ENVIRONMENTAL HEALTH PROJECT

# WASH Reprint: Field Report No. 405

Summaries of Feasibility Studies for
Wastewater Treatment Demonstration Projects
in Chile (in English and Spanish)

Fernando Hidalgo
Eduardo Adana

July 1993

Prepared for A.I.D./LAC/Health
A.I.D./RHUDO/South America, USAID/Chile
under WASH Task No. 385

Environmental Health Project
Contract No. HRN-5994-C-00-3036-00, Project No. 936-5994
is sponsored by the Bureau for Global Programs, Field Support and Research
Office of Health and Nutrition
U.S. Agency for International Development
Washington, DC 20523

## WASH and EHP

With the launching of the United Nations International Drinking Water Supply and Sanitation Decade in 1979, the United States Agency for International Development (USAID) decided to augment and streamline its technical assistance capability in water and sanitation and, in 1980, funded the Water and Sanitation for Health Project (WASH). The funding mechanism was a multiyear, multimillion-dollar contract, secured through competitive bidding. The first WASH contract was awarded to a consortium of organizations headed by Camp Dresser & McKee International Inc. (CDM), an international consulting firm specializing in environmental engineering services. Through two other bid proceedings, CDM continued as the prime contractor through 1994.

Working under the direction of USAID's Bureau for Global Programs, Field Support and Research, Office of Health and Nutrition, the WASH Project provided technical assistance to USAID missions and bureaus, other U.S. agencies (such as the Peace Corps), host governments, and nongovernmental organizations. WASH technical assistance was multidisciplinary, drawing on experts in environmental health, training, finance, epidemiology, anthropology, institutional development, engineering, community organization, environmental management, pollution control, and other specialties.

At the end of December 1994, the WASH Project closed its doors. Work formerly carried out by WASH is now subsumed within the broader Environmental Health Project (EHP), inaugurated in April 1994. The new project provides technical assistance to address a wide range of health problems brought about by environmental pollution and the negative effects of development. These are not restricted to the water-and-sanitation-related diseases of concern to WASH but include tropical diseases, respiratory diseases caused and aggravated by ambient and indoor air pollution, and a range of worsening health problems attributable to industrial and chemical wastes and pesticide residues.

WASH reports and publications continue to be available through the Environmental Health Project. Direct all requests to the Environmental Health Project, 1611 North Kent Street, Suite 300, Arlington, Virginia 22209-2111, U.S.A. Telephone (703) 247-8730. Facsimile (703) 243-9004. Internet EHP@ACCESS.DIGEX.COM.

2

WASH Field Report No. 405

# SUMMARIES OF FEASIBILITY STUDIES FOR WASTEWATER TREATMENT DEMONSTRATION PROJECTS IN THREE SMALL CITIES IN CHILE

## English and Spanish

Prepared for A.I.D./LAC/Health,
A.I.D./RHUDO/South America, USAID/Chile,
under WASH Task No. 385

by

Fernando Hidalgo
and
Eduardo Adana

July 1993

Water and Sanitation for Health Project
Contract No. DPE-5973-Z-00-8081-00, Project No. 936-5973
is sponsored by the Office of Health, Bureau for Research and Development
U.S. Agency for International Development
Washington, DC 20523

3

# RELATED WASH REPORTS

*Central America Regional Workshop in Alternative Approaches to Wastewater: San Salvador, July 12-16, 1993.* Prepared by Armando Balloffet and Alan Hurwitz. Field Report No. 414. (Forthcoming).

*Estudio de Factibilidad para un Proyecto de Tratamiento de Aguas Servidas en Calama, Chile.* Informe de Campo de WASH No. 405. Julio de 1993.

*Estudio de Factibilidad para un Proyecto de Tratamiento de Aguas Servidas en Curacavi, Chile.* Informe de Campo de WASH No. 405. Julio de 1993.

*Estudio de Factibilidad para un Proyecto de Tratamiento de Aguas Servidas en Panguipulli, Chile.* Informe de Campo de WASH No. 405. Julio de 1993.

*Water and Wastewater Demonstration Projects for Small Urban Areas in Chile.* Prepared by L. Fernando Requena and William B. Lord. Field Report No. 362. June 1992.

*Andean Regional Workshop on Alternative Approaches to Wastewater; Santiago, Chile; September 28-October 2, 1992.* Prepared by J. Ellis Turner and Alan Hurwitz. Field Report No. 394. March 1993.

*Technical Review of the Grenada Grand Anse Sewer Project.* Prepared by William Hogrewe and Fred Singleton. Field Report No 363. April 1992.

*Guidelines for Improving Wastewater and Solid Waste Management.* Prepared by Richard Andrews, William B. Lord, Larry O'Toole, and Fernando Requena. Technical Report No. 88. July 1993.

*Guidelines for Water Reuse.* Prepared by James Cook, David K. Ammerman, and Daniel Okun. Technical Report No. 81. September 1992.

# PREFACE

Chile's water resources have been extensively contaminated by municipal and industrial effluent. Several large-scale projects to control pollution in major urban centers and major industries are currently receiving assistance from the IBRD and the IDB, and the Chilean government is working to provide communities of all sizes with potable water free from bacterial contamination. Little is being done, however, to control improper wastewater discharges in smaller communities. Outside of the major urban sectors, it is a rare community that has the necessary sanitation facilities. This situation has negative impacts on the health of the community and also creates health and economic problems in the many areas where agricultural products are irrigated with untreated wastewater.

RHUDO/SA and USAID/Chile have provided the Government of Chile a $40 million Housing Guarantee loan for the development of, among other things, a number of demonstration projects to show how private initiative can solve the water quality problems for small urban and semi-urban communities throughout Chile. A main objective is to identify and implement technically advanced and cost-effective solutions appropriate to the diverse environmental conditions faced by these communities; e.g. in the northern desert, in the southern lacustre districts, in agriculturally active valleys, etc. A second objective is to demonstrate alternative wastewater management structures that might include a mix of public and private roles and responsibilities. A final objective is to identify and recommend legal and regulatory tools such as effluent taxes, effluent quality criteria and financial incentives that would contribute to effective pollution control

In February 1992, USAID/Chile requested technical assistance from WASH to develop the concept for the pilot projects and to develop scopes of work for follow-up pilot project feasibility studies. In March 1992, two WASH consultants travelled to Chile for a period of two weeks. Under the direction of USAID/Chile, the team made field visits to four cities where the potential pilot projects might be carried out. They made a visual inspection of municipal and industrial pollution and related activities such as irrigation with untreated sewage. The team also interviewed national and local level policy-makers and water and sewage managers.

In conjunction with USAID/Chile personnel, Chilean government employees at national and local levels, and potential local investors, the team developed a concept for demonstration projects in the provision of sewerage management for small urban and semi-urban communities in four diverse cities. The concepts included the goals and objectives of the pilot projects and the development of criteria that could be used by USAID in the prioritization and final selection and financing of the pilot projects. The criteria included a range of potential impacts such as health, economic, social and environmental (see WASH Field Report No. 362).

Based on the conceptual design, the team then developed scopes of work for the feasibility studies of each pilot project. The scopes of work included selecting appropriate technologies, preparing financial plans, designing cost recovery plans, assessing public and private institutional capabilities and requirements, and doing cost/benefits economic analysis.

USAID/Chile subsequently requested technical assistance from WASH to carry out the feasibility studies for three of the pilot project cities. With the assistance of INCO, a local Chilean environmental engineering firm, WASH carried out three feasibility studies in three separate cities: Calama, Curacavi and Panguipulli. These studies were carried out between July 1992 and April 1993. The following document provides an overall summary of the findings as well as a separate summary for each of the three feasibility studies. Both English and Spanish versions are contained in this document, separated by a blue divider page. Three separate documents each present the full report on the findings and recommendations for each of the cities. These are available (in Spanish only) from the WASH Project. To request a copy, please indicate WASH Field Report No. 405, and the name of the city: Calama, Curacavi, or Panguipulli. (see Related WASH Reports)

# CONTENTS

***English***

OVERALL SUMMARY . . . . . 1

FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT
IN CALAMA: EXECUTIVE SUMMARY . . . . . 7

FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT
IN CURACAVI: EXECUTIVE SUMMARY . . . . . 11

FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT
IN PANGUIPULLI: EXECUTIVE SUMMARY . . . . . 15

***Spanish***

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS SERVIDAS . . . . . 19

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS DE CALAMA . . . . . 27

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS DE CURACAVI . . . . . 33

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS DE PANGUIPULLI . . . . . 37

**FEASIBILITY STUDIES FOR WASTEWATER TREATMENT PROJECTS IN THREE SMALL CITIES IN CHILE**

# OVERALL SUMMARY

In Chile, lakes, groundwater, and marine water have been extensively contaminated by raw municipal and industrial wastewater. Many large-scale projects, funded by the World Bank and the Inter-American Development Bank, have been undertaken in the principle urban and industrial centers to manage this problem.

Potable water is available almost universally in Chile. The Government of Chile has effectively managed the provision of potable water to communities of all sizes and types, achieving a national coverage of 98.2 percent.

Little is being done in the area of wastewater treatment, however, especially in small communities, due to the scarcity of resources and limited budgets manifested by the current economic model in effect in the country. To address this problem, the U.S. Agency for International Development (USAID) is examining the private sector's willingness to resolve the problem of wastewater pollution in these communities. In addition to being technically feasible, it is hoped that the demonstration projects will prove to be economically, socially, environmentally and financially feasible as well. The localities selected for this endeavor are Calama in the north, Curacavi in the central zone, and Panguipulli in the south.

In the new structure of the water and sanitation sector for Chile, regional concessions have been generated for the production of potable water, its' distribution, the collection of wastewater and its final disposal. As part of this design, access is possible to any of the above-mentioned concessions by the private sector.

In March 1993, USAID asked the WASH Project to develop plans for wastewater demonstration projects for urban areas in Chile. This document outlines the results and conclusions obtained from feasibility studies that were completed in three cities of relative importance in Chile. The studies were developed through a subcontract with a Chilean firm, INCO. INGENIERIA DE CONSULTA Y CONSTRUCCION DE OBRAS LTDA.

The objectives of these studies are listed below:

- To establish treatment requirements which would comply with Chilean effluent standards taking into consideration contaminant load and flow for public sewer wastewater
- To find the most suitable alternatives for wastewater treatment in each city, using innovative as well as conventional approaches, and to identify that approach which offers the greatest environmental, economic, financial and institutional advantages. The alternatives selected should serve as general models which could be used in other parts of Chile.

alternatives selected should serve as general models which could be used in other parts of Chile.

- To develop preliminary designs for treatment plants incorporating design criteria, process staging, preliminary site selection, environmental protection, and other significant factors.
- To provide cost estimates for design, construction, and operation and maintenance of the treatment facilities
- To look for potential users of this treated water and to establish their ability and desire to purchase this new resource.
- To look for individuals or companies that are willing and able (in terms of skills and experience) to undertake the project in its entirety, including final designs, concession arrangements, financing capital costs, construction of installations, collection of tariffs for the wastewater treatment, selling the treated water, and paying off loans that have been incurred.
- To identify an institutional and regulatory framework for the project, laying out any restrictions that may threaten its success, and outlining procedures for gaining concessions, or any other arrangements for transferring wastewater treatment activities to the private agency executing the project.

The cities which are covered under this study are:

- Calama, in the northern region of Chile, an oasis known for its copper mining industry and its' extremely arid climate. Calama has a population of 120,000 (1992).
- Curacavi, in the central region of Chile, is an area where seasonal scarcity of water resources for irrigation makes wastewater reuse a plausible option. Curacavi has a current population of 12,000.
- Panguipulli, in the rainy southern region of the county, has 9,112 residents who discharge their wastewater into the once pristine Lake Panguipulli, particularly into Panguipulli Bay. The high potential for tourism development in the area is being threatened. In addition, the sale of treated water here may be a difficult problem.

The three studies were initiated by visits to the designated cities, gathering data on water supply, wastewater collection and discharge. The actual conditions of public services was examined as well as the probable evolution of future development. Samples of effluent from sewers were taken for laboratory analysis, and local authorities were interviewed to gain their perspective on current wastewater treatment plant limitations and how it has affected both the community and the environment. Inquiries were made about local entrepreneurs who are capable and available to undertake the project. Potential sites for water treatment facilities were surveyed; land costs and construction costs were studied; and an estimation of the potential market for treated water was made.



9

The next step was to analyze the field data and issue design parameters which account for population increases, wastewater output, timeframe analysis, and quality standards. On the basis of these parameters, wastewater treatment technology alternatives were formulated that satisfied the needs of each particular situation. A final decision was made after a cost-benefit analysis provided information on the alternative with the best economic performance.

The characteristic of each city and the wastewater solution selected are summarized below:

**CALAMA:** Some nontraditional solutions for wastewater treatment appear attractive due to the sunny, dry climate and the extensive availability of low-cost land. The solutions analyzed were land disposal, aquatic plants, anaerobic and filtration dams, with sedimentation in a brook bed. Some alternatives were eliminated due to the low yield of treated effluent which is not as desirable in such an arid area, and others were eliminated due to their experimental nature which would perhaps not render the guaranteed results that the Sanitary Services Agency would demand for granting concessions for wastewater treatment.

Among the more traditional alternatives under consideration were stabilization ponds followed by maturation ponds, which provide effluent treatment that meets the required quality standards. This solution, although a low-cost and low-maintenance option, is deficient due to the loss of water by evaporation. A better alternative is to put the primary anaerobic ponds together forming a staged anaerobic-facultative-maturation process. This was the final solution selected.

If a maximum amount of discharge is required for reuse, then oxidation ditches should be the alternative. This is the cheapest among the traditional systems considered.

Possible candidates for purchasing treated water are the copper processing installations, the desert farmers who currently use untreated water for their crops, and the same owners of the sewerage concession, the company ESSAN-CORFO, who are looking for methods of exchanging the unexploited wastewater resources for rights to potable water that is presently destined for crop irrigation.

The viable private agents who could undertake this project are (1) the company that already owns rights to the sewerage water which flows into the Quetena creek and is used in copper processing, and (2) the Agricultural Cooperative of Cerro Negro with the former showing the greatest potential. A third probable option would be a nongovernmental organization with a strong commitment to social issues.

**CURACAVI:** Curacavi is a small city which lies 48 km. west of Santiago. It is situated in a valley where three creeks merge into the Puangue River, a tributary of the Maipo River in its mid to lower course.

Curacavi's economy is based principally on agriculture and cattle; agricultural development is concentrated in the Puangue Valley, downstream from Curacavi, in the low lands irrigated by

highly contaminated water from Las Mercedes channel. The upper reaches of the valley are characterized by semi-arid soils which need additional water for irrigation purposes.

Curacavi had public services for potable water and sewerage under the administration of the Metropolitan Sanitary Works Company, EMOS S.A. There are 2,504 water connections but only 1,573 houses and buildings connected to the public sewerage distribution system. The rest of the houses, business, etc. have either septic tanks, latrines, or no form of excreta disposal. This is a limiting factor in the urban development since such on-site solutions can easily infiltrate the shallow underground water table. Raw wastewater from the sewerage system is pumped into the Puangue River at the current rate of 20 l/s. EMOS has no short-term plans for a treatment plant in Curacavi.

Facultative stabilization ponds would be the most effective option in terms of wastewater treatment costs. Using this method, the total unit cost for treatment would be US 0.14/$m^3$. This low cost, along with the legal framework which allows investors to earn a profit in exchange for services and wastewater treatment, should be sufficiently attractive to interest entrepreneurs in the project.

One possible candidate for management of this project is the Curacavi Agricultural Cooperative which has the skills and the potential to develop projects such as this. The organization has already expressed a preliminary interest in it.

**PANGUIPULLI:** This small city is situated in the extreme western corner of Lake Panguipulli, on the foothills that overlook the bay. The bay, which measures 5 miles long by 2 miles wide by 10 meters deep, receives little water recharge. The community has been serviced by a public water system that yields a maximum output of 42,000 $m^3$. Since 1975, a sewerage collection network has been in operation which discharges effluent directly into the lake. Three large septic tanks have been constructed to rectify this situation. This primary treatment solution fails to address the most significant wastewater challenges: fecal coliform reduction and nutrient removal. The loss of an attractive body of water for tourism development, recreational activities, and fishing and the drop in value of coastal property are the principle reasons for finding an effective solution for wastewater treatment. In addition, there is a small demand for pasture and fruit orchard irrigation.

The rustic natural beauty of Lake Panguipulli has lured many well-to-do businessmen and entrepreneurs who have invested in land around the lake and are deeply worried about its future. Some of these individuals are in fact interested in finding ways to end the current contamination of the lake, and are therefore primary candidates for undertaking a project like the one being proposed in this study.

The economic and technical analysis has indicated that the most appropriate solution would be to pump wastewater into stabilization ponds outside the Lake Panguipulli basin. This scheme would eventually permit the sale of treated water to farmers in those zones most affected by dry summers.



11

## CONCLUSION

The following table summarizes the most significant aspects of the treatment options selected for the three cities (monetary values are in U.S. dollars, and the operation costs are calculated for the end of the facility's life span):

**TABLE 1**

SUMMARY OF COSTS FOR TREATMENT PLANTS

| CITY: | CALAMA | CURACAVI | PANGUIPULLI |
|---|---|---|---|
| POND AREA (Ha) | 23 | 9 | 13 |
| CAPITAL INVESTMENT | $2,553,100 | $365,682 | $1,156,832 |
| OPERATION COST/M3 | $0.027 | $0.018 | $0.044 |
| ANNUAL VOLUME 1995 | 2,317,896 | 835,704 | 561,340 |
| ANNUAL VOLUME 2020 | 2,317,896 | 1,567,339 | 1,321,339 |

Throughout the process of investigation and elaboration of the three studies, it has become evident that key factors which will contribute to the success of these projects must be emphasized. These factors are:

1. Chile currently operates under a new legal structure for its sanitary sector that advocates autonomy of sanitary companies, regardless of whether they are private or state owned. Under this structure the state may grant any or all of the four concessions: production of potable water, its distribution, collection of wastewater, and treatment and disposal of wastewater. Financial risk for those who undertake such projects is significantly reduced by a system of tariffs for each type of concession based on development plans for each those concessions. These tariff schedules allow for capital recovery and operation and maintenance costs and provide a 7 percent minimum reimbursement for investment costs. A subsidized system is applied for low-income families that cannot afford the user fees which reflect the true cost of operation. This subsidy further reduces the financial risks to the investor.

2. The regulatory standards for wastewater treatment in Chile are quite liberal. The most significant piece of legislation in this area is Chilean Standard 1333, which establishes quality requirements based upon water use.

Some state agencies have issued specific policies with reference to the safe management of industrial wastes; however, it is likely that there will soon be an overall environmental statute that will provide for precise regulation, management and support.

3. The previously unified state agency for sanitary affairs has been divided into 13 independent semi-autonomous companies, geographically distributed throughout the country, while the planning and action functions have been almost completely transferred to CORFO, the agency for state development. Apart from these 13 companies indirectly owned by the state, there are a few private companies that actually operate under the legal framework previously in effect. This decentralization and greater autonomy at the local level has helped pave the way for privatization.

4. According to Chilean law, CORFO-owned companies are granted wastewater treatment concessions for those cities where a sewerage collection system of its own was in operation. If these systems were without a wastewater treatment component, it was understood that treatment would be considered in the company's development plan. However, these companies are under severe investment restrictions since their costs are part of the national fiscal budget which has been significantly restricted. Many projects have been deferred if they are considered less urgent, especially those located in cities considered of limited or little importance.

5. The lack of immediate response to wastewater treatment opens the doors of opportunity to whoever is seeking solutions to the mounting problems of urban development: health care, environmental damage, and water reclamation.

6. Each of the three cities studied has at least one private association with the necessary capacity to undertake the steps leading to a successful wastewater treatment project; it is quite likely that such groups could be found in other cities as well.

7. The legal structure for the proposed projects is clear and complete, with no unusual requirements for the applicants. Procedures have been established in an organized manner. CORFO's policies toward sanitary companies are a little different: although its policies do not prohibit agreements with private companies for the transfer of wastewater treatment concessions, there are indications of a reluctance to give up these concessions. In CORFO's case, agreements would be made to grant only construction of facilities and operation for a limited time; this is clearly a barrier to private investment which looks for guarantees of permanent concessions. A political decision will need to be forthcoming on this issue.

**FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT IN CALAMA**

# EXECUTIVE SUMMARY

## 1. BACKGROUND

To develop the feasibility studies, the following background work was completed:

- Visit to Calama to sample and assess the wastewater and the body of water which serves as the receptor of the wastewater, and to interview the following people:
  - Sub-Director of ESSAN, Dr. Ubaldo Arguillez
  - Governor of El Loa, Mr. Cesar Castillo, in the company of Senator Arturo Alessandri Besa. Mr. Besa showed particular interest in the topic due to the fact that a lawyer who is part of his firm represents a client with rights to the Quetena creek and its use (which is used as a discharge for Calama).
  - Superintendent of Fluids of CODELCO, Chuquicamata Division, Mr. Sergio Lizárraga.
  - President of the Farmer's Association of Cerro Negro, Mr. Anardo Díaz.
- Interviews took place in Santiago with the following individuals:
  - Superintendent of Sanitary Services, Mr. Eugenio Celedón Silva.
  - Director of the Association of Banking and Financial Institutions, Mr. Arturo Tagle Quiroz.
  - Legal Representative for Dr. Patricio Salas Montes who owns the rights to the Quetena creek, Mr. Agustin Salas Garcia-Huidobro
  - Executive Director of CODESOL, Mr. Ignacio Balbontin A., and person in charge of the Calama project, Mr. Hector Flores Gajardo.
  - Ex-official of CODELCO, Chuquicamata Division who is currently interested in implementing a project for water reuse in mining, Mr. Juan Barrientos Fuller.
- Meetings were held with:
  - George Deikun, Claude J.J. Bovet and Paul Fritz of AID.
  - Eduardo Perez of WASH
  - Fernando Requena of CDM Inc.

- Sergio Almarza Alamos and Daniel Suico Hernandez, Advisors to the Ministry of Housing and Urban Development (MINVU).
- Herman Herrera R., Sub-Director of Sanitary Administrations, and Hector Espinoza, engineer, of the Production Development Corporation (CORFO), which owns and manages 100 per cent of the sanitary administrations that previously depended on the state.

## 2. TECHNICAL SOLUTION RECOMMENDED

Both traditional and nontraditional methods for wastewater treatment were assessed, taking into consideration the extreme isolation of this zone and the large tracts of low-cost land. Specifically, land disposal, aquatic plants, anaerobic dams, and brook bed filtration-sedimentation were considered as option. Some methods were eliminated because there was little or no effluent yield, which was undesirable in this arid zone. Other options were eliminated due to their experimental nature which would not produce results that would satisfy the requirements of the Superintendent for Sanitary Services for transfer of concessions.

Among the most traditional options analyzed were facultative stabilization ponds, followed by maturation ponds, which would render an effluent of the quality required. This solution, although it is cheap and requires relatively little maintenance, risks substantial waster loss through evaporation. For this reason, it is suggested that a series of anaerobic - facultative - and maturation ponds be set up. If reclamation of all available water is desired, oxidation ditches should be considered as an alternative, the most economical of the conventional systems.

Stabilization ponds, despite the low water yield, are recommended for the following reasons:

- Low cost of investment
- Low cost of resource use
- If mining does not develop more than it has, little likelihood of the mines' increased demand for re-used water.
- Easier to construct in phases based on water sales (compared to the construction of oxidation ditches, which would need to be constructed in toto, regardless of demand).
- Usable as a water resource for both irrigation and mining (although in the latter case, other technologies could be employed to continue the mining industry's profitability.



15

## 3. IDENTIFIED PROJECTS

Two possible wastewater treatment and reuse projects have been identified with agents that have both the interest and capability of undertaking them:

- Reuse in Mining

  The first project is being evaluated by a group of private businessmen with the proven capacity to undertake such a project. The group is led by the owner of the water rights to Quetena Creek, with the support of BY-WATER, an English firm that specializes in water treatment equipment.

  This project would consist of treating water through the use of oxidation ditches and selling it, either to be used at CODELCO, the mineral processing plant (as it is outlined in the legal papers submitted for concession request of the water rights), or to deliver it to farmers in exchange for their fresh water rights on the Loa River, which in turn would be sold to CODELCO. The group of entrepreneurs is waiting for its own feasibility study and development of concrete offers for the purchase of wastewater before identifying a market.

  In addition, the credit guaranteed by USAID will not be necessary since the group is fully capable of financing the investment.

  The only obstacle that might impede the process is the difficulty of reaching an agreement with ESSAN about where the treated water is to be distributed. Officials of the company expressed their need to exchange reused water with farmers to gain legal rights to the Rio Loa which would be used to supplement the supply of drinking water for the Antofagasta-Tocopilla-Calama system.

  The social benefit that would come out of this project is that the sales of the treated water would pay for the costs that would typically be passed on to the public in the form of user fees.

  The environmental benefit is uncertain since sources of biological contamination would be replaced by toxic tail waters from mining, although it may be stored in dams, which constitutes environmental deterioration. In addition, water that is dammed up would evaporate, thus eliminating a water source for the San Salvador River which eventually feeds the Loa River.

  There would also be a negative environmental impact if the water was sold for mining use outside of the Calama (Chuquicamata) area. The impact would be less severe since the effluent would be transported to zones already substantially deteriorated which have some type of management in place to minimize the undesirable affects of industrial wastewater runoff

  The economic benefit is measured by its actual net value in 20 years of US $12.7 million, with an internal rate of return of 80 percent. As was mentioned earlier, these benefits

would increase by using oxidation ditches instead of stabilization ponds since less evaporation would occur.

The beneficiaries of the project would be the Santiaguan business group that undertake the project and those in Calama who are employed by the project.

- Agricultural Reuse

The maximum amount that farmers could pay for the treated water (US $0.07/m^3$) is much less than the minimum cost of the treated water (US $0.17/m^3$), which means that the other remaining US $0.10/m^3$ would have to be subsidized by ESSAN.

This project is interesting due to its implicit social and environmental benefit.

The farmers of Cerro Negro, initially identified as possible candidates for the development of the project, do not have the development capacity. Even the treatment plant they are constructing at the present time will fail to meet the standards established for irrigation reuse. Thus, their best chance is to become buyers of the reclaimed water from this project. CODESOL, a nonprofit nongovernmental organization, has also become interested in the project, making it attractive to bring in as the executive agent, with the consent of ESSAN. This would allow some of the reclaimed water to be exchanged for clean water to supplement the Antofagasta-Calama-Tocopilla system. The social benefit would come from resolving the irrigation problem for the farmers of Cerro Negro, while helping to lower the market price of produce grown and sold in Calama. This benefit is diminished, however, when the citizens of Calama begin to pay the cost for sewerage service (US $0.10/m3) for which they are currently paying nothing, which would in turn allow ESSAN to subsidize the farmer's use of treated wastewater.

The clear winners in this scenario are the farmers of Cerro Negro. Indirectly, the community of Calama benefits by receiving a better environment due to the reduction of contamination of the creek as well as the increase in irrigated farm land and lower market prices for produce.



17

**FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT IN CURACAVI**

# EXECUTIVE SUMMARY

## 1. BACKGROUND

Curacavi has in the past been considered a very old rural community; it has recently experienced a growth in urbanization, due to its proximity to Santiago, which is only 48 km away. It now has about 12,000 inhabitants. Population growth has brought new land utilization, primarily in the flood plains formed by the convergence of three creeks: Curacavi from the north, Zapata from the west, and Cuyuncavi from the northeast. These three tributaries merge to form the Puangue River which itself is a tributary of the Maipo River at mid-course.

Curacavi is situated about 200 m above sea level and 300 m below Santiago. The mountain ridges surrounding Curacavi do not exceed 2,000 m, so the creeks generally follow a rain pattern with high water levels during the rainy season and low levels during the dry season.

Curacavi's economy is based on agriculture and cattle raising, with most of the farming taking place in the valley formed by the Puangue River below Curacavi. This valley is irrigated by Las Mercedes channel. The channel receives its water from the Mapocho River which is highly contaminated with wastewater from Santiago. Above Curacavi, irrigation is poor and soils are dry. The main activity is poultry farming.

Future growth rates in the local population are considered to be moderate with annual rates of 1.6 to 1.9 percent. Based on these figures the area's population should reach 25,000 by the year 2025. It has also been estimated that at 38,000, Curacavi would reach the point of saturation.

## 2. SANITATION SITUATION

Curacavi relies on the Metropolitan Agency for Sanitary Works (EMOS S.A.) for its public drinking water and sewerage services. In 1992, there were 2,504 registered connections for water fed by three groundwater wells. However, there are only 1,573 sewerage connections. The rest of the homes, businesses, etc. rely on on-site sanitation solutions such as septic tanks and latrines which jeopardize the shallow underground water table. The wastewater from the sewerage system is pumped and discharged into the Puangue River. This untreated wastewater has a deleterious effect on the river which, upstream from Curacavi, is relatively free of contamination, supports aquatic life, and is used as a recreational resource.



18

Flow rates of the Puangue River at Curacavi range from 40 l/s to 90 l/s, while the pumped wastewater flow rate from Curacavi is 20.9 l/s. This factor clearly demonstrates the degree of contamination taking place. An even greater threat originating from Santiago is encountered farther down river. Untreated domestic and industrial wastewater from the capital is reused for agricultural irrigation. The runoff from this irrigation then enters the Mapocho River and ultimately ends up in the Puangue with its contaminants still intact. However, attempts are being made to rectify this situation through the construction of treatment plants for Santiago which would leave Curacavi as the sole polluter of the Puangue River.

An analysis of Curacavi's wastewater are summarized below:

CHARACTERISTICS OF CURACAVI'S WASTEWATER

| | |
|---|---|
| FLOW: | 20.9 l/s |
| BOD: | 118 mg/s |
| pH: | 7.2 - 7.8 |
| FECAL COLIFORM (N.M.P.): | $2.35 \times 10^7$ |

## 3. TREATMENT ALTERNATIVES

Three treatment options have been considered for Curacavi. All of them would require a US $25.1 million investment for upgrading the existing pumping station and relocating it outside the flood plains of the Puangue River. The cost of operation and maintenance at a proposed higher elevation would be between US $1.5 million and US $1.8 million, taking into consideration average sewerage flows. Treatment has been designed to meet wastewater quality regulations as required by Chilean Standard No. 1333 which puts a ceiling on coliform count at 1000/100 ml for agricultural irrigation, aquatic life, and recreational use. The wastewater treatment design incorporates flows based on increases in sewerage connections and takes into consideration maintenance needs to prevent groundwater infiltration.

The three treatment options considered are the following:

- Treatment through anaerobic stabilization ponds complemented by a deep pond in the form of a dam. This type of plant would follow the guidelines set by TAHAL for the Santiago Poniente Wastewater Treatment Plant currently under construction. Due primarily to the magnitude of the dam, this option would require a capital investment of US $765 million. In addition, it would yield only a modest increase in water output available for reuse in irrigation. For these reasons, this option is considered the least attractive of the three.

- Treatment in conventional anaerobic stabilization ponds with four primary units and two secondary units which would occupy 9 hectares of land. Property costs, design and construction of the treatment plant are estimated to reach US $155 million, with an additional annual cost of US $10.5 million for operation and maintenance.
- Oxidation ditches to be built in two phases. Phase one construction would begin in 1994 and would be operational in 1995. Phase two construction would begin in 2000. The cost of Phase one would be US $449 million and Phase two would be US$155 million. The costs for operation and maintenance would be somewhere between US $14.6 and US $16.2 million annually, depending on the flow. The biological treatment of the waste would be complemented with chlorination for disinfection, since the retention period within the ditch is not sufficient for total decomposition. In addition to the higher costs, chlorination of the effluent can be detrimental to certain crops, such as avocados.

## 4. RECOMMENDED OPTION

The most appropriate option for Curacavi from the solutions listed above is the traditional anaerobic stabilization pond. This option is supported by an economic evaluation which shows a cost of US $0.14 per cubic meter of water.

## 5. CANDIDATES TO UNDERTAKE THE PROJECT

As a result of the lack of initiative on the part of EMOS to provide wastewater treatment services, the municipality itself has taken action on its own. Curacavi has contracted the consulting firm Adenor to design stabilization ponds. The municipality intends to apply for government financing, provided that the project will be approved by EMOS. EMOS, for its part, has yet to approve the project and is particularly concerned with who will who will operate the plant. Currently, EMOS is conducting an overall study which would define EMOS's policies in terms of wastewater management for the greater Santiago area, including Curacavi. It is expected that the agency will be open to any solution put forward from maintaining the status quo to the complete privatization of all the concessions, either individually or by a consortium.

In terms of private agents capable of undertaking such a project, the Agricultural Cooperative of Curacavi was considered to have the necessary human and financial resources to attempt such a venture. It has already developed a refrigeration business for farm produce.

It should be emphasized that the current legal structure for the sanitation sector insures a complete return on investment through user fees to cover capital, operation and maintenance costs, and profit margin. State subsidies would reduce fee rates for those sectors of the population less capable of paying, thus diminishing any risk of refusal or inability to pay. Where there is sale of treated water to third parties, the law provides for payment of lower fees by users of the sewer service.

Finally, it should be noted that there is an established market for wastewater reuse in the immediate vicinity of the proposed treatment plant where the land is very dry. Sale of treated wastewater would supplement the waters of the Las Mercedes canal which are used by landowners in the lower valley. They do not currently receive an adequate amount of water from this source.



21

**FEASIBILITY STUDY FOR A WASTEWATER TREATMENT PROJECT IN PANGUIPULLI**

# EXECUTIVE SUMMARY

## 1. BACKGROUND

Panguipulli is a city of over 9,000 inhabitants located at the western corner of a bay of Lake Panguipulli. The bay is 5 miles long by 2 miles wide and has an average depth of 10 meters. The community sits atop a morainic deposit (glacier deposits of earth and stone) which has blocked any drainage of the lake on the west side. The lake discharges on the far eastern shore into Lake Riñue. Lake Panguipulli has limited circulation and a slow recharge. The climate is rainy and cold in the winter, and mild in the summer which makes it suited for agriculture, cattle, and forestry. The area's natural beauty provides a potential opportunity for tourism development. The growth in population over the past 40 years follows a linear pattern, with an annual growth rate in 1992 of 1.77 per cent. By the year 2015, the population should reach somewhere around 14,500.

## 2. SANITATION SITUATION

There are 1,446 connections to the water main in Panguipulli but only one third of its 2,000 houses, businesses, etc. are connected to the sewerage main. The rest have either septic tanks, latrines, or discharge directly into one of four creeks that pass through the city. The sewerage mains dump their discharge into three large septic tanks (cap.: 135m$^3$ per tank) located on the banks of the lake. The effluent from the tanks then overflows through two short steel pipes which hang over the coastal waters of the lake.

The total consumption of water in Panguipulli varies from 20,000 m$^3$/month (7.7 l/s) in the winter to 30,000 m$^3$/month (11.6 l/s) in the summer. The effluent flow of wastewater in the winter is 25 to 30 l/s which indicates a significant groundwater infiltration problem. Typical analysis of winter flows have shown the following concentrations:

| | DISCHARGE 1 | DISCHARGE 2 |
|---|---|---|
| DISCHARGE: | 25 l/s | 5 l/s |
| B.O.D. | 43 mg/l | 98 mg/l |
| S.S. | 200 mg/l | 297 mg/l |
| PHOSPHOROUS: | 0.7 mg/l | 2.4 mg/l |
| NITROGEN: | 25 mg/l | 32 mg/l |
| FECAL COLIFORM COUNT (M.P.N./100 m.l.) | $10^6$ | $10^6$ |

## 3. PRESENT CONDITION OF PANGUIPULLI BAY

The bay suffers from the direct sewerage discharges from the two septic tanks and the indirect discharges received from the four creeks that run through the city and ultimately empties into the lake. Presently, the adverse affects are the visually displeasing discharges into the bay, the loss of water clarity, plant and algae growth, offensive odors in and around the populated coastal area, and the presence of fecal coliform in concentrations higher than allowed for recreational waters (1000 F.C./100 ml) under Chilean Standard 1333. Despite this deteriorated condition, the price of coastal land in the bay area is still 10 times higher than that of agricultural and timber land in the vicinity.

What is happening in Panguipulli is similar to what has happened in the Argentinean city of San Martin de Los Andes, located 102 km. southeast of Panguipulli. The water of Poniente Bay, where San Martin is located, is now severely contaminated by wastewater that is being discharged into Lake Lacar. This has jeopardized the large infrastructure investment made to attract tourism.

## 4. SOLUTION ALTERNATIVES

Two general options are presented for wastewater treatment:

1) Treatment of effluent discharged into Lake Panguipulli that includes tertiary treatment to limit nutrient discharge.

2) Discharge of effluent outside of the lake's basin where the wastewater will be reused in irrigation for a category of agriculture which, according to Chilean Standard 1333, would require no treatment.

With the first option, two alternative have been considered. The first would use oxidation ditches which require a small area around the periphery of the city. The second alternative would employ the use of stabilization ponds situated atop the only flat lands around the bay, which is 3 km. east of the city. In both cases, nutrients would be removed by using specific compounds to enhance their precipitation.

In the case of the second option, a pump would be used to elevate the wastewater from the existing septic tanks, which would serve as sumps, to an area beyond the basin at an elevation 120 m. higher than the lake. The effluent would be discharged onto the upper reach of a creek belonging to the important Valdivia River basin.

## 5. RECOMMENDED OPTION

The second option is selected since the effluent would not become a source of contamination for the lake. This option would entail minimum use of valuable urban land, and it provides a simple solution which costs less than other options. The costs of the recommended option would be the following:

- Capital costs: 440 million pesos (US $1,157,000)
- Operational costs: 16.6 pesos/$m^3$ (US $0.44)

The inherent weakness in this option is the operational breakdown which may occur during power outages. This would be minimized, however, by the quality of service provided by the electrical grid. In any case, the other options would also depend on electrical power. The economic analysis also points to a profit margin of 26 percent, and advantage of using this option.

Due to the heavy infiltration of subsurface waters into the sewerage mains, it is highly recommended that these lines be repaired to reduce unnecessary hydraulic load. The savings that would result from the reduction in plant size is more than sufficient to finance the cost of repairs, and the savings in the costs of operation will subsequently improve the profit margin.

## 6. POTENTIAL AGENTS TO UNDERTAKE PROJECT

Currently, only one group exists which has the entrepreneurial enthusiasm and capacity to create a private company to take over the wastewater treatment concession and insure effective operation. The group is made up of wealthy landholders in the area. Other groups, such as public and community organizations, were also considered, but it was felt that they did not have the time or financial resources to commit themselves to such a project since they are currently trying to address other basic problems, such as housing and employment.

The project's success will be greatly enhanced if ESSAL, the regional water and wastewater company, agrees to transfer the four concessions (water production, distribution, wastewater collection, and treatment) as one package. To increase the efficiency of services for such a small city, it makes sense that these services be unified under one authority. In spite of this issue, the current legal framework for the sanitation subsector ensures any group that can undertake this project complete cost recovery for capital investment, operational costs, and an adequate profit through the use of tariffs. A state subsidy mechanism would ensure that the poorer sectors of the population would be served without financial cost to the concessionaire.

INCO LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

CDM
environmental engineers, scientists, planners, & management consultants.

WATER AND SANITATION FOR HEALTH PROJECT

WASH

Sponsored by the U.S. Agency for International Development
Operated by CDM and Associates

# PROYECTOS DEMOSTRATIVOS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS SERVIDAS PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES URBANAS EN CHILE

## ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

## CALAMA – CURACAVI – PANGUIPULLI

## RESUMEN EJECUTIVO – EXECUTIVE SUMMARY

Román Díaz 1937 - Teléfonos / Fax: (562) 2041522 - 2096433 - 2239426 - Ñuñoa - Santiago 11 - Chile

25

Inco LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

WATER & SANITATION FOR HEALTH PROJECT
U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

WATER & SEWAGE DEMONSTRATIVE PROJECTS
FOR SMALL URBAN COMMUNITIES IN CHILE.

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente documento se refiere a los resultados y las conclusiones obtenidas en el desarrollo de los estudios de factibilidad realizados para tres ciudades de importancia en Chile, cuyos objetivos eran como se indica a continuación:

* Establecer requerimientos de tratamiento, en relación a caudales y carga contaminante, para los efluentes de alcantarillados públicos, necesarios para cumplir los requerimientos de normas Chilenas.

* Encontrar las alternativas más convenientes para tratamiento de aguas servidas en cada ciudad, observando enfoques tanto innovadores como convencionales, y seleccionar entre esos los que presenten las mejores ventajas institucionales, ambientales, financieras y económicas. Las alternativas seleccionadas deberían ser estructuradas en tal forma como para ser tenidas como un modelo a ser duplicado en otras partes en Chile.

* Desarrollar los diseños preliminares de plantas de tratamiento, involucrando criterios de diseño, disposición de procesos, selección preliminar de sitio, protección ambiental, y trabajos complementarios diversos: la provisión eléctrica, conexiones hidráulicas, estaciones de elevación mecánica.

* Producir estimaciones de costos para diseños, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de tratamiento.

* Buscar clientes potenciales para agua tratada, y establecer su disposición para pagar por este recurso nuevo.

Román Díaz 1937 - Teléfonos / Fax: (562) 2041522 - 2096433 - 2239426 - Ñuñoa - Santiago 11 - Chile

* Buscar a individuos o compañías con la voluntad, las destrezas y probadas capacidades para emprender la tarea de ejecutar el proyecto en su totalidad, incluyendo diseños finales, los arreglos de concesión, acopio de capitales, construcción de instalaciones, cobrando las tarifas de tratamiento de las aguas servidas y ofertando agua tratada agua para la venta, y el pago posterior de préstamos en que se haya incurrido.

* La identificación del marco institucional y regulador para el proyecto, reportando cualquiera restricción que pudiera amenazar su éxito, y planteando los procedimientos para conseguir concesiones o cualquiera otra forma de arreglo a fin de lograr la cesión de la actividad de tratamiento de las aguas servidas al gestor privado que realiza el proyecto.

Las ciudades dentro del alcance en este estudio son:

* Calama, en el área norteña de Chile, un oasis renombrado por su industria de minería del cobre y su ambiente altamente árido, con una población de 120000 habitantes en 1992.

* Curacavi, en el área Central de Chile, donde la escasez estacional de agua de riego hace el reuso de tratada aguas servidas factible; su población es actualmente próxima a 12000 habitantes.

* Panguipulli, en el sur lluvioso, donde 9112 habitantes descargan sus aguas servidas, en diversos modos, al una vez incontaminado lago Panguipulli y en particular a la bahía de Panguipulli, haciendo así peligrar su potencialidad alta de desarrollo del turismo; la comercialización de agua tratada agua en esta área es un punto difícil.

Los tres proyectos han comenzados con viajes a las ciudades bajo estudio, recolectando datos sobre su abastecimiento de agua y recolección y disposición de aguas servidas como sistemas públicos, su condición real y la probable evolución de su desarrollo futuro, recogiendo muestras de efluentes de alcantarillado para el análisis de laboratorio, entrevistando funcionarios y autoridades locales a fin de conocer sus puntos de vista sobre qué alcance tiene la carencia de plantas de tratamiento de aguas servidas y cómo se afecta a las comunidades y el ambiente, indagando por empresarios locales capaces y dispuestos para abordar los proyectos, haciendo reconocimientos de sitios potenciales para instalaciones de tratamiento de agua, así como una averiguación del costo local de suelo y los costos de construcción relacionados, y una evaluación de compradores potenciales para agua tratada.

El próximo paso ha sido analizar los datos de campo reunidos, y emitir los parámetros de diseño que se refieren a las expectativas de crecimiento de la población, producción de aguas servidas, horizonte de tiempo para el análisis, y los patrones de calidad a ser observados; con base en estos supuestos, se han formulado las alternativas técnicas para tratamiento de las aguas servidas que serían satisfactorios para cada situación particular. Una decisión final ha sido hecha después de un análisis de costo-beneficio para seleccionar la alternativa con el mejor desempeño económico.

El enfoque particular para cada conglomerado urbano destaca los aspectos siguientes:

* CALAMA. Algunas soluciones no tradicionales de tratamiento de aguas servidas parecieron atractivas observando la radiación solar alta que predomina en Calama, y la disponibilidad extensa de suelos de bajo costo. Las soluciones analizadas han sido la disposición terrestre, plantas acuáticas, diques anaeróbicos y filtración - sedimentación en el lecho receptor del arroyo, descartando algunos de ellos porque reducen significativamente el efluente, lo que es inconveniente en esta área árida, y otros debido a su carácter experimental que impide que se garanticen los resultados exigidos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios para otorgar concesiones de tratamiento de aguas servidas.

Entre las alternativas analizadas más tradicionales se ha considerado las lagunas de estabilización seguidas por lagunas de maduración, que rinden la calidad de efluentes acorde con los patrones requeridos. Esta solución, si bien su costo es bajo y tiene poco requerimiento de mantenimiento, es deficiente en cuanto pierde una cantidad importante de el agua por la evaporación. Una mejora es alcanzada agregando lagunas primarias anaeróbicas, formando así una serie Anaeróbica - Facultativa - Maduración, siendo esta la solución final recomendada.

En el caso que de requerirse el reuso del máximo de agua disponible, deberá plantearse la alternativa de zanjas de oxidación, que es lo más barato entre los sistemas convencionales.

Respecto de compradores potenciales para agua tratada, los candidatos posibles son las instalaciones de procesamiento de cobre, y los granjeros del desierto actualmente utilizando aguas servidas crudas para sus plantaciones, y el mismo propietario de los líquidos cloacales, la empresa ESSAN de CORFO, quien busca los medios de canjear los recursos no explotados de aguas servidas tratadas por derechos nuevos para agua potable hoy destinados para riego de cultivos.

Los gestores privados viables que pueden emprender el proyecto son la compañía que ya tiene derechos sobre aguas cloacales eventuales corrientes en la quebrada de Quetena para el proceso de mineral de cobre, y la Cooperativa Agrícola de Cerro Negro, con el primero mostrando una potencialidad más fuerte. Una tercera instancia probable es una Organización No Gubernamental con un compromiso fuerte en asuntos sociales.

* CURACAVI. Curacavi es una ciudad pequeña a sólo 48 Km. al oeste de Santiago, en un valle cruzado por tres riachuelos que convergen en el río Puangue, un tributario del río Maipo en su curso medio / inferior.

La actividad económica de Curacavi es principalmente la agricultura y la ganadería; el desarrollo agrícola está concentrado en el valle del Puangue, río abajo desde Curacavi, en los suelos bajos regados por el altamente contaminado Canal Las Mercedes. Los terrenos en la parte superior del valle abundan en suelos semiáridos, y hay demanda de agua adicional.

Curacavi tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado bajo la administración de la Compañía Metropolitana de Trabajos Sanitarios, EMOS S.A., con 2504 conexiones de agua y sólo 1573 casas y edificios conectados a la red pública de alcantarillado. Este es un factor limitante para el desarrollo urbano en este valle con una napa freática superficial en sus terrenos. El caudal de aguas servidas crudas es bombeado al río Puangue en un valor actual de 20 l / s, y EMOS no tiene planes a corto plazo para una planta de tratamiento en Curacavi.

Las lagunas de estabilización facultativas han mostrado ser el medio más efectivo en términos de costo para tratar las aguas servidas, con un costo unitario total de US $0,14 por el metro cúbico. Este costo, y el marco legal que permite a los inversionistas una ganancia a partir de su compromiso para proveer servicios e instalaciones de tratamiento, deben ser el atractivo suficiente para interesar a empresarios privados para emprender este logro.

Un candidato posible para este fin es la Cooperativa Agrícola de Curacavi, con destrezas y potencialidad para desarrollar proyectos como este uno, y cuyo interés ya ha sido preliminarmente afirmado.

* PANGUIPULLI. Esta ciudad pequeña está situada en el extremo oeste del lago Panguipulli, sobre las colinas que cierran una estrecha y larga bahía poco profunda, con una renovación muy escasa de agua. Tiene abastecimiento público de agua potable proporcionado durante largo tiempo, y su rendimiento alcanza a 42000 metros cúbicos como un máximo, pero es sólo en 1975 que un sistema de recolección alcantarillado es construido, resultando en que una gran cantidad de nutrientes se descargó al lago. Un intento para arreglar este problema se ha hecho por medio de tres enormes tanques sépticos, pero la eficiencia de estos se ha mostrado claramente pobre en la remoción de los parámetros más pertinentes: recuento de coliformes y remoción de nutrientes. La pérdida del cuerpo de agua lacustre para el desarrollo de turismo, así como actividades recreativas y de pesca, y la pérdida del valor de propiedades costeras, son las razones principales para buscar una solución efectiva para tratamiento de las aguas servidas. De hecho, hay un grado pequeño de demanda para el riego de frutales y empastadas en veranos secos, pero su importancia es de segundo orden.

La belleza silvestre del lago Panguipulli ha tentado a muchos comerciantes y empresarios acaudalados, quienes han comprado terrenos alrededor el lago y están preocupados hondamente sobre su futuro sombrío. Alguna de esa gente son las personas de hecho más interesadas para abordar una solución para terminar la contaminación actual del lago, lo que los hace gestores principales para emprender un proyecto como el que está desarrollado en este estudio.

El análisis económico y técnico ha señalado la conveniencia de seleccionar una solución involucrando un bombeo importante de aguas servidas para ser tratado en lagunas de estabilización fuera de la cuenca del lago Panguipulli, proveyendo un futuro seguro para la condición de la bahía de Panguipulli. Este proyecto permite eventualmente vender agua tratada agua a granjeros en la zona de la divisoria de aguas, la más expuesta a sequías de verano.

La tabla siguiente resume los resultados más significativos para las plantas de tratamiento de aguas servidas seleccionadas para las ciudades; las cifras están en US $, y los costos de operación son calculados al final del ciclo de vida de las instalaciones:

TABLA 1.- RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.

| CIUDAD: | CALAMA | CURACAVI | PANGUIPULLI |
|---|---|---|---|
| AREA DE LAGUNAS (Ha) | 23 | 9 | 13 |
| INVERSIÓN DE CAPITAL | $ 2,553,100 | $ 365,682 | $ 1,156,832 |
| COSTO OPERACIÓN/M3 | $ 0.027 | $ 0.018 | $ 0.044 |
| VOLUMEN ANUAL 1995 | 2,317,896 | 835,704 | 561,340 |
| VOLUMEN ANUAL 2020 | 2,317,896 | 1,567,339 | 1,321,339 |

Al desarrollar los tres estudios, varios hechos han mostrado la necesidad de ser enfatizados, por representar factores claves en el éxito de estos proyectos, y son los siguientes:

1.- Chile tiene actualmente una estructura legal nueva para su sector sanitario que propende a compañías sanitarias independientes, privadas o del Estado, otorgando el Estado cualquiera o todas de las cuatro concesiones relativas a producción de agua potable, su distribución, recolección de aguas servidas , y tratamiento de aguas servidas y su disposición final; una condición financiera segura para estas compañías es mejorada por un sistema de tarifas para cada tipo de concesiones, con base en planes de desarrollo para cada instalación, y con cargos previstos para permitir la recuperación de capital, cubrir los costos operacionales y costos de mantenimiento, y una rentabilidad de 7% mínima para retribución al capital de inversión. Un sistema de subvenciones es aplicado a las familias de bajos ingresos que no pueden afrontar el pago de tarifas que reflejan costos reales, evitando así problemas financieros a las compañías con este origen.

2.- Las normas reguladoras para tratamiento de aguas servidas son la de poca estrictez, y es la referencia más importante la Norma Chilena 1333, que apunta primariamente a los requisitos para diferentes usos de agua.

Algunas agencias estatales han emitido políticas particulares, generalmente en la búsqueda de un manejo seguro de desechos industriales, pero es esperable que una ley ambiental será pronto estatuida con una más precisa regulación y respaldo.

3.- La anterior agencia estatal única para asuntos sanitarios ha sido dividida en 13 compañías independientes, geográficamente distribuidas a lo largo del país, y su propiedad accionaria está casi completamente transferida a CORFO, la agencia estatal de desarrollo. Aparte de estas 13 compañías indirectamente poseídas por el estado, hay algunas compañías privadas que actualmente se desempeñan bajo el marco legal previamente descrito.

31

4.- Según el derecho, las compañías de propiedad de CORFO detentan las concesiones de tratamiento de las aguas servidas para esas ciudades donde un sistema de recolección de alcantarillado de su propiedad estaba en servicio al dictarse la ley, con o sin instalaciones de tratamiento, con un entendido para el segundo caso que una debida consideración a este problema debería ser hecha en sus programas de desarrollo. Pero esas compañías están actualmente bajo restricciones severas en sus programas de inversión, ya que sus gastos son incluidos en el presupuesto fiscal, fuertemente restringidos por la autoridad fiscal. Esto resulta en diferir inversiones en los proyectos menos urgentes de tratamiento, específicamente los de ciudades de importancia media y pequeña.

5.- Esta carencia de acción rápida en tratamiento de aguas servidas abre oportunidades a cualquiera buscó para la solución a los problemas que surgen para el desarrollo urbano, la protección de salud, deterioro ambiental, y provisión de agua de reuso.

6.- Cada una de las tres ciudades bajo estudio tiene al menos una asociación privada de gente con las capacidades necesarias para emprender las tareas conducentes al buen éxito del proyecto; es esperable que grupos similares puedan ser encontrados en muchas otras ciudades.

7.- La estructura legal para los proyectos planteados es clara y completa, y no hace requerimientos inusuales para los solicitantes. Los procedimientos han sido establecidos de una manera ordenada. Algo diferente es la situación que muestra CORFO actualmente en sus políticas sobre sus compañías sanitarias: aunque no hay objeción formal a los acuerdos a ser logrado con empresarios privados a fin de traspasarles las concesiones de tratamiento de aguas servidas, hay indicios de que la conservación de la propiedad de las concesiones es deseable para CORFO, y en este caso tales contratos serían referidos sólo a la construcción de instalaciones de tratamiento y su operación por un tiempo fijo, en términos de un acuerdo de gestión; este es claramente un freno para inversionistas privados, quienes buscan en concesiones permanentes una garantía para su negocio. Una decisión política clara debe ser hecha sobre este punto.

8.- Otro punto pertinente es el hecho que la factibilidad financiera de las compañías de tratamiento de aguas servidas para ciudades pequeñas tienen un claro inconveniente en su tamaño, por lo que es altamente conveniente que las cuatro concesiones relativas a las instalaciones sanitarias sean otorgadas a un concesionario único; esto beneficiará finalmente a los clientes con tarifas totales inferiores gracias a un volumen más eficiente de negocio.

SANTIAGO, ABRIL 1993.

WATER & SANITATION FOR HEALTH PROJECT
U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

# PROYECTOS DEMOSTRATIVOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES URBANAS EN CHILE.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
## TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE CALAMA

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

Los recursos de agua de Chile, lacustres, fluviales, subterráneos y marinos han sido, en general, contaminados por vertimiento de efluentes municipales e industriales sin tratamiento.

Muchos proyectos a gran escala para controlar la polución en los principales centros urbanos e industrias mayores están recibiendo, corrientemente, ayuda del BIRD (Banco Internacional para la reconstrucción y el Desarrollo) y del BID (Banco Interamericano para el Desarrollo).

El gobierno Chileno ha abordado eficientemente el campo del abastecimiento de agua potable a comunidades de todo tamaño y tipo, habiéndose logrado una cobertura del orden del 98,2%.

Debido a la escasez de recursos y a limitaciones presupuestarias impuestas por el modelo económico vigente en el país, poco se está haciendo, en cambio, por el tratamiento de las aguas servidas, especialmente en las comunidades mas pequeñas.

La Agencia Internacional para el Desarrollo (de los Estados Unidos de N.A.) (U.S.A.I.D.), dentro de su proyecto WASH, está financiando estudios de factibilidad y proveyendo las garantías a los préstamos para tres proyectos que demuestren como la iniciativa privada puede resolver los problemas de contaminación en esas comunidades.

Los proyectos deben ser factibles desde los puntos de vista económico, social, ambiental, técnico y financiero.

Las tres localidades seleccionadas para esos fines son Calama, en el norte, Curacaví en la zona central y Panguipulli en el sur del país.

Por otra parte, la nueva estructura del subsector sanitario del país genera la existencia de concesionarios para la producción de agua potable, su distribución, la recolección de las aguas servidas y su disposición final y posibilita el acceso de particulares a cualquiera de las cuatro concesiones.

Los estudios de factibilidad están siendo desarrollados por **CAMP DRESSER & McKEE INTERNATIONAL INC.**, a través de un subcontrato con la empresa local **INCO. INGENIERIA DE CONSULTA Y CONSTRUCCION DE OBRAS LTDA.**

El presente texto corresponde al informe definitivo del estudio de factibilidad del tratamiento de aguas servidas de CALAMA.

**ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA DAR FORMA A ESTE ESTUDIO.**

El presente estudio se apoya en :

* Visita a Calama con aforo y muestreo de las aguas servidas y del curso receptor y entrevistas en Calama con

  - Sub Gerente de ESSAN, Dn Ubaldo Arguellez,

  - Gobernador de El Loa Sr. Cesar Castillo, con presencia del Senador Sr. Arturo Alessandri Besa, quién se mostró particularmente interesado en el tema debido a que el abogado que representa al poseedor de los derechos de aprovechamiento de agua de la quebrada de Quetena ( que provenien de las aguas servidas de Calama) pertenece a su bufette.

  - Superintendente de Fluidos de CODELCO Chile División Chuquicamata, Sr. Sergio Lizárraga

  - Sr. Anardo Díaz, Presidente de la Asociación de Agricultores de Cerro Negro.

* Entrevistas en Santiago con

  - Superintendente de Servicios Sanitarios, Sr Eugenio Celedón Silva.

  - Gerente de la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras, Sr. Arturo Tagle Quiroz.

  - Abogado Sr. Agustín Salas García-Huidobro, representante legal de Dn. Patricio Salas Montes, poseedor de los derechos de aguas servidas en la quebrada Quetena.

- Sociólogo Ignacio Balbontín A., Director Ejecutivo de CODESOL y Héctor Flores Gajardo, de la misma corporación quién tiene a cargo el proyecto de Calama.

- Ingeniero Juan Barrientos Fuller, ex funcionario de CODELCO Chile División Chuquicamata e interesado en implementar un proyecto de reuso de aguas en minería.

* Reuniones de trabajo con

- George Deikun, Claude J.J.Bovet y Paul Fritz de la U.S.A.I.D.
- Eduardo Pérez de WASH
- Fernando Requena de CDM Inc.
- Sergio Almarza Alamos y Daniel Sunico Hernández, Asesores del Ministro de la Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- Hernán Herrera R., Sub Gerente de Empresas Sanitarias y Hector Espinoza, Ingeniero, de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), propietaria del 100 % de las acciones de las Empresas Sanitarias que dependían anteriormente del estado.

**SOLUCION TECNICA RECOMENDADA.**

Se analizaron soluciones no tradicionales que aparecían como atractivas considerando la gran insolación de la zona y la gran extensión de terrenos de bajo costo, específicamente disposición en tierra, plantas acuáticas, embalse anaeróbico y sedimentación filtración en la quebrada, desechándose algunas porque no producen efluente, lo que se considera inconveniente en la zona y otras porque su carácter experimental no permite asegurar los resultados que la Superintendencia de Servicios Sanitarios exigirá para entregar la concesión de tratamiento.

Entre las alternativas mas tradicionales se analizaron las lagunas de estabilización facultativas seguidas de lagunas de maduración para llevar el efluente a la calidad fijada como requisito. Esa solución, si bien es económica y de fácil mantención, tiene el defecto de perder una parte importante del agua por evaporación, por lo que se planteó mejorarla agregando lagunas primarias anaeróbicas, de modo de constituir un sistema en serie Anaerobio-Facultativo-Maduración, que es en definitiva el sistema recomendado.

Ante la posibilidad de querer aprovechar la totalidad del agua, se planteó la alternativa de zanjas de oxidación, que es el mas económico de los sistemas convencionales.

Las razones para usar en el estudio los costos del sistema de lagunas de estabilización a pesar de que produce menos agua son :

- Menor costo de inversión

- Menor costo de explotación

- Aún no se ha producido la expansión de la minería por lo que la disposición a pagar por el agua todavía es baja.

- Mayor facilidad que las zanjas de construir en etapas modulares según la capacidad de venta de agua.

- Facilita el reuso en riego, sin inhabilitar el reuso en minería ya que, en ese caso, el proyecto podría desarrollarse con otra tecnología y sigue siendo rentable.

PROYECTOS IDENTIFICADOS.

En definitiva se identificaron dos proyectos posibles que cuentan con agentes de gestión interesados y capaces de desarrollarlo:

- **Reuso en minería.**

  Este proyecto está siendo evaluado por un grupo de empresarios privados de comprobada capacidad de gestión liderados por el poseedor de los derechos de agua en la Quebrada de Quetena, con el apoyo técnico de BY-WATER, empresa Inglesa especializada en equipos para el tratamiento de aguas.

  Su proyecto consiste en tratar las aguas mediante zanjas de oxidación y venderla, ya sea para que sea usada al pie de la planta en el procesamiento de minerales (así está planteado en el otorgamiento del derecho de aprovechamiento del agua), para ser transportada al reuso o para entregarla a los agricultores canjeando derechos de agua en la cordillera, los que se venderían a CODELCO. En realidad el mercado no está identificado aún, por lo que este grupo no ha tomado la decisión de desarrollar el proyecto a la espera de su propio análisis de factibilidad y de la concreción de las ofertas de compra del agua tratada.

  Tampoco es vital para ellos contar con el crédito auspiciado por la U.S.A.I.D. debido a que el grupo mismo está en condiciones de financiar la inversión

El único obstáculo que pudiera demorar o impedir el desarrollo de este proyecto es la probable imposibilidad de llegar a acuerdo con la ESSAN en lo que se refiere al destino final de las aguas tratadas, ya que personeros de esa empresa plantearon la necesidad de canjear esas aguas a agricultores para obtener derechos en la cordillera, cuyo destino sería el abastecimiento de agua potable del sistema Antofagasta-Tocopilla-Calama.

El beneficio social de este proyecto es que permitiría no cobrar al usuario la tarifa de tratamiento.

El beneficio ambiental es discutible, porque reemplazará un vertimiento con contaminación biológica degradable por relaves tóxicos que, si bien pueden almacenarse en embalses, constituyen un deterioro ambiental. Además, el agua después de usada sería embalsada para su evaporación, con lo que se pierde como aporte al río San Salvador y, en último término al río Loa.

También se pierde en el caso que el agua fuera vendida para uso minero fuera del área de Calama (Chuquicamata), pero el deterioro ambiental es menor porque se traslada a zonas ya deterioradas y con algún tipo de manejo para minimizar los efectos nocivos producidos por el vertimiento de residuos industriales líquidos.

Definitivamente, mirado desde esta perspectiva, el proyecto no cumple con los fines del proyecto WASH.

El beneficio económico de este proyecto se mide por su **Valor Actualizado Neto en 20 años, de 12.7 millones de US$**, con una **Tasa Interna de Retorno de 80 %**, como se dijo, los beneficios aumentarían si se usa la tecnología de zanjas de oxidación.

**Los beneficiarios del proyecto serían el grupo de empresarios** santiaguinos que lo está abordando y los pocos habitantes de Calama que obtengan del proyecto su fuente de trabajo.

- Reuso agrícola

Definitivamente la máxima disposición a pagar por el agua de los agricultores (us $0.07/m3) está muy por debajo del costo mínimo del agua tratada (us$0.17/m3) por lo que **este proyecto sólo es factible si la ESSAN cobra y traspasa al concesionario de tratamiento la tarifa necesaria (US$0.10/m3)**. Este proyecto se hace interesante por el beneficio social y ambiental que conlleva.

Los agricultores de Cerro Negro, identificados primariamente como posibles agentes de desarrollo del proyecto, no tienen capacidad de gestión y la planta de tratamiento que están empezando a construir no les permitirá, por razones técnicas, regar hortalizas con el efluente. Por lo anterior, la mejor posibilidad de reusar las aguas que ellos tienen es pasar a constituirse en clientes de este proyecto. Por otra parte, CODESOL, Organización No Gubernamental sin fines de lucro, ha mostrado interés en el proyecto, por lo que resulta atractivo incorporarlo como agente ejecutor, en acuerdo con la ESSAN, que requiere incorporar nuevos recursos hídricos para el abastecimiento futuro del sistema Antofagasta-Calama-Tocopilla y que recibiría el resto de las aguas para usarlas con ese fin. El beneficio social resulta al resolver parcialmente el problema de abastecimiento de agua de bebida y el de subsistencia de los agricultores de Cerro Negro, ayudando a bajar el precio del mercado hortícola en Calama. Por otra parte ese beneficio se ve disminuido al gravar a los usuarios del alcantarillado con una tarifa de us$ 0.10/m3 que, si bien está establecida legalmente, ahora no se está cobrando. El beneficio ambiental resultante es positivo ya que si bien la quebrada disminuirá su caudal, no quedará seca y el agua que en ella se vierta será tratada, volviendo a la situación natural original.

Los beneficiarios directos en este caso son los agricultores de Cerro Negro . Indirectamente se benefician todos los habitantes de Calama, que obtienen un ambiente mejorado, tanto por la menor contaminación de la quebrada como por el aumento del área regada, y disponibilidad de hortalizas frescas a menor precio.

WATER & SANITATION FOR HEALTH PROJECT
U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

# PROYECTOS DEMOSTRATIVOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES URBANAS EN CHILE

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
## TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI

## CAPITULO I.- RESUMEN EJECUTIVO.

---

### 1.- INTRODUCCIÓN.-

Curacaví es una antigua localidad rural que, gracias a su proximidad de sólo 48 Km. a Santiago, ha experimentado una creciente urbanización, aproximándose ya a los 12000 habitantes, con un aprovechamiento de los terrenos planos formados por los rellenos fluviales de los esteros que escurren en las tres quebradas que confluyen en el emplazamiento de la localidad: Curacaví desde el norte, Zapata desde el poniente, y Cuyuncaví desde el nor-oriente. Los cauces indicados dan origen al estero Puangue, que es afluente al río Maipo en su curso medio-inferior.

La elevación sobre el nivel del mar bordea los 200 metros, y esto es 300 m. inferior a la elevación de Santiago; las cumbres del valle no superan los 2000 m., por lo que los regímenes de los esteros son netamente pluviales, con importantes crecidas en invierno y mínimo escurrimiento al final del estío.

La actividad económica de Curacaví es esencialmente agrícola y pecuaria; la explotación agrícola está concentrada en el valle del estero Puangue, aguas abajo de Curacaví, en los terrenos bajo riego del canal Las Mercedes, que traspasa aguas del río Mapocho (con alta contaminación de aguas servidas de Santiago) para regar huertos frutales y plantaciones de alta productividad; aguas arriba de Curacaví la seguridad de riego es baja, abundan los terrenos de secano, y se destaca aquí como actividad altamente intensiva la crianza avícola.

Las expectativas de crecimiento de la población local en su área urbana son moderada, a tasas geométricas entre 1,6 y 1,9 % anual, aproximándose a los 25000 habitantes hacia el año 2025; la cabida del área urbana se ha estimado en 38000 habitantes en condiciones de saturación.

## 2.- SITUACIÓN DEL SANEAMIENTO.

Se cuenta con servicio público de agua potable y alcantarillado a cargo de la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS S.A., que en 1992 registró 2504 conexiones de agua potable, abastecidas por tres pozos de captación de aguas subterráneas, pero sólo 1573 viviendas y edificaciones en total están conectadas a la red pública de alcantarillado, y el resto cuenta con soluciones domiciliarias de Fosa Séptica y sistemas de disposición sub-superficial, letrinas y pozos negros, lo que no es apropiado en este valle en que hay una importante napa de aguas subterráneas a poca profundidad. La existencia de un área de baja elevación en las proximidades del estero Puangue ha hecho necesario disponer de una planta elevadora de las aguas servidas para alcanzar a ser descargadas a dicho estero, sin tratamiento alguno, y con un efecto de deterioro de las aguas que hasta ese punto se presentan sin contaminación significativa, y sirven de soporte para vida acuática natural y actividades de recreación. Los caudales de estiaje en esta sección del estero son del orden de 40 a 90 l/s, mientras que el caudal de aguas servidas bombeado es de 20,9 l/s, lo que explica la importancia de este impacto. No obstante, al presente se tiene un deterioro mayor aguas abajo en el estero, por la recuperación de aguas de derrames de riego agrícola originadas en el río Mapocho, que han experimentado una suerte de "tratamiento en el suelo" en este uso agrícola, pero que contienen los contaminantes más conservativos; esta situación está en vías de solucionarse a mediano plazo, conforme se construyan las plantas de tratamiento para la capital del país, lo que dejaría a las descargas sanitarias de Curacaví como única fuente de contaminación del Puangue.

La tipificación de las aguas servidas producidas se detalla en el Cuadro Nº 1.1 siguiente, que muestra los valores medios de las muestras analizadas.

CUADRO Nº1.1.- CARACTERISTICAS DE AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI.

| | |
|---|---|
| CAUDAL: | 20,9 l/s |
| DBO: | 118 mg/l |
| pH: | 7,2 a 7,8 |
| COLIFORMES FECALES (N.M.P./100 m.l.): | $2,35*10^7$ |

40

3.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO. Se ha comparado tres opciones de tratamiento de aguas servidas para Curacaví, las que presentan como característica común una inversión de $25,1 millones para readecuar la planta elevadora de aguas servidas a las exigencias de emplazamiento del sistema de tratamiento fuera de la caja del estero Puangue, afectada por grandes crecidas. El costo anual de operación de esta elevación, más su mantención, está entre $1,5 y $1,8 millones, según el caudal. El requerimiento de diseño para el tratamiento ha sido la norma chilena Nch 1333, que fija en 1000/100 ml los coliformes fecales tolerables para usos en riego agrícola, vida acuática y recreación de contacto directo. Los caudales de tratamiento considerados suponen un aumento en la tasa de conexiones de alcantarillado y la conservación de la infiltración de aguas subterráneas en el entorno de los 8 l/s actuales, lo que implica un caudal medio efluente de 26,5 l/s en 1995 y de 49,7 l/s en 2025.

* Tratamiento en lagunas de estabilización de tipo anaeróbicas, complementadas con laguna profunda en forma de embalse, de acuerdo a los lineamentos de TAHAL para la planta de tratamiento Santiago Poniente actualmente en construcción. La magnitud del embalse lleva los costos de esta alternativa a $ 765 millones, con un modesto incremento de la disponibilidad de agua para regadío, lo que hace poco atractiva la solución.

* Tratamiento en lagunas de estabilización facultativas convencionales, con cuatro unidades primarias y dos secundarias, con una ocupación de terreno del orden de nueve Hás. Los costos de inversión para terreno, diseños y construcción de lagunas ascienden a $155 millones, y los costos anuales de operación y mantenimiento se han estimado en $10,5 millones.

* Tratamiento en zanjas de oxidación construidas en dos etapas, en 1994 la primera, para entrar en operaciones en 1995, y el año 2000 la segunda. El costo de la primera etapa alcanza a $449 millones, y la segunda requiere $155 para su materialización. Los costos anuales agregados de operación y mantención son del orden de $14,6 a $16,2 millones, dependiendo del caudal. El tratamiento biológico en zanjas es complementado con desinfección con cloración, toda vez que los períodos de retención exiguos no permiten el abatimiento bacteriano requerido. Además de los mayores costos, la cloración del efluente es objetable para ciertas especies vegetales, como paltos (aguacates), por ejemplo.

**4.- ALTERNATIVA RECOMENDADA.**

La opción de mayor conveniencia es la que emplea lagunas de estabilización facultativas, lo que es confirmado por la evaluación económica incluida al final de este estudio, que indica un costo unitario de tratamiento de aguas servidas para esta solución de US$ 14 centavos por metro cúbico.

## 5.- AGENTES PARA LA GESTIÓN DE TRATAMIENTO.

Se ha encontrado que la Ilustre Municipalidad de Curacaví, ante la falta de prioridad en los planes de la **EMOS** para la localidad, ha iniciado acciones para avanzar en la solución del tratamiento de las aguas servidas, contratando un proyecto de lagunas de estabilización con la consultora Andenor, para ser postulado a financiamiento gubernamental una vez aprobado por la **EMOS**. No ha sido precisado aún por esta empresa su compromiso para tal iniciativa, en especial en lo referente a la operación del sistema de tratamiento: está en ejecución un estudio global que definirá la política de **EMOS** para estas materias tanto en el Gran Santiago como en las localidades periféricas, de las cuales Curacaví es parte. Puede anticiparse que la empresa está abierta a adoptar cualquiera que sea la solución de mejor conveniencia, para lo cual serán analizadas opciones que comprenden desde la mantención del status actual hasta la privatización total de los servicios, individualmente o por grupos de mejor eficiencia.

En cuanto a los agentes privados con capacidad de acometer la iniciativa, se ha considerado que la Cooperativa Agrícola de Curacaví cuenta con los recursos humanos y empresariales suficientes para tal iniciativa, los que ya ha aplicado en la formación de una empresa frigorífica.

Debe tenerse presente que la estructura legal vigente para el sector sanitario asegura una debida retribución a quien emprenda como agente privado la iniciativa de proporcionar el servicio de tratamiento de las aguas servidas de Curacaví , por la vía de las tarifas, tanto para recuperar las inversiones como para cubrir los costos de operación, más una adecuada rentabilidad. Un mecanismo de subsidio estatal permite disminuir el riesgo de incobrabilidad de la tarifa a los sectores de menor capacidad de pago de la población. En el caso de que haya un venta de agua tratada a terceros, la ley tarifaria hace ajustes para que estos beneficios adicionales sean compartidos por los usuarios del servicio de alcantarillado.

Por último, se establece que existe mercado para las aguas servidas tratadas, tanto en los terrenos de secano inmediatos a la ubicación propuesta para la planta de tratamiento, como a través de descargas hacia el canal de Las Mercedes, que puede transportar los recursos valle abajo para usuarios que no dispongan de derechos suficientes sobre el caudal actual de este acueducto.

WATER & SANITATION FOR HEALTH PROJECT
U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

# PROYECTOS DEMOSTRATIVOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES URBANAS EN CHILE

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
## TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE PANGUIPULLI

## CAPITULO I.- RESUMEN EJECUTIVO.

---

1.- **INTRODUCCIÓN.**- Panguipulli es una ciudad de 9125 habitantes que está ubicada en el vértice occidental de una bahía del Lago Panguipulli, de 5 Km de longitud por 2 Km de ancho, y cuya profundidad media es del orden de los 10 m. Su emplazamiento está en un depósito morrénico que cierra el desagüe primitivo del lago hacia el oeste, el que actualmente descarga por su extremo oriental hacia el Lago Riñihue, con limitada circulación de su masa de agua. El clima es lluvioso y frío en invierno, y templado en verano, lo que favorece la actividad económica agrícola, ganadera y forestal; la belleza natural de su entorno presenta un potencial de desarrollo turístico de importancia. El crecimiento poblacional en los últimos 40 años sigue una tendencia lineal, que en 1992 indica un 1,77 % anual, y que de mantenerse hacia el año 2015 llevará la población urbana a unos 14500 habitantes permanentes.

2.- **SITUACIÓN DEL SANEAMIENTO.** Se cuenta con 1446 conexiones de agua potable, pero sólo un tercio de sus 2000 viviendas y edificaciones totales está conectado a la red pública de alcantarillado, y el resto cuenta con soluciones domiciliarias de Fosa Séptica y sistemas de disposición sub-superficial, letrinas y pozos negros, e incluso descargas directas a 4 esteros que cruzan la ciudad. La red termina en tres grandes fosas sépticas, de 135 $m^3$ cada una, a orillas del lago, que descargan mediante dos emisarios soportados por pilotes sobre el nivel de las aguas. El consumo de agua potable del total de la población varía entre 20000 $m^3$/mes (7,7 l/s) en invierno y 30000 $m^3$/mes (11,6 l/s) en verano, y el caudal efluente de aguas servidas de invierno está entre 25 y 30 l/s., lo que indica un aporte importante de aguas de infiltración. Así, las descargas al lago reconocidas parta este estudio presentan las siguientes concentraciones típicas de invierno:

| | DESCARGA 1 | DESCARGA 2 |
|---|---|---|
| CAUDAL: | 25 l/s | 5 l/s |
| DBO: | 43 mg/l | 98 mg/l |
| SOLIDOS: | 200 mg/l | 297 mg/l |
| FÓSFORO: | 0,7 mg/l | 2,4 mg/l |
| NITRÓGENO: | 25 mg/l | 32 mg/l |
| COLIFORMES FECALES (N.M.P./100 m.l.): | $10^6$ | $10^6$ |

**3.- CONDICIÓN DE LA BAHÍA DE PANGUIPULLI.** La bahía sufre el deterioro de las descargas directas de alcantarillado por los dos emisarios, más las descargas indirectas recogidas por los cuatro esteros de la ciudad; los efectos presentes son de una presencia visual negativa de los emisarios que vierten sus descargas, pérdida de transparencia del agua, crecimientos de plantas y algas, producción de olores ofensivos en las aguas inmediatas al área poblada, y presencia de coliformes fecales en concentraciones superiores a lo permitido por la Norma NCh 1333 para recreación con contacto directo (1000 C.F./100 ml). Pese al deterioro presente, los precios de terrenos inmediatos al borde lacustre superan en unas 10 veces los de terrenos de usos agrícola y maderero circundantes.

La condición de Panguipulli y sus descargas al lago es una réplica de lo que ha sucedido en la localidad argentina de San Martín de Los Andes, a 102 Km. al sur-oriente de Panguipulli: este balneario ha contaminado las aguas de la Bahía Poniente del lago Lacar, poniendo en riesgo las inversiones efectuadas en infraestructura turística.

**4.- ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.** Se presentan dos tipos de soluciones para el tratamiento de las aguas servidas:

i) Soluciones con descarga de efluentes tratados al Lago Panguipulli, que requieren tratamiento terciario para limitar la descarga de nutrientes.

ii) Soluciones con descarga de efluentes fuera de la hoya del lago, con requerimiento de calidad para riego sin restricción.

El estudio de soluciones ha considerado para el primer tipo dos alternativas: tratamiento con zanjas de oxidación, de bajo requerimiento de espacio, en los terrenos adyacentes a la ciudad, y lagunas de estabilización en los únicos terrenos planos que permiten

esta solución, 3 Km. al oriente de Panguipulli; el abatimiento de nutrientes se ha resuelto con dosificación de reactivos específicos que producen su precipitación. En el caso de trasvasijamiento de descargas fuera de la hoya, la solución es única, con elevación mecánica del agua servida cruda desde las fosas sépticas existentes hasta la línea divisoria de aguas 120 m. más alta que el nivel del lago, donde se tratan las aguas en lagunas de estabilización y se las descarga en la cabecera de un estero que es parte de la vasta cuenca del río Valdivia.

5.- **ALTERNATIVA RECOMENDADA**. Se recomienda la solución con descarga fuera de la hoya por cuanto presenta una seguridad elevada de que se elimina el vertido de una fuente importante de contaminación al lago, su interferencia con las áreas de valor de la ciudad es mínimo y de fácil mitigación, y con costos de inversión menores que los de las otras alternativas. Los costos representativos de la solución recomendada son:

* Costo de inversión: 440 millones de pesos (US$ 1157000)
* Costo de operación: 16,6 pesos por $m^3$ (US¢ 4,4)

Los costos de inversión de las otras 2 alternativas consideradas son algo superiores al valor indicado, pero se ha de valorizar adecuadamente que la alternativa propuesta no presenta limitaciones para futuras ampliaciones, y asegura la máxima protección del cuerpo de agua del lago.

La posible fragilidad de la solución frente a cortes de energía es minimizada por la alta seguridad de servicio eléctrico en la red interconectada, y es en todo caso idéntica a la de las otras alternativas, que también dependen de la energía eléctrica para su operación. La evaluación económica confirma la conveniencia de adoptar esta solución, que presenta una rentabilidad del 26%.

El estudio se ha desarrollado para la situación presente de la red de colectores, con un alto grado de incorporación de aguas freáticas; es altamente recomendable acometer un mejoramiento de la red para eliminar esta mayor carga hidráulica, pues la reducción de tamaño de planta que se puede obtener genera un ahorro más que suficiente para financiar dicho mejoramiento, y la disminución de costos de operación ha de significar, a su vez, una mejor rentabilidad de este proyecto.

**6.- AGENTES PARA LA GESTIÓN DE TRATAMIENTO.** Se ha apreciado que al presente existe sólo un grupo de vecinos y propietarios de terrenos agrícolas con el dinamismo y las capacidades empresariales para generar la sociedad anónima que ha de encargarse de gestionar la concesión del servicio de tratamiento de las aguas servidas, y asegurar su posterior operación con efectividad. Las organizaciones de pobladores y comunitarias están aquejadas por problemas básicos de vivienda y empleo, por lo que su grado de compromiso con la protección del lago es meramente circunstancial. Un aspecto importante para el buen éxito del proyecto está en definir la viabilidad de que la concesión sea traspasada por la empresa regional **ESSAL** comprendiendo sus cuatro componentes, de producción y distribución de agua, y de recolección y tratamiento de las aguas servidas, en atención a las economías de escala y ventajas en la operación en una administración única de los servicios sanitarios para una localidad pequeña. En todo caso, la estructura legal vigente para el sector sanitario asegura a quien emprenda como agente privado la iniciativa de proporcionar el servicio de tratamiento de las aguas servidas de Panguipulli una debida retribución, por la vía de las tarifas, tanto para recuperar las inversiones como para cubrir los costos de operación, más una adecuada rentabilidad. Un mecanismo de subsidio estatal permite disminuir el riesgo de incobrabilidad de la tarifa a los sectores de menor capacidad de pago de la población.