558,193,028  | 7,674,579,085         | 3,636,669,2373          |
| 2016 | 3,337,549,373 | 394,107,621   | 1,576,430,483 | 5,308,087,477    | 17,315,495,353 | 12,007,407,876                  | 227,090,129                    | 2,945,079,437  | 8,835,238,310         | 4,520,193,0683          |
| 2017 | 3,604,533,323 | 315,286,096   | 1,576,430,483 | 5,496,269,903    | 19,220,199,842 | 13,723,929,939                  | 227,090,129                    | 3,374,209,953  | 10,122,629,858        | 5,532,456,0541          |
| 2018 | 3,892,917,589 | 236,464,572   | 1,576,430,483 | 5,705,812,644    | 21,334,421,825 | 15,628,609,180                  | 227,090,129                    | 3,850,379,763  | 11,551,139,289        | 6,687,569,9830          |
| 2019 | 4,204,330,996 | 157,643,048   | 1,576,430,483 | 5,938,424,527    | 23,681,208,225 | 17,742,783,698                  | 227,090,129                    | 4,378,923,392  | 13,136,770,177        | 8,001,247,0006          |
| 2020 | 4,540,699,520 | 78,821,524    | 1,576,430,483 | 6,193,955,481    | 26,286,141,130 | 20,090,189,604                  | 227,090,129                    | 4,965,774,869  | 14,897,324,606        | 9,490,979,4612          |
| 2021 | 4,903,955,481 |               |               | 4,903,955,481    | 29,177,616,655 | 24,273,661,173                  | 227,090,129                    | 6,011,642,761  | 18,034,928,283        | 1,129,45E+11            |
| 2022 | 5,296,271,920 |               |               | 5,296,271,920    | 32,387,154,487 | 27,090,882,567                  | 227,090,129                    | 6,715,948,109  | 20,147,844,328        | 1,330,93E+11            |
| 2023 | 5,719,973,673 |               |               | 5,719,973,673    | 35,949,741,480 | 30,229,767,807                  | 227,090,129                    | 7,500,669,419  | 22,502,008,258        | 1,559,5E+11             |
| 2024 | 6,177,571,567 |               |               | 6,177,571,567    | 39,904,213,043 | 33,726,641,476                  | 227,090,129                    | 8,374,887,837  | 25,124,663,510        | 1,807,19E+11            |
| 2025 | 6,671,777,293 |               |               | 6,671,777,293    | 44,293,676,478 | 37,621,899,185                  | 227,090,129                    | 9,348,702,264  | 28,046,106,792        | 2,087,65E+11            |
| 2026 | 7,205,519,476 |               |               | 7,205,519,476    | 49,165,980,890 | 41,960,461,414                  | 227,090,129                    | 10,433,342,821 | 31,300,028,464        | 2,400,65E+11            |
| 2027 | 7,781,961,034 |               |               | 7,781,961,034    | 54,574,238,788 | 46,792,277,754                  | 227,090,129                    | 11,641,296,906 | 34,923,890,719        | 2,749,89E+11            |
| 2028 | 8,404,517,917 |               |               | 8,404,517,917    | 60,577,405,055 | 52,172,887,138                  | 227,090,129                    | 12,986,449,252 | 38,959,347,757        | 3,139,49E+11            |

SERVICE AREA - IQUIQUE

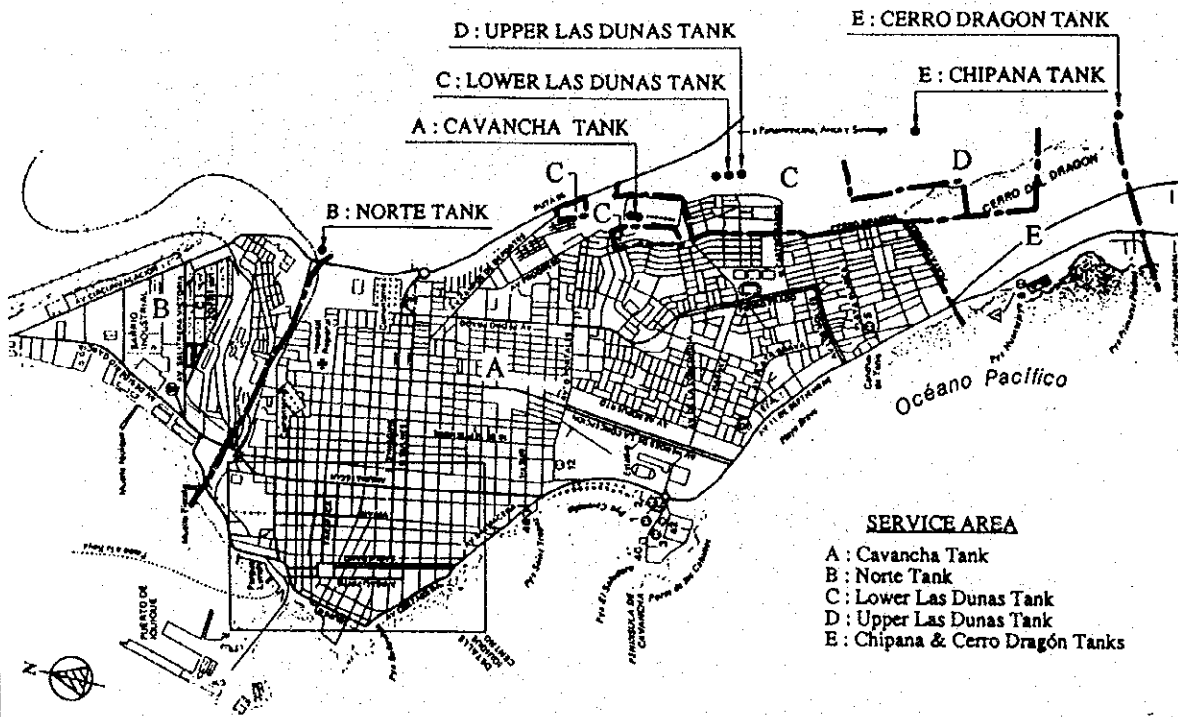


Fig. 7.2 Water Supply Services Area - Iquique  
<Area del Servicio de Abastecimiento de Agua - Iquique>

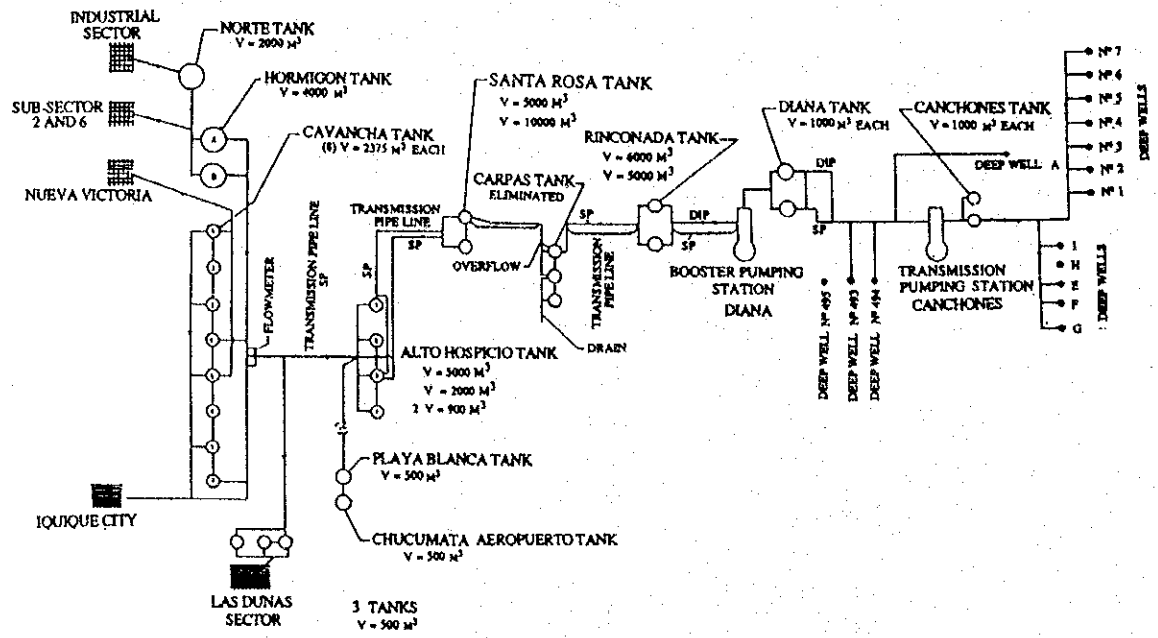


Fig. 7.1 Outline of Water Supply Facilities for Iquique  
<Basquejo del Facilidad de Abastecimiento de Agua para Iquique>

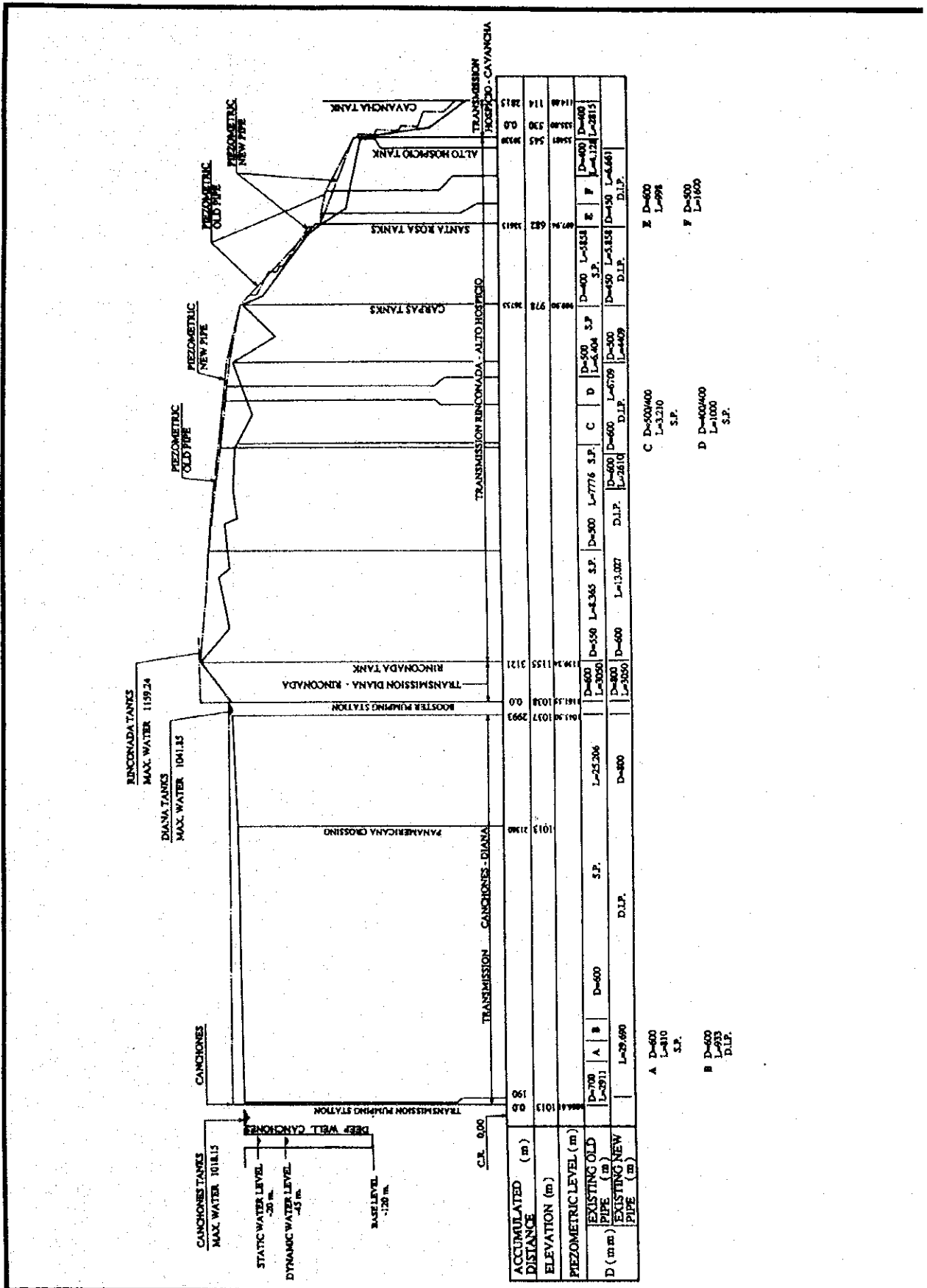


Fig. 7.3 Longitudinal Profile of Transmission Pipeline (Canchones-Cavancha-Iquique)  
 <Perfil Longitudinal de las cannerías de Transmisión (Canchones-Cavancha-Iquique)>

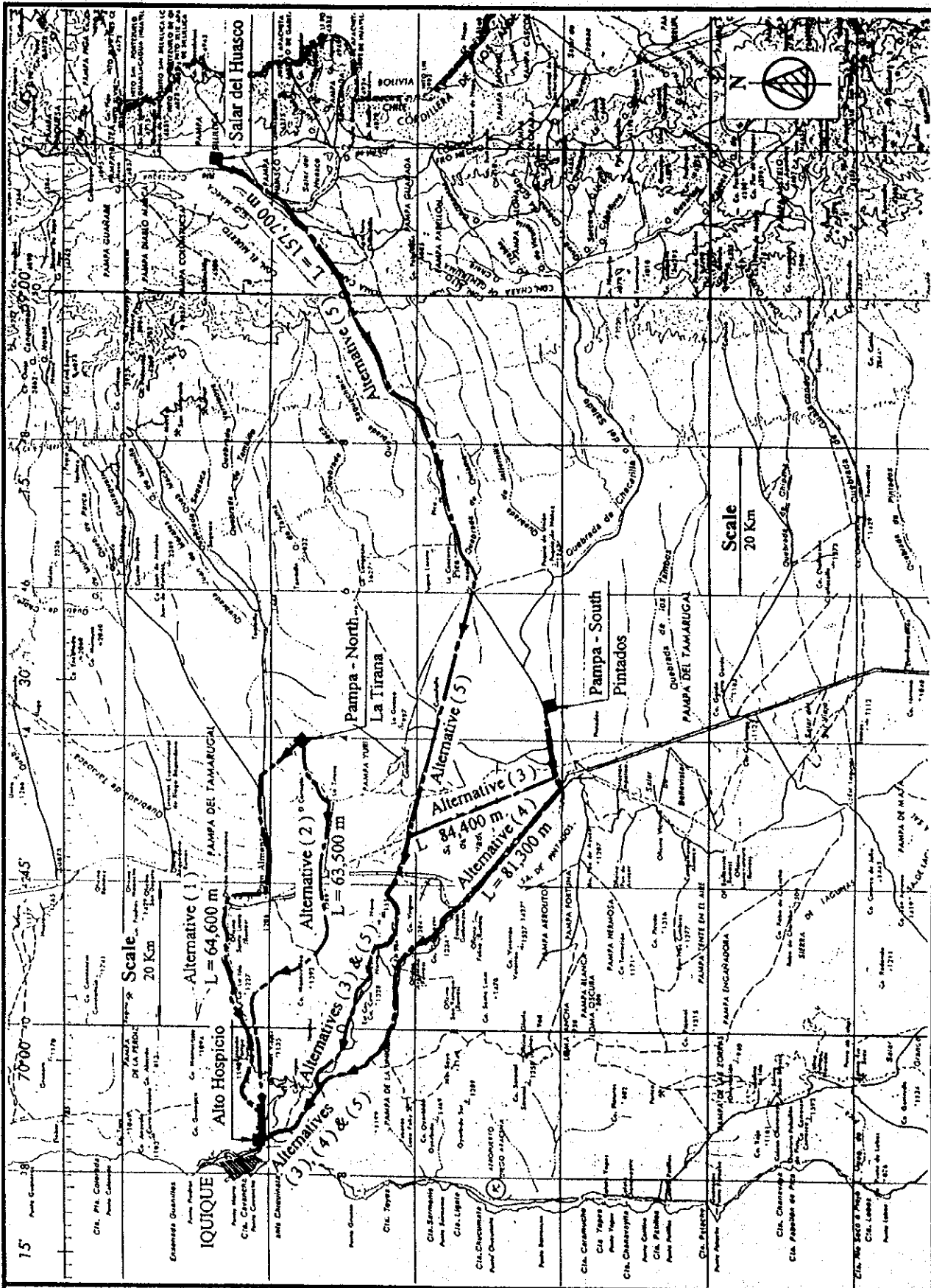
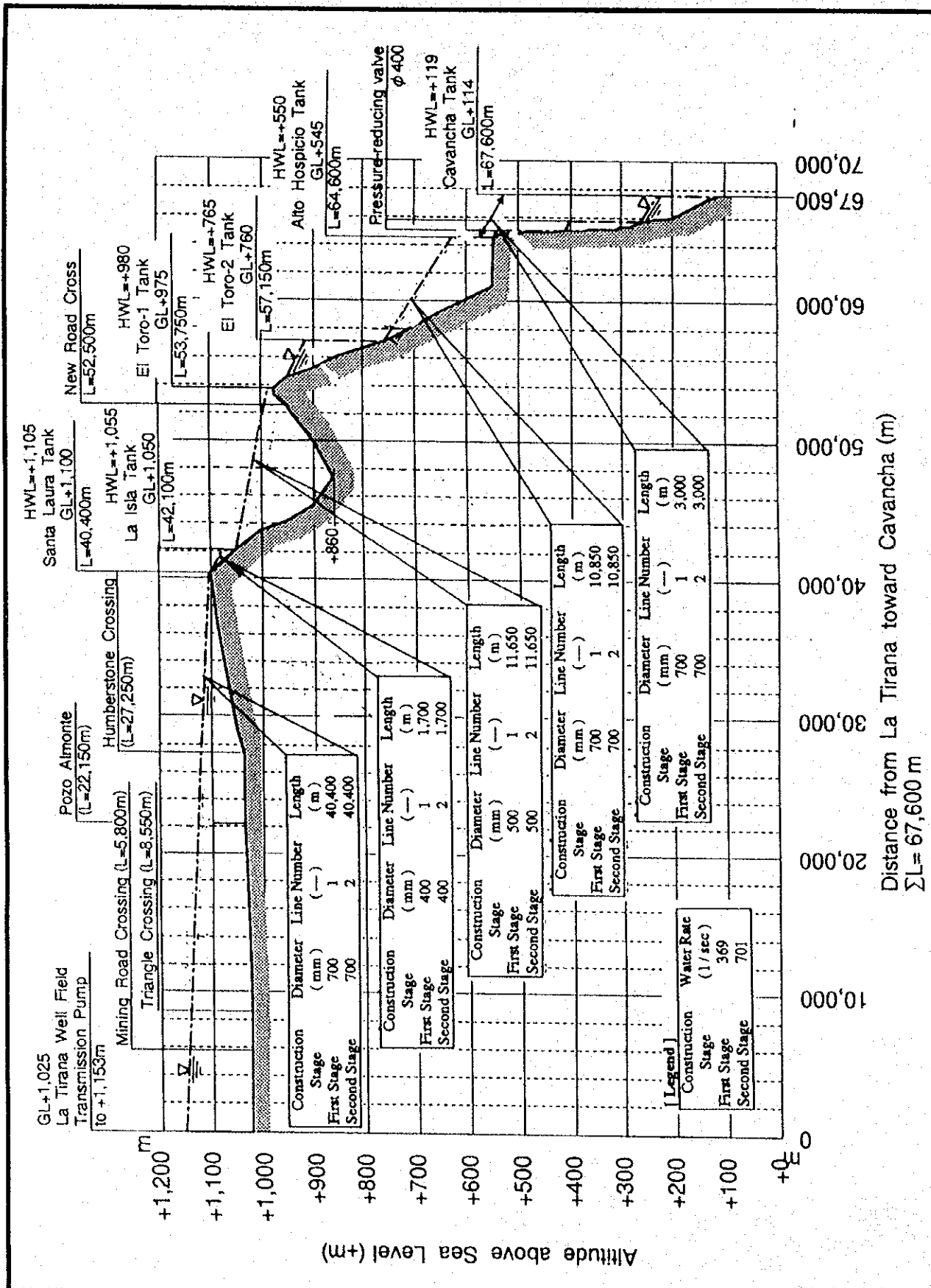


Fig. 7.4 Pipelines Alternatives (1) - (5) for Iquique Water Supply (from Water Resources to alto Hospicio)  
 <Tuberías Alternativas (1) - (5) para el Abastecimiento de Agua para Iquique (desde las Fuentes hasta alto Hospicio)>

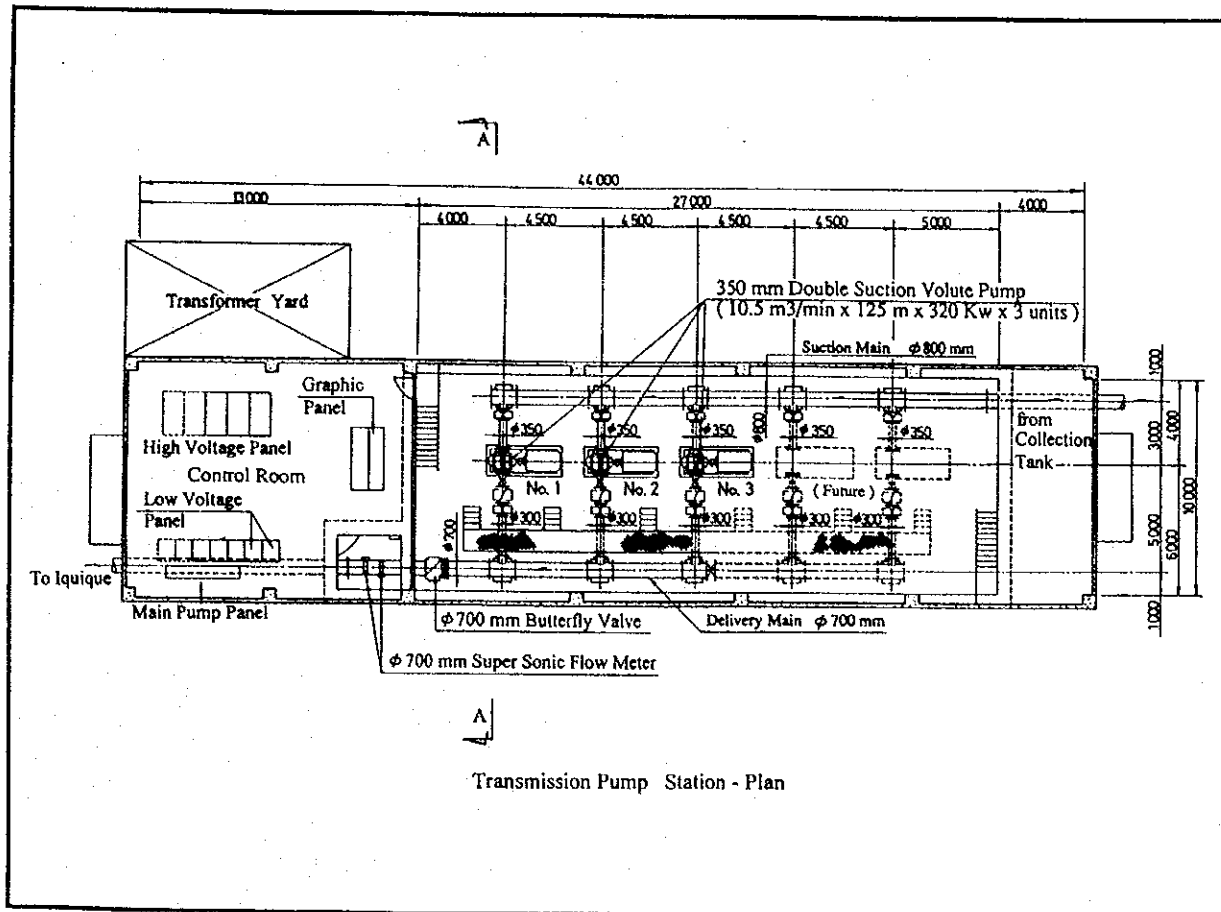




Distance from La Tirana toward Cavancha (m)  
 $\Sigma L = 67,600$  m

Fig. 7.6 Longitudinal Profile of Proposed Transmission  
 <Perfil Longitudinal de la Conducción Propuesta>





Transmission Pump Station - Plan

Fig. 7.8 Transmission Pump Station in La Tirana Well Field - Plan  
 <Planta Elevadora de Conducción Propuesta en al Baería de Pozos en La Tirana - Planta>  
 THE STUDY ON THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES IN NORTHERN CHILE JICA

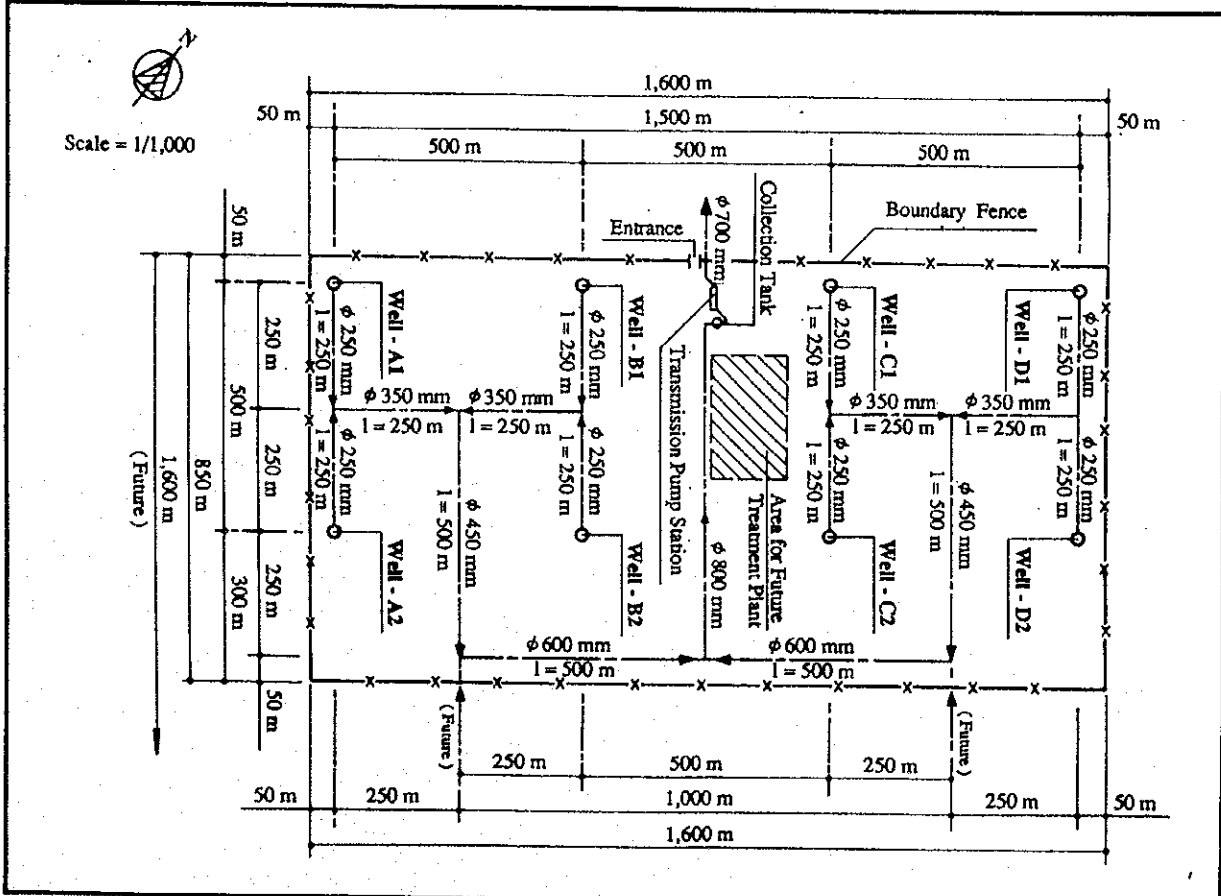


Fig. 7.7 Layout of La Tirana Well Field (1st Stage)  
 <Distribución de la Baería de Pozos de La Tirana (1ª Etapa)>  
 THE STUDY ON THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES IN NORTHERN CHILE JICA

**CAPITULO VIII RECOMENDACIONES**

## Capítulo VIII RECOMENDACIONES

### 1) Estudios Posteriores para el Desarrollo de los Recursos de Agua para la Ciudad de Arica

Se espera que el Desarrollo del Abastecimiento de Agua en el Bajo Lluta satisfaga la demanda de agua de la ciudad de Arica sólo hasta el año 2003. Proyectos tales como se muestran abajo deberían de ser estudiados para satisfacer la demanda de agua después del año 2003.

- (1) Manejo de cuencas de los ríos Lluta y San José
- (2) Desarrollo de aguas subterráneas de la cuenca del río en Altiplano
- (3) Desarrollo del Agua superficial del río Lluta mediante una presa/reservorio
- (4) Desarrollo de aguas subterráneas en el área de La Concordia
- (5) Reciclaje de aguas residuales en la ciudad de Arica
- (6) Desalinización del agua de mar
- (7) Reducción de la pérdida de agua en la ciudad de Arica

### 2) Conservación de las Aguas Subterráneas en el Valle de Azapa

Los recursos de aguas subterráneas del valle de Azapa serán agotados en un período de 20 años si el uso de agua existente continúa. Las siguientes acciones deberán ser tomadas para prolongar la vida de las aguas subterráneas.

- (1) Los derechos de agua de ESSAT, otorgados temporalmente por el Proyecto de Abastecimiento de Agua de Emergencia, deberán ser revocados inmediatamente después de que se haya encontrado una solución final para el suministro de agua a la ciudad de Arica.
- (2) La pérdida de agua existente en las redes de distribución de la ciudad de Arica es de aproximadamente 40%. Esta pérdida deberá ser reducida a 30% para el año 2005 como se asumió en la proyección de la demanda de agua futura en este Estudio.
- (3) El uso de agua para agricultura deberá ser estrictamente controlado. Una expansión adicional de las tierras agrícolas no es recomendable y el consumo total de irrigación (consumo real) en el futuro no deberá exceder el nivel existente.
- (4) Una parte del agua del río se desborda al mar en época de inundaciones. La construcción de presas de recarga de aguas subterráneas en las secciones media y aguas arriba podrán retardar el agua de inundación por un corto período y

luego liberarla lentamente para aumentar la recarga de agua subterránea en el valle de Azapa.

3) Tratamiento del Agua Cruda Existente en Canchones

La calidad del agua subterránea en el campo de pozos de Canchones de Pampa del Tamarugal (fuente de agua existente de la ciudad de Arica) no cumple las normas del agua potable en términos de Mn y As. Los contenidos de estos elementos son afortunadamente disminuídos a un nivel inferior alcanzando los estándares requeridos antes de alcanzar a los consumidores debido a los efectos de la purificación natural en los tanques y tuberías de transmisión.

Sin embargo, los efectos de la purificación natural no son confiables. Por lo tanto, se debe aplicar un tratamiento de agua artificial en el futuro.

5) Re-confirmación de la Calidad de Agua del Campo de Pozos Propuesto en La Tirana

La calidad del agua subterránea del campo de pozos propuesto en La Tirana fue estimada de la de las áreas vecinas en este Estudio. La calidad del agua de esos pozos existentes es adecuada para ser utilizada como agua potable sin tratamiento. El pozo de agua limpia más cercana al campo de pozos propuesta está cerca del pueblo de La Tirana aproximadamente 10 km al sureste del campo de pozos propuesto. Por lo tanto, agua subterránea limpia que no requiere de tratamiento es explotable dentro o cerca del campo de pozos propuesto.

Sin embargo, antes de determinar la localización detallada del campo de pozos, se recomienda reconfirmar la calidad del agua del campo de pozos propuesta por medio de la perforación de un pozo de prueba.

6) Monitoreo del Agua Subterránea

El sistema de monitoreo de aguas subterráneas existente en el valle de Azapa, valle del Bajo Lluta, y Pampa del Tamarugal deberá de ser fortalecido.

## **REFERENCES**

1. "CALIDAD DE AGUA PRIMERA REGION",  
Armando Vásquez Cañete.  
Laboratorio Hidrológico - Dpto. Hidrología D.G.A - M.O.P 1978
2. "ANALISIS CRITICO DE LA RED FLUVIOMETRICA NACIONAL - PROCESAMIENTO ESTADISTICA DE CALIDA DE AGUAS I Y II REGION." BF Ingenieros Civiles - Dpto. Hidrología D.G.A. M.O.P. 1984 AGOSTO - ANEXO
3. "ANALISIS CRITICO DE LA RED DE MEDICION DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRANEA", Alamos y Peralta - Ing. Consultores Ltda. Dpto. Hidrología - D.G.A. M.O.P. 1987 - Diciembre Informe Final
4. "ESTUDIO DEL VALLE DEL RIO LLUTA"  
Hans Niemeyer F. - Ingeniero Civil  
Dirección de Riego - Junta de Adelanto de Arica - M.O.P. 1968
5. "MODELO DE SIMULACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DE AZAPA"  
Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. - Ing. Consultores - con Asesoría de Ipla Ltda. - Dpto. Hidrología D.G.A. M.O.P. 1989 Enero. (Texto principal, Manuel de uso y 12 planos)
6. "INVESTIGACION DE EVENTOS HIDROMETEOROLOGICOS EXTREMOS - PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24, 48 Y 72 HORAS"  
BF Ingenieros Civiles - Dpto. Hidrología - D.G.A. M.O.P. 1989 Febrero - Tomo 1 de 2
7. "RECURSOS DE AGUA Y SU APROVECHAMIENTO EN EL VALLE DE AZAPA"  
Gerardo Díaz - Agustín Hojas - Jorge Orellana  
Dpto. de Recursos Hidráulicos - D.G.A. M.O.P. 1972 Diciembre Anexos, Texto principal.
8. "ESTUDIO DE HIDROLOGIA ISOTOPICA - AREA SALAR DE LLAMARA - DESIERTO DE ATACAMA - CHILE", Informe final, Proyecto Investigación OIEA 301-F3-CHI-3715/65 - D.G.A. - MOP. Comisión Chilena de Energía nuclear/Gesellschaft Für Strahlen - Und Umweltforschung, München - RFA 1987 Septiembre.
9. "ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES DE LA REGION DE TARAPACA"  
ICC - Conic Ingenieros Consultores D.G.A. - M.O.P. 1982 - Mayo
10. "EVALUACION DE LA EVAPORACION DESDE SALARES UTILIZANDO TRAZADORES NATURALES AMBIENTALES"  
Alejandro Grilli Dorna-Fernández D.G.A. M.O.P.  
Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica - VIII Congreso Nacional 1987.
11. "HIDROLOGIA ISOTOPICA EN ZONA PICA-ESMERALDA - PROVINCIA DE IQUIQUE", Torres, Martinez y Cia. Ltda. - Ingenieros Consultores.
12. "RECURSOS HIDRICOS EN LAS PROVINCIAS DE ARICA Y PARINACOTA" - (Charla) Alejandro Grilli Dorna-Fernández - D.G.A. 1989-Agosto.
13. "RESEÑA SOBRE LAS EXPLORACIONES PETROLIFERAS DE LA ENAP EN LA ZONA NORTE", Años 1956 A 1962 - Carlos Mordojovich K. - 1965 Junio.

14. "CATASTRO DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS" - Dpto. Hidrología D.G.A. - M.O.P. - 1980 - Junio.
15. "ANTECEDENTES POBLACION Y VIVIENDA ARICA - IQUIQUE" Dpto. de Estadísticas Demográficas y Sociales - 1993 - Abril.
16. "ANALISIS CRITICO DE LA RED FLUVIOMETRICA NACIONAL I REGION" IRH - Ingeniería y Recursos Hidráulicos - Dpto. Hidrología D.G.A. - M.O.P. 1983 Septiembre.
17. "MAPA HIDROGEOLOGICO DE CHILE - ESCALA 1:2.500.000 D.G.A. M.O.P. - 1986 - Diciembre.
18. "ESTUDIOS DEL ORIGEN Y PROCESO SALINIZACION DE LAS AGUAS DEL RIO SAN JOSE - I REGION - CHILE" documento de Sintesis N° 1/92 Humberto Peña - Alberto Pollastri - Carlos Salazar - Rodrigo Gutiérrez D.G.A. - M.O.P. 1991 - Noviembre.
19. "EVAPORACION DESDE SALARES : METODOLOGIA PARA EVALUAR LOS RECURSOS HIDRICOS RENOVABLES - APLICACION EN LAS REGIONES I Y II" Dpto. de Hidrología - D.G.A. - M.O.P. (Publicación Interna SDEH 86/4 - 1986.)
20. "SITUACION DE RECURSOS HIDRICOS I REGION - FEBRERO, 1992" Servicio Agrícola y Ganadero - Dirección de Riego - D.G.A. Dpto. Hidrología - D.G.A. - M.O.P. 1992 - Marzo.
21. "OPERACION DEL MODELO DE SIMULACION DE RECURSOS HIDRICOS DEL VALLE DE AZAPA" - ANALISIS DE SITUACION HIDROLOGICAS EXTREMAS Y SU IMPACTO EN LOS RECURSOS SUBTERRANEOS" - Felix Pérez S. - Dpto. Hidrología - D.G.A. - M.O.P. - 1990 - Abril.
22. "ACTUALIZACION DE LA ESTADISTICA METEOROLOGICA - TEMPERATURAS DIARIAS" - BF Ingenieros Civiles - Dpto. Hidrología - D.G.A. M.O.P. 1991 - Febrero.
23. "CONVENIO DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS" Tte. Nestor Vera - Roberto Castillo - Regimiento Ing. Azapa - D.G.A. - U.T.A.
24. "ESTADISTICAS DE PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES ESTACIONES D.G.A. - PERIODO COMPLETO" - 1993 - Mayo (sin encuadernar)
25. "ESTRATIGRAFIAS DE POZOS N° D.G.A.-256, D.G.A.-258, D.G.A.-292, D.G.A.-315, D.G.A.-320.(Pedido por Sr. Murata, faltaría pozo D.G.A.-323)
26. "ANALISIS DE CALIDAD QUIMICA". (Texto encuadernado sin título)
27. INFORME GEOLOGICO POZO SOLEDAD No1 ENAP - Marzo 1987.
28. Plano con Ubicación de líneas sísmicas digitales zona norte #1.
29. Plano con ubicación de líneas sísmicas digitales zona norte #2.
30. Análisis Agua Sondaje ENAP Pampa Tamarugal Iquique.
31. MAP 1 : DIAGRAM OF GRAVITY BASES. CHILE HUNT OIL COMPANY. 1989

32. MAP 2 : BASE MAP WITH LOCATION OF GRAVITY STATIONS.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY. 1989
33. MAP 3 : BASE MAP WITH BOUGUER VALUES.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
34. MAP 3 : BASE MAP WITH BOUGUER VALUES - C.I. : 10 MGALS.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
35. MAP 4 : REGIONAL GRAVITY CONTOUR MAP.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
36. MAP 5 : BASEMAP WITH RESIDUAL VALUES.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
37. MAP 5 : BASE MAP WITH RESIDUAL VALUES - C.I. : 10 MGALS.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
38. MAP 6 : BASE MAP WITH ELEVATION VALUES.  
 ESCALA : 1 : 100,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
39. MAP 7 : BASE MAP WITH LOCATION OF GRAVITY STATIONS.  
 ESCALA : 1 : 250,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
40. MAP 8 : BASE MAP WITH BOUGUER VALUES.  
 ESCALA : 1 : 250,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
41. MAP 9 : REGIONAL GRAVITY CONTOUR MAP.  
 ESCALA 1 : 250,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
42. MAP 10 : BASE MAP WITH RESIDUAL VALUES.  
 ESCALA : 1 : 250,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
43. MAP 11 : BASE MAP WITH ELEVATION VALUES.  
 ESCALA : 1 : 250,000  
 CHILE HUNT OIL COMPANY 1989
44. ESQUEMA GEOLOGICO DE LA PROVINCIA DE ARICA.  
 AUTOR : MARINO P., MARIO. 1976  
 622.12/116
45. GEOLOGY, GEOMORPHOLOGY, AND PETROLEUM POSSIBILITIES OF THE EL  
 GODO AREA, IQUIQUE, CHILE. 1988  
 AUTOR : CECIONI, G. Y OTROS.  
 622.12/413

46. RECOFILACION DE LA INFORMACION GRAVIMETRICA ENTRE LOS PARALELOS. 20 Y 26 E INTERPRETACION DE ANOMALIAS RELEVANTES.  
AUTOR : JARA I., CARLOS. 1985  
622.1523/078
47. GRAVIMETRIA - PROSPECTO ALTIPLANO DE ARICA. INFORME DE INTERPRETACION.  
AUTOR : GIAVELLI I., ALDO. 1989  
622.1523/106-C
48. ALTIPLANO DE IQUIQUE PROJECT - GRAVITY SURVEY.  
AUTOR : CHILE HUNT OIL COMPANY 1992  
622.1523/124-C
49. "BIOLOGIA Y COMPORTAMIENTO DE LOS FLAMENCOS DEL SALAR DE SURIRE"  
Rosalindo palma Becerra - CONAF - Dirección Regional I Región, Ministerio de Agricultura, 1987.
50. "CONSERVACION DE LOS FLAMENCOS EN EL NORTE DE CHILE"  
Mario Parada Meyer - CONAF - Chile - New York Zoological Society, U.S.A. Septiembre, 1987.
51. "DIATOMEAS Y CYANOFTAS DE LAS LAGUNAS DEL SALAS DE SURIRE"  
Gana, E. Marinkovic. M.S. Melgarejo, J. Parada - Seminario de Título. Prof. Guía : Jorge Cruz B. - Universidad Arturo Prat - Dpto. de Educación y Humanidades - 1991.
52. "HABITOS ALIMENTARIOS DE PHOENICOPTERUS CHILENSIS (Molina 1782), PHOENICOPARRUS ANDINUS (PHILIPPI 1854), Y PHOENICOPARRUS JAMESI (SCLATER 1886) EN LAGUNAS CHILCAYA VIEJO, ROSADA Y RIO BLANCO DEL MOVIMIENTO NATURAL SALAR DE SURIRE (18° 50' Lat. Sur y 69° 23' Long. Oeste)"  
P. Gallardo, E. Rodriguez - Seminario de Titulo - Prof. Guia : Walter Sielfeld K. - Prof. Colab. : Liliana Herrera - Universidad Arturo Prat - Dpto. de Educación y Humanidades - 1992.





