

3 4 1 . 5

8 4 A N

REPORT OF THE COLOMBIAN-DUTCH  
MISSION ON THE EVALUATION  
OF THE PROJECT

ANAEROBIC TREATMENT AND RE-USE  
OF DOMESTIC WASTE WATER  
CALI - COLOMBIA

OCTOBER 1984  
MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS  
Section for Research and Technology  
The Netherlands

341.5 84AN  
5485

REPORT OF THE COLOMBIAN-DUTCH  
MISSION ON THE EVALUATION  
OF THE PROJECT

ANAEROBIC TREATMENT AND RE-USE  
OF DOMESTIC WASTE WATER  
CALI - COLOMBIA

LIBRARY, INTERNATIONAL INFORMATION  
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY,  
AND 8 (1984) (1984)  
P.O. Box 11 11, 2200 AD The Hague  
Tel. (070) 8145 11 ext. 141/142  
RN: 05485 / ISH 1808  
LC: ~~877 COGAD4~~ 341.5 84 AN

LIBRARY 5485  
International Information Centre  
for Community Water Supply

OCTOBER 1984  
MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS  
Section for Research and Technology  
The Netherlands

## CONTENTS

Page

### SUMMARY

1.	Introduction	1
2.	Objectives of the evaluation	3
3.	Scope for waste water treatment	5
3.1	Scope in Colombia	5
4.	Project organization	7
4.1	Project set-up	7
4.2	Project Preparation	7
4.3	Project Management	8
4.4	Extension	10
5.	Feasibility of the process	11
5.1	Investigations at the UASB pilot plant	11
5.2	Construction of full scale reactors	12
5.3	Operation and maintenance of a UASB reactor	12
5.4	Post-treatment	13
5.5	Financial feasibility	13
5.6	Acceptability of the process	14
6.	Dissemination	15
7.	Scope for UASB in Colombia	17
8.	Conclusions	19
9.	Recommendations	21

### APPENDICES

1.	General instructions of the evaluation
2.	Waste water standards in Colombia
3.	Institutions involved in water supply and sanitation in Colombia
4.1	Cost comparison of some waste water treatment systems of 16,000 pe.
4.2	Global layout UASB pilot plant Cali with post treatment systems
5.	Present and planned experiments with UASB in Colombia
6.	Persons met
7.	UASB Seminar participants.

### SPANISH TRANSLATION OF THE EVALUATION REPORT

## SUMMARY

In 1983 after a long period of discussions the research project "Anaerobic treatment and re-use of domestic waste water" was started in Cali, Colombia. The main objective of this project was to investigate the potential of treating domestic waste water under tropical circumstances with the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) process. A 64 m<sup>3</sup> pilot plant was constructed in Cali. The treatment process in this reactor was started in June 1983 with a small quantity of seed sludge and a low COD load. The COD load was gradually increased and in December 1983 the plant was in full operation. The results so far show that the UASB process is very promising for treating higher temperature domestic waste water. The COD removal varies between 75% and 85% and the BOD removal between 75% and 90%. The reduction of nutrients and pathogenic micro-organisms, however, is very low. Still in the present situation in Colombia in many cases the process can be used as a single step treatment. The designed UASB plant is very sturdy and needs little maintenance. The process is clearly less expensive than aerobic treatment, but in order to increase its potential application further reduction in cost through improvement of the design is required. In general it is not to be expected that the system will meet with major resistance from the agencies which might adopt it.

The investigations in Colombia were done by a resident engineer together with his counterpart from the University of Valle (UNIVALLE), and some students from the Agricultural University of Wageningen. In 1984 several Colombian students also participated. Overall coordination of the project was in the hands of HASKONING, in consultation with UNIVALLE and the University of Wageningen. INCOL, a local engineering bureau was involved in the design of the plant and the supervision of the construction. The selected project set up was feasible because it concerned the introduction of a new technology in Colombia. Because of the promising results various experiments have been started by other persons and organizations mostly in consultation with the project staff. These experiments could provide very useful information when properly coordinated.

Dissemination so far has been limited to some keynote presentations, some training courses and a professionally organized and well attended seminar in Cali. Further dissemination needs due attention. Various suggestions for this as well as for required additional research are given in this report.

## 1. INTRODUCTION

In 1982 the project "Anaerobic treatment and re-use of domestic waste water" was accepted for funding by the Directorate General of International Cooperation of the Netherlands Ministry of External Affairs. Thereafter the National Planning Department of Colombia reviewed it and agreed to the objectives and the planned programme.

The project aimed at the following:

- a. To test the anaerobic treatment of domestic waste water in a pilot plant of 500 population equivalents (pe) (e.g. a capacity to treat the waste water of 500 persons) under tropical conditions and to describe the relationships between the various process parameters.
- b. To develop design criteria for a larger installation (10,000 - 20,000 pe.) under similar conditions.
- c. To assess the technical and financial feasibility of a system consisting of an anaerobic reactor possibly combined with post treatment for a capacity of 10,000 - 20,000 pe. under tropical conditions through comparison with a traditional installation of equal capacity.
- d. To provide a socio-economic evaluation of the potential application of the system in Colombia and prepare criteria for the assessment of its potential application in other developing countries.

Four parties were involved in the implementation of the project in Colombia:

- HASKONING Royal Dutch Consulting Engineers, Nijmegen, The Netherlands
- Agricultural University of Wageningen, Wageningen, The Netherlands
- Universidad del Valle, Cali, Colombia
- INCOL Ingenieros Consultores Ltda, Cali, Colombia

The project at first concentrated only on the upflow anaerobic sludge blanket process, but included some preliminary investigation of possible post-treatment systems in a 7-month extension. This extension was mostly to make up for the initial delays in the construction of the plant and the delivery of equipment. In October 1984 the initial results of the project and the underlying treatment technology were

dissiminated through a seminar in Cali. This provided a good opportunity to evaluate the project and an evaluation team was sent consisting of:

- Ing. Alberto Nassar Moore  
National Planning Department (DNP) Colombia
- Ing. Jesús Eduardo Parra  
National Health Institute (INS) Colombia
- Ir. Jan Teun Visscher (teamleader)  
International Reference Centre for Community Water  
Supply and Sanitation (IRC) The Netherlands
- Ir. Klaas Visscher  
Ministry of Housing, Physical Planning and Environment,  
The Netherlands

## 2. OBJECTIVES OF THE EVALUATION

The main objectives of the evaluation are the following:

- to assess the effectiveness, the efficiency and the significance of the project;
- to provide recommendations concerning the need for further research on this treatment system (in the tropics) and on the advisability of further use of the system;
- to assess the project set-up, especially the organisational set-up and the division of tasks between the four parties involved in the project;
- to make recommendations to the Department of Research and Technology concerning its policy in this field and the project monitoring it provides.

The project goals were to be used as a frame of reference and a detailed list of topics was provided by the Department of Research and Technology (annex 1).

### 3. SCOPE FOR WASTE WATER TREATMENT

In many developing countries the number of piped water supply systems is increasing. This increased water provision is highly necessary to improve the living conditions of a large number of people. It creates, however, a waste water and hygiene problem. This problem is of minor importance in some areas where on-site sanitation is effective but far more problematic in villages and towns having flush toilets and waste water collection systems. The latter situation prevails particularly in Latin America, but also in Asia and some parts of Africa. Because of the increasing interest in environmental protection in developing countries, treatment of this water becomes more important. Aerobic treatment, however, requires skilful management and is so costly that it is beyond the scope of most of these countries. Cheaper and simpler methods are needed, methods such as the very relevant anaerobic upflow reactor process.

#### 3.1 Scope in Colombia

In Colombia there is interest and political willingness to improve the situation with regard to the transport and treatment of waste water.

Out of the 17 Regional Corporations, which are formed to conserve the renewable natural resources and to induce the economic development in their area of jurisdiction, thirteen are operational, while the other four will be installed by the end of 1984. The regions not covered by the Corporations are already under the jurisdiction of INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales). These Corporations have considerable authority; for example in their regions they can issue bye-laws and charge penalties. In the case of water quality control the Ministry of Health, delegates its responsibility to these Corporations. In the case of the Corporación del Valle del Cauca (CVC) and CAR, they have been directly responsible in their regions for quite some time. As regards waste water treatment, CVC is ahead of the others followed by CDMB and CAR.



Recently, Decree No. 1594/84, a new national policy on waste water was laid down (annex 2A). It provides a summary of the required removal percentages for waste water treatment. This Decree also includes minimum norms for surface water according to various potential uses (annex 2B).

#### Domestic waste water

At present out of 300 communities with 1000 - 2500 inhabitants, having sewerage systems, about 10 have a treatment facility. The others, because of the new Decree, will have to start treatment.

Larger cities also are facing waste water problems. Many plans are prepared or under preparation and over and again the extreme cost of aerobic treatment is shown.

#### Industrial waste water

Also in the area of industrial waste water there is a great scope for water treatment. This area, however, is far more complicated than domestic waste water, particularly when anaerobic treatment is applied and external expertise will be required for a considerable period of time.

#### 4. PROJECT ORGANIZATION

##### 4.1 Project set-up

In the selected set-up, a Dutch resident engineer in collaboration with his Colombian counterpart was responsible for daily management in Colombia under overall control of HASKONING. Scientific support was provided by the Agricultural University of Wageningen.

This set-up proved to be feasible, and the cost involved was justifiable, since the technology of UASB was completely new in Colombia.

It became even more suitable when 4 Dutch students having some experience and good background knowledge in UASB technology became involved. Their work, which was not anticipated in the project proposal, strongly reinforced the investigations and the collection of information. This was further supported in 1984 by the involvement of 8 Colombian students who made investigations to prepare for their these (bachelors' degree).

##### 4.2 Project Preparation

The project proposal clearly spelled out the main tasks of the four organizations involved, thus providing a good basis for the agreements between HASKONING and the others and efficient project management.

One element not included in the proposal which proved necessary later on was training of the laboratory staff in specialized techniques.

The initiation of the project was hampered by lengthy discussions before the project was accepted by the Directorate General of International Cooperation. Even after acceptance in the Netherlands there were various misunderstandings about the status of the project with the result that it was passed on to the National Planning Department only at the time that construction was supposed to start. This of course caused a delay but fortunately did not interfere with the good relationship between the Dutch Embassy and the National Planning Department.

### Resident Engineer

Selection and preparation of the resident engineer was done on rather short notice. This was partly due to the fact that the Agricultural University of Wageningen, being responsible for his selection, did not have staff members available that could be stationed in Colombia for such a period of time. A longer period of preparation would have been justified, in view also of the fact that the counterpart followed a three-month training course in the Netherlands just after the start of the project. During that period the resident engineer assisted the engineer of HASKONING in starting up the plant and installing the laboratory equipment.

### 4.3 Project Management

When four parties are involved in a project regular meetings are the best way to maintain coordination. For cost reasons such meetings did not take place, thus placing extra emphasis on the coordinating role of HASKONING's project manager. Only once three of the four parties involved met (December 1983). Fortunately because of his involvement in other projects in Colombia, HASKONING's project manager was in a good position to keep up a satisfactory degree of coordination at reasonable cost and to solve the often small problems which otherwise would have led to major interruptions.

### The parties involved

HASKONING has played a key role in the project and greatly contributed to its success. In the initial stage, due to problems beyond its control with the importation of equipment and the trouble with the influent pump, it was not able to meet the somewhat optimistic target date for starting the investigations. The design for the pilot plant was well prepared in close collaboration with the Agricultural University of Wageningen. In the course of the project good support was provided to the resident engineer. The professional way in which the seminar was organized made possible the effective communication of the message.

The Agricultural University of Wageningen prepared the research programme very well. However, the limitations of research under the prevailing conditions in Colombia (e.g. high cost of chemicals, high

level of inflation, limited experience with maintaining specialized laboratory equipment), were not always sufficiently taken into account. An effort made in the course of the project to reduce the use of chemicals did only partially succeed. The visits of the two staff members involved (a visit by one person each 6 months) were very helpful in discussing the research results and preparing the research programme. The involvement of students of the Agricultural University of Wageningen was of very great importance to the project and strongly increased the collection of information.

The University of Valle has played a very important role in the project. They started with great enthusiasm but faced some problems in the first stage, particularly because the method of COD analysis prescribed in the project differed from the one used in their laboratory. This caused unanticipated delay and unreliable results. Finally additional equipment was provided by the project. Sometimes the quantity of samples from the UASB project and the various other projects overloaded the capacity of the laboratory. Fortunately through great efforts of the persons involved this did not interfere with the investigation.

The counterpart of the resident engineer quickly picked up the concept of UASB. Because he is a skillful teacher, he also was able to create enthusiasm among the students after the first results came through. Unfortunately he was also involved in other activities and therefore was not always available for the project.

The involvement of Colombian students (8 so far) only started in 1984 because at that time the obligation to write a final thesis was reintroduced in the University programme for sanitary engineers. This also very much increases the possibilities for the future research which the University would like to do.

INCOL, the local consultant bureau involved, was very efficient and, as was the objective, did gain considerable experience in the design and construction of anaerobic waste water treatment plants. With support of HASKONING and their good access to the media they now strongly promote UASB in Colombia.

In addition to the four parties indicated above, the Empresas Municipales de Cali (EMCALI) provided valuable support to the project. They agreed to the construction of the pilot plant on their land close to one of their pumping stations. Also they assisted in the installation of the pumps and the transport of materials.

#### 4.4 Extension

Because of the delays in the first stage of the project, the investigations could not be completed within the anticipated project period. Therefore a proposal was made for the extension of the project. This proposal was somewhat ambitious as it included also research on six post-treatment systems. Clearance of this proposal by the Directorate General of International Cooperation took considerable time, which might have been avoided if a consultative committee of leading Dutch experts had been formed to advise the Directorate in guiding this project.

After completion of the project, UNIVALLE together with EMCALI are planning to continue the research. Because of the good experiences they have had with Dutch students they would be most interested for that collaboration to be continued. This would also allow for staff consultation and additional information collection. Also, CVC is very interested in further collaboration with UNIVALLE and the Agricultural University of Wageningen. One of the Dutch students assisted CVC in setting up a pilot plant for treating the waste water of a coffee estate; the initial experiments were promising but need to be continued.

## 5. FEASIBILITY OF THE PROCESS

### 5.1 Investigations at the UASB pilot plant

The compact lay out of the pilot plant was very well designed and neatly kept. This greatly contributes to the dissemination of this technology.

The process in the UASB reactor was started in June 1983 with a much lower quantity of seed sludge than earlier anticipated. Thereafter the COD load was gradually increased. In spite of the low quantity of seed sludge to start up the reactor the sludge growth was considerable even at the initial low COD load. In December 1983 the starting up procedure was completed and the COD load comparable to normal working conditions. The first results were confirmed by further research and showed that the UASB process has very good effectiveness in treating domestic waste water at the selected site (average waste water temperature 25°C). The third progress report indicated a COD removal of 75% - 85% and a BOD removal of 75% - 90% for a retention time of 4 - 5 hours. However, pathogenic micro-organisms are hardly removed.

The information provided in the three progress reports is very relevant and forms a very good starting point for further interpretation of the results. Some relevant points in this respect are:

- The composition of the influent; the impression is that a considerable bio-degradation already takes place in the sewerage system. Also the influent contains a high quantity of inorganic materials (most likely clay) The effect of these two points may be considerable and needs careful interpretation to allow for application of the research results on a wider scale.
- Relation between process parameters and effluent quality; the efficiency of the process based on the analysis of filtered samples during certain periods greatly differed from efficiency based on unfiltered samples. This makes it relevant to see whether and by which adjustments the suspended solids content of the effluent can be controlled.
- The construction of the three-phase separator; this aspect is very important because the construction cost can be reduced if the separator is simpler and does not include provisions for gas

collection. Such simpler construction will often be possible for smaller installations for treating domestic waste water because of the low production of gas.

- Variation in the hydraulic load; It is very important to study the effect of the daily variation in the influent pattern under normal field conditions.

## 5.2 Construction of full scale reactors

On the basis of the interpretation of the research results, preferably taking into account the results of the newly constructed plant in Neiva (annex 4), full scale UASB reactors can be designed for treating domestic waste water under tropical conditions. For the proper dimensioning of such plant the expected variations in the discharge and the composition of the waste water should be known, particularly if industries also discharge on the sewerage system. The materials required for the installation are available in Colombia.

The inlet system of the pilot plant seems reliable, efficient and easy to clean. The use of materials for this system, however, needs to be reviewed. In particular this concerns the V notch weirs. Special attention is also required for the inlet pump. The locally produced waste water pumps gave quite some trouble and were not very reliable. Finally a pump was imported to solve these problems. This however, will not be possible in future because the Colombian legislation no longer allows such importations and therefore locally produced pumps will have to be used.

## 5.3 Operation and maintenance of a UASB reactor

The designed reactor is very sturdy and contains hardly any moving parts. This greatly facilitates operation and maintenance particularly because in quite a few cases in Colombia the waste water can flow by gravity through the reactor.

The pilot plant results indicate that starting up the process is not likely to cause difficulties and will require hardly any or no seed sludge because the waste water under the given conditions contains a high content of biologically active material that easily settles. It is important, according to the results of the experiments so far, to set

guidelines for controlling the sludge content in the reactor by the periodical removal of the sludge. These guidelines should also indicate ways to get rid off the excess sludge. Also, the sand-trap, the inlet screen and the inlet system need to be carefully designed and maintained.

As a follow-up of the project, the preparation of a preliminary design and construction manual would be very useful.

#### 5.4 Post-treatment

Investigations on post-treatment were started to get an impression of their potential for removing nutrients and pathogenic bacteria which hardly takes place in the UASB system. The post-treatment systems were selected in consultation with the parties involved. The available period was rather short in view of the prepared programme; thus the results will only give a first impression of the potential use of these systems in combination with the UASB process. The possible continuation of the research on these six systems after the completion of the project will require a considerable effort of UNIVALLE.

It would be better to first study the potential for application in Colombia of the systems involved before continuing the research. This study should take into account the Colombian guidelines for effluent quality, the cost involved and the efficiency of the system.

#### 5.5 Financial feasibility

The general impression is that the UASB system is financially attractive when compared with other systems. In the third progress report smaller UASB systems ( 2,000 pe.) are compared with septic and Imhoff tanks, and larger systems with oxidation ponds and aerobic treatment. This wider interpretation of the second objective of the project is relevant. However, it would be even better if also the efficiency of these processes and the possibly required post-treatment for UASB effluent could be taken into account.

The potential value of the sludge as fertilizer is not measured. The hygienic quality of the sludge has not so far been tested, but most likely will not be very good. The biogas produced in the reactor can be



used (e.g. piped for domestic cooking, electricity production). However, the gas production is very low when treating domestic waste water. Although hard figures do not exist for smaller installations economic use of the gas is not very likely. In case of a larger plant it may be possible to use the gas, but most likely gas containers will need to be used for distribution because of the high cost of a piped distribution system.

Reduction of the construction cost through the use of less costly materials and construction without a gas collecting system is most important to support large scale implementation.

#### 5.6 Acceptability of the process

In general it is to be expected that the process will not meet major resistance. The process in the pilot plant did not produce a bad smell. Therefore it can be concluded that waste water containing little sulphur(ous) content will not produce a bad smell when treated in a UASB reactor (removal efficiency 70% - 80%).

Some of the seminar participants, however, were afraid that the process would produce a bad smell. The risk exists that decision makers will think that this anaerobic process is similar to the anaerobic conditions which sometimes occur in aerobic processes (activated sludge reactor) which then do create a very bad smell. This misunderstanding needs careful explanation in the publications on UASB systems.

The hygienic quality of the sludge needs to be further investigated in order to decide whether it needs additional treatment before it can be sold as fertilizer or otherwise disposed of.

The hygienic quality of the effluent of a UASB reactor treating domestic waste water is poor. The possible need for post-treatment needs to be taken into account when deciding on the discharge or re-use (for irrigation) of the effluent.

## 6. DISSEMINATION

Dissemination of the experiences and results so far has been through:

- \* A lecturer course of 16 hours at UNIVALLE in which 23 students have participated; It is planned to prepare a one-semester lecture course of 4 hours per week, to be included in the university programme. It is anticipated that other university staff will also be involved in future lecturing on anaerobic waste water treatment.
- \* Presentations by university staff members involved in the project in:
  - the 25th ACODAL Congress in Cali,
  - meeting in Bucaramanga (ca. 50 participants) 1984
  - preparatory course for students and personal of CVC with help of the resident engineer at UNIVALLE;;
  - meeting in the National Planning Department in Bogota (30 participants) July 1984
- \* Presentations by Dutch experts from the Agricultural University of Wageningen in:
  - October 1983 at UNIVALLE
  - April 1984 Medellin for the Association Nacional de Industriales
  - April 1984 at Medellin University (100 participants).
- \* Seminar and preparatory course in Cali, October 1984  
This meeting was well attended by specialists in the field of waste water treatment in Colombia (annex 6). Two of the presentations were in English, one in Portuguese. Quite a few of the participants faced problems in following the presentations in English. Although this was solved to some extent by providing the participants with a Spanish translation just before the presentation, simultaneous translation would have been better, (but expensive). Both press and television were present to report on the seminar.

So far dissemination through publications has not been the case merely because first the results of the project need to be interpreted. A good deal of information was provided in the seminar which could form the basis for a publication of the preliminary results. For such a publication the following journals could be approached:

#### For Colombia

- Revista de Acodal
- Revista de Ainsa
- Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional
- Revista de la Sociedad Colombiana de Ingenieros "Anales de Ingeniería"
- Revista Asquimco (Asociación Química Colombiana)

#### For Latin America

Journals and periodicals of the various sections of AIDIS in Latin America (e.g. Revista DEA, Argentina)

#### For The Netherlands

- H<sub>2</sub>O

#### World wide

- Journal of the Water Pollution Central Federation
- Journal Environmental Division, American Society of Civil Engineers
- Journal of Water Pollution Control
- Journal of Applied Chemistry
- Journal Biotechnology and Bio-engineering
- Journal of the Institution of Water Engineers and Scientists
- World Water
- Waterlines
- IRCWD bulletin

An interesting form of dissemination is taking place through the construction of pilot plants. This will be discussed in the next chapter. In view of the great interest shown by participants when visiting the pilot plant it may be expected that a demonstration project would be a very good way to introduce this technology in other countries.

## 7. SCOPE FOR UASB IN COLOMBIA

### Domestic waste water treatment

The idea of UASB is receiving increased interest in Colombia because the results of the pilot plant in Cali show that for domestic waste water the process is relatively simple and less costly than conventional waste water treatment methods (annex 4). New plants are in the offing in various places (annex 5). The removal efficiency of the UASB process is such that within the present legislation it can be the only treatment step. However, one major drawback is that the effluent is not hygienically safe, because the process hardly removes pathogenic bacteria. It is most likely that restrictive regulations for the hygienic quality of the effluent will be implemented in the future, at least in Cauca and Valle but also in other regions. Then post treatment will be required. On the other hand because of the cost involved and the present economic situation it may take some time before the legislation will become more restrictive.

Therefore it is useful to compare UASB with and without post treatment systems, of various capacities with other systems as well as to investigate the possibility of simplifying the design.

### Small processing industries

Colombia has a lot of small coffee farms also decentralized sisal production is common in rural areas. The processing on a small scale of these crops produces waste water which seems to be quite appropriate to treat by UASB. One of the objectives of the CVC is to provide support to these small industries. Therefore the CVC is very interested in further research in the potential application for UASB in this field. Their earlier experience with research by one of the Dutch students from Wageningen was very good. They would like to continue this research and are prepared to contribute to the living costs of Dutch students in Colombia.

### Industrial waste water

Treatment of agro-industrial waste water with the UASB process has great potential and is picking up rapidly (annex 5). Treatment of industrial waste water, however, is more complicated and often requires

expert knowledge and the construction of pilot plants. Active collection and dissemination of the results of research on industrial waste water treatment would be of great advantage to Colombia because it reduces the risk of overlap of costly research experiments. The information on anaerobic treatment of both industrial and domestic waste water needs to be reviewed for example by a group of Colombian experts with outside support. Such an effort possibly could be coordinated by the National Planning Department.

## 8. CONCLUSIONS

1. The results of the project so far are very satisfactory. They clearly demonstrate the great potential of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket process for treating domestic waste water under tropical conditions.
2. As a direct result of the project through advice or direct involvement of project staff various pilot plants for treating industrial waste water and one full scale plant for treating domestic waste water are constructed and others planned (annex 5).
3. Because of the hygienic quality both of the sludge and the waste water re-use only should be considered after careful investigations whether additional treatment of the sludge or the effluent is required.
4. Economical use of gas is hardly realistic in small installations because of the low gas production of the UASB process when treating diluted domestic waste water. For larger installations it may be possible but will require high capital investment cost.
5. The start of the project was hampered by the short lead time after acceptance by the Directorate General of International Cooperation. The short lead time contrasted sharply with the long period of discussions before the project was accepted. Also it would have been better to involve the National Planning Department at an earlier stage in Colombia. The further delay although immediately caused by problems with importation of equipment which were beyond the control of the parties involved, and troubles with the influent pump, arose ultimately because the method of analysis was not thoroughly discussed and agreed upon;
6. The extension programme was rather ambitious for the planned period of 7 months. Implementation of the extension, because of the delay in the approval was not very smooth.
7. The selected project set up was a proper choice because it concerned the introduction of a new technology in Colombia.
8. The four parties involved, each in its own way have greatly contributed to the success of the project.
9. The involvement of Dutch students strongly reinforced the project and the collection of information. The information generation capacity further increased in 1984 through the involvement of Colombian students working on their Bachelors' theses. They

cannot, however, be involved on a full time basis because of the University programme .

10. The expected increase of UASB technology in Colombia makes the planned preparation of a one-semester course in anaerobic waste water treatment in the UNIVALLE highly relevant.
11. Because of the great interest in this technology and its potential application in Colombia as well as in other countries, the properly interpreted results of this project should be disseminated as quickly as possible. The professionally organized seminar was a very good start of this dissemination effort.
12. A further exchange of information on UASB technology between Colombia and the Netherlands and careful reporting on ongoing and future experiments is to the advantage of both countries and of other developing countries.

## 9. RECOMMENDATIONS

### Full scale design

To develop the design criteria for full scale installations, careful interpretation of the promising pilot plant results is required. For this the UASB reactor in Neiva which was started two months ago, can provide very useful information. Particularly the comparison of the sludge characteristics of both installations would be very valuable.

To allow for better assessment of the potential application, the hygienic quality of the sludge and its potential fertilizer use should be investigated.

Limited experience exists in Colombia with waste water pumps. It would be useful to evaluate the performance of the pumps produced in Colombia to avoid problems which occurred in the pilot plant because the frequent pump failures.

### Pilot plant

The pilot plant including the Flyght pump should be handed over in full working conditions to EMCALI in order to enable follow-up research by UNIVALLE, EMCALI and possibly the Agricultural University of Wageningen and HASKONING. A formal agreement is required as a basis for future experiments. This agreement should include:

- the ownership of the plant and the equipment;
- the access to the plant for students, staff members and visitors of UNIVALLE and the other parties involved in the project;
- the exchange and accessibility of research results.

### Laboratory equipment

To enable a smooth implementation of further research, the existing laboratory equipment and the need for chemicals should be reviewed. An active search for methods of analysis requiring less costly chemicals,



avoidance of less relevant tests and if necessary support in the purchase of chemicals will be of great support to the further research programme. Because of inflation, the cost of chemicals and equipment may quickly rise. This should be taken into account when a project proposal is agreed upon.

Additional training on the use of the gaschromatograph is required and should include trouble shooting. It should be investigated whether installing the gaschromatograph in the section "Procesos" (near the section "Saneamiento") is possible as that section is more experienced in gaschromatography and could very well use additional equipment.

#### Research in the pilot plant

It would be useful to prepare a research programme in close consultation with organizations involved in waste water treatment such as EMCALI, AQUAVALLE, CVC, INS, INSFOPAL etc.

Some suggestions for additional research are:

- identification of the relation between the effluent quality (particularly suspended solids), the retention time and the surface area load whilst properly simulating the influent flow characteristics;
- identification of the relation between the removal of pathogenic micro organisms and the various process parameters;
- assessment of the influence of various components in the waste water (e.g. particularly components which in practice may create problems).

#### Suggestions for future collaboration

Various pilot plants and full scale installations for domestic and industrial waste water are built or planned with advice of members of the project team (annex 5).

. These experiments provide a very good potential for the generation of additional information on the possible application of UASB technology. An agreement between UNIVALLE and the University of Wageningen for support, student and staff participation (and possible exchange) would be very beneficial for all parties and contribute to the highly relevant collection of information on the ongoing and future experiments. Because this also concerns industrial pilot plants, access to the information may not always be easy.

CVC and EMCALI have expressed interest to collaborate and are prepared to provide facilities to students from Wageningen.

In collaboration with UNIVALLE and DNP the very useful potential of collaborating with CVC and EMCALI should be explored, as well as the possible involvement of other universities to further spread the building up of experience with UASB in Colombia and other countries.

#### Dissemination

The dissemination of the results of the project needs to be discussed with the parties involved. Some suggestions for dissemination are:

- The organization of a seminar (in Spanish) on UASB in Bogota; the first part should aim at policy level and describe the potential for UASB in environmental protection as well as its limitations.

The second part should deal with the technical and operational aspects of UASB systems. It will be important to invite quite a few participants from organizations which might adopt the system (e.g. INSFOPAL, INS etc.) and to investigate whether DNP is prepared to participate in the organization of this seminar.

- To prepare and disseminate the final report shortly.
- To publish articles in various journals (chapter 6). Due attention should be paid to indicating the fact that it concerns relative high temperature waste water.
- To prepare the planned one semester course in anaerobic waste water treatment at the UNIVALLE and to involve more staff members of UNIVALLE in this course.
- To organize a post graduate course in anaerobic waste water treatment including UASB in UNIVALLE and other universities.

- To compile an information package on UASB mostly consisting of articles published in various journals and to disseminate this package to universities in Colombia (and elsewhere).
- To prepare a preliminary manual on UASB treatment for domestic waste water, including design, construction, operation and maintenance as well as a cost comparison with other systems.

#### Stimulation of UASB systems in Colombia

The cost for construction and management of treatment plants in relation to their efficiency are the major criteria for deciding on the selection of a system. A proper comparison of UASB reactors of various capacities with or without post-treatment therefore is very important. It is useful to widen the objective of the project in this area.

In view of the financial constraints in many countries, careful investigations are required to further reduce the cost of the design by using local materials and avoiding complicated construction. Care should be taken to select materials that can resist the rather aggressive and corrosive nature of the waste water.

The treatment of waste water under tropical conditions is proved to be feasible. It would be useful to also investigate the potential of UASB at lower temperatures. It should be investigated whether plants that are currently at the planning stage can be used for such research.

#### Coordination of experiments in Colombia

It is very important to ensure the further development of expertise, and to coordinate the various experiments which are initiated with UASB reactors in Colombia.

Therefore it is recommended to form a national expert committee to coordinate the experiments and the collection of information on UASB and the wider field of anaerobic waste water treatment in Colombia. Such a committee should for a longer period of time have the possibility to obtain expert support from the University of Wageningen and other organizations.

This committee also could follow or even initiate joint experiments of industrial waste water treatment. As this avoids costly overlap in research, the relevant industry will most likely be willing to finance a substantial part if not all of the research and the required external support.

Specific tasks for the committee could be the inventarization of experiments in the field of anaerobic waste water treatment in Colombia and the preparation of a programme for required research.

#### General recommendations for project preparation

The project set up in which the project is locally coordinated by a resident researcher and his counterpart with scientific backstopping and support is feasible for introducing a new technology.

As the required outside support and the time for preparation very much depend on the experience of the resident researcher and his/her counterpart, some points need to be taken into account.

- In general the command of the language and the experience with running the equipment including basic trouble shooting is to be achieved prior to departure.
- The task, responsibilities and access to facilities of both the resident researcher and his/her counterpart clearly have to be defined at the start and reviewed from time to time.
- When selecting the resident researcher and the counterpart, preference should be given to experienced persons preferably having worked some time in developing countries, thus reducing the required outside support.
- Within reasonable limitations both should in consultation have authority over part of the project budget.
- In case the research builds on existing experience in the country concerned and the counterpart organization has experience in the planned research, it will not be necessary to involve a resident researcher, but only to provide scientific background support, supply of equipment and regular monitoring.

Particularly when it concerns a new technology, the formation of a monitoring group in the Netherlands (as was anticipated in the project but not carried through) is of great importance and will contribute to better decision making when an extension is requested.

#### Preparation of a research programme

When preparing a joint research programme, due attention is required to the existing methods of analysis and the local situation with respect to chemicals and equipment.

If required training of the staff should be completed in the very first stage of the project.

#### Reporting

In a project in which various parties are involved, the production, the status and the dissemination of the progress reports needs to be agreed upon before starting the project. Preferably reporting should be in the national language of the country where the research takes place or at least contain a summary in the same.

Publication of the results by the various parties involved needs to be agreed upon preferably prior to the start of a project.

## APPENDICES

GENERAL INSTRUCTION FOR THE EVALUATION OF THE RESEARCH PROJECT  
"ANAEROBIC TREATMENT AND RE-USE OF DOMESTIC WASTE WATER FOR  
DEVELOPING COUNTRIES"

1. Introduction

The evaluation of the research project "Anaerobic treatment and re-use of domestic waste water for developing countries" (hereafter referred to as the project), which is being financed by the Department for Research and Technology, will be executed by the direction of the Dutch Minister of Development Cooperation, with the purpose to obtain insight in the progress of the project and the policy of the Ministry in this field of research.

2. Objectives

The main objectives of the evaluation are the following:

- to assess the effectiveness, the efficiency and the significance of the project
- To provide recommendations towards the desirability of further research on this treatment-system (in the tropics), as well as to the suitability of the system for further use
- to assess the project set-up, especially the organisational set-up and the division of tasks between the four parties involved in the project
- to make recommendations concerning the policy of the Department of Research and Technology and the project monitoring provided.

The project-goals will be used as frame of reference for the evaluation. Besides, the project has to be evaluated with reference to the policy of the Department of Research and Technology.

3. Topics for evaluation

The following topics are considered important for the evaluation, and can serve as a checklist as well.

3.1 Technical feasibility

- has a sufficient number of experiments been implemented for the water treatment-system
- are the results of the research such that the use of full-scale installations can be advised under tropical conditions?
- has sufficient attention been paid to the solution of constraints?
- what are weak and strong points in the design of the full-scale installation;
- is the water treatment technique used in the project considered feasible by local experts?

3.2 Financial and Economic feasibility

- are there, from a practical point of view, possibilities for the use of the gas and the sludge produced, if so, which?
- what could be the approximate financial benefits?
- how do you consider the anaerobic water treatment-system compared to traditional waste water systems?

3.3 Social Feasibility

- what is the impact of social factors on the potential for the use of anaerobic water treatment-systems in Colombia (bottlenecks)?

3.4 Dissemination of results

- have the target groups been reached?
- which ways of dissemination could be recommended? e.g. publication in.
- what interest has been shown by individual people and organisations; can it be expected that this will result in concrete activities in this field by private and public enterprises regional or national government, other organisations; what are the bottlenecks?



3.5 Implications for the Dutch Ministry

- the relevance of the conclusions for the policy of the Department of Research and Technology, regarding the issue of waste water treatment
- the desired improvement in the role played by the Department of Research and Technology in:
  - preparation
  - assessment
  - execution
  - monitoring

4. Organisation

The information which is necessary for the evaluation can be obtained through:

- the documentation of the project
- discussions with project experts in Holland, and if desirable with other experts
- attending the seminar which is being held from 17-18 October in Cali, and visiting the installation there
- discussions with project experts, regional and national government officials, representatives from enterprises, other organisations.

5. Evaluation-team

The evaluation-team will consist of:

- ir. J.T. Visscher (Teamleader)
- ir. K. Visscher
- two Colombian engineers

6. Duration of the evaluation

The evaluation will take place from 15-24 October.

7. Reporting

A short report with findings and recommendations in the English language will be presented to the Head of the Department of Research and Technology three weeks after returning from Colombia.

ANEXO N° 2<sup>B</sup>

CRITERIOS DE CALIDAD BACTERIOLOGICA PARA DESTINACION DEL RECURSO A DIFERENTES USOS  
DATOS TOMADOS DEL DECRETO 1594 JUNIO 26/1934

U S O S	COLIFORME TOTAL (NMP) mic/100 ml	COLIFORME FECAL (NMP) mic/100 ml
CONSUMO HUMANO (Con tratamiento convencional)	20.000	2.000
CONSUMO HUMANO (Con desinfección)	1.000	-
USO AGRICOLA Riego de frutas que se utilizan sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto	5.000	1.000
USO PECUARIO (Consumo del ganado)	-	-
FINES RECREATIVOS - CONTACTO PRIMARIO (Natación y buceo)	1.000	200
FINES RECREATIVOS - CONTACTO SECUNDARIO (Deportes náuticos, pesca)	5.000	-
PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA (Mantener la vida en el agua)	Corresponde a las EMAR establecer	-
USO INDUSTRIAL (Explotación de cauces, playas y lechos. Contacto directo)	5.000	-

ANEXO No. 2 - A

TODAS LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN UN CUERPO DE AGUA  
DEBERAN ALCANZAR POR LO MENOS LOS SIGUIENTES ESTANDARS: 1/

	Usuarios Existentes		Nuevos Usuarios	
PH	5 - 9		5 - 9	
Temperatura	40°C		40o C	
Sólidos Flotantes	Ninguno		Ninguno	
Grasas y Aceites	Remoción	80% carga	Remoción	80% carga
Sólidos Suspendidos	Remoción	50% carga	Remoción	80% carga
DBO				
- Aguas Residuales Industriales	Remoción	20% carga.	Remoción	80% carga
- Aguas residuales domésticas	Remoción	30% carga	Remoción	80% carga
Máxima Carga Permisible	De acuerdo a <u>2/</u>			

TODAS LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN UN SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO DEBERAN ALCANZAR, POR LO MENOS LOS  
SIGUIENTES ESTANDARDS: 1/

PH	5 - 9
Temperatura	40°C
Acidos y Bases	Ninguno
Substancias explosivas e inflam.	Ninguno
Sólidos Sedimentables	Remoción 10 ml. /l
Substancias solubles (hexano)	Remoción 100 mg. /l.
Flujo máximo al sist. de alcant.	1.5 veces el caudal horario promedio
Carga máxima admisible	De acuerdo a <u>2/</u>

-----  
1/ Fuente Decreto 1594/ Junio 1984.

2/ Ver párrafos 74 y 75 Decreto 1594.

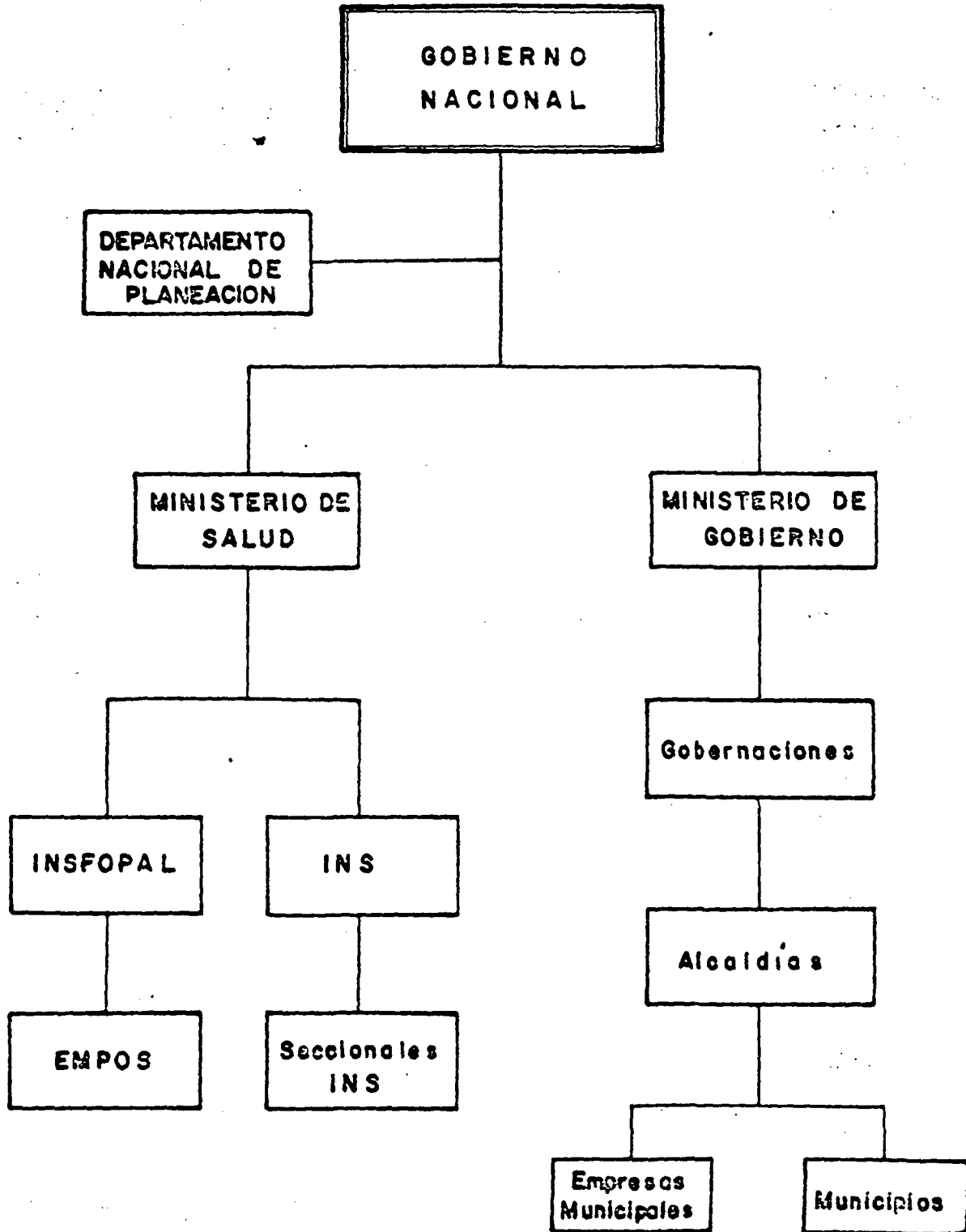
## ANEXO N.º.3

## MANEJO DEL AGUA

ENTIDAD	FUNCION
MINISTERIO DE SALUD (MINSALUD)	Ente Rector y Planificador que mediante la acción de Saneamiento Ambiental desarrolla la rotación y distribución de agua en el país. Depende directamente de la Presidencia de la República.
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION (D.N.P.)	Entidad coordinadora. Planifica la utilización racional de los recursos económicos de la Nación. Elabora el Plan Nacional de Desarrollo. Depende directamente de la Presidencia de la República.
INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL (INSFOPAL)	Controla y financia las acciones individuales de las Empresas de Obras Sanitarias o Empos Departamentales o Municipales. Depende del Ministerio de Salud.
EMPRESAS DE OBRAS SANITARIAS. (EMPOS)	Desarrollan el Servicio en localidades mayores de 2.500 hab. Depende de Insfopal.
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES. (Ejemplo Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Empresa Municipal de Cali, etc.)	Ubicadas en las principales ciudades del país. Desarrollan y Administran el respectivo acueducto autonomamente, en su carácter de Empresas Industriales y Comerciales del Estado. Hay alrededor de 35 empresas públicas. Dependen de la Alcaldía Municipal
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. (I.N.S.)	Dotación del Servicio a la población dispersa y a las localidades con menos de 2.500 habitantes, por acción de la División Saneamiento Básico Rural. Actúa como laboratorio central de referencia en la red nacional de laboratorios para control de calidad del agua. Depende del Ministerio de Salud.

GRAFICO N° 1

ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL SECTOR DE ACUEDUCTOS

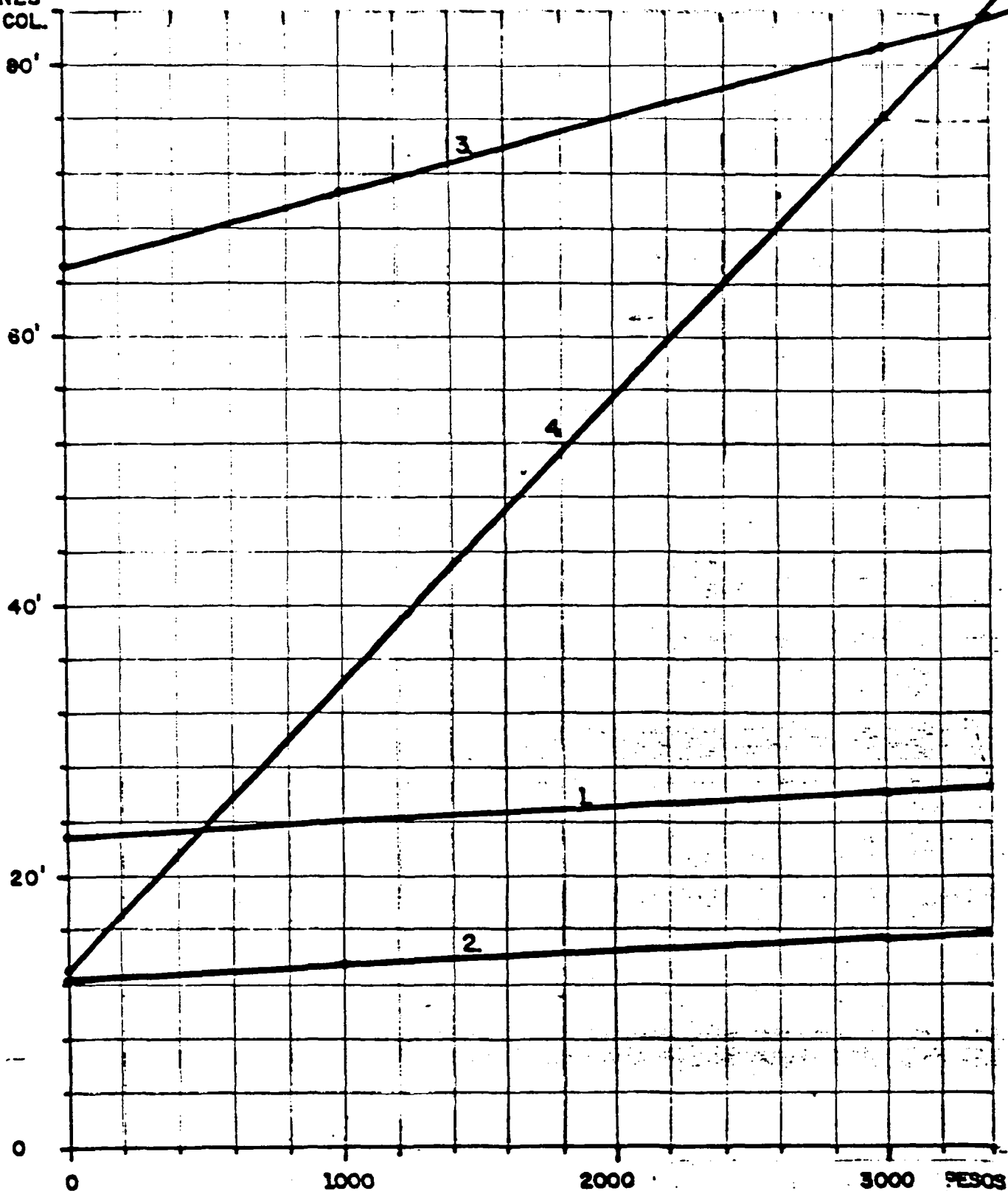


Continuación ANEXO N.º.3 MANEJO DEL AGUA

ENTIDAD	FUNCION
CORPORACIONES REGIONALES. (C.A.R., C.V.C., C.D.M.B. etc.)	Entidades encargadas del manejo y administración del recurso agua, por Ley o por delegación y el desarrollo económico de las regiones bajo su jurisdicción.
INSTITUTO NACIONAL DE LOS RECURSOS RENOVABLES NATU- RALES. (INDERENA)	Conservar los recursos naturales nacionales, tiene por Ley atributos de vigilancia y control sobre los distritos del riego.
INSTITUTO COLOMBIANO DE RECURSOS AGRICOLAS. (INCORA)	Depende del Ministerio de Agricultura.
INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS. (HIMAT)	Adelanta banco de datos de calidad del agua. Depende del Ministerio de Agricultura, tiene atributos de vigilancia y control en los distritos de riego.
DIRECCION MARITIMA Y POR- TUARIA. (DIMAR)	Protección y manejo de las aguas maritimas y estuarinas.
FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS	Mediante los comités de cafeteros a nivel de regiones ha adelantado programas de acueducto rural.

# PLANT FOR 16.000 INHABITANTS

MILLIONES PESOS COL.



Cost comparison of some treatment systems for 16.000 p.e. in Colombian pesos.

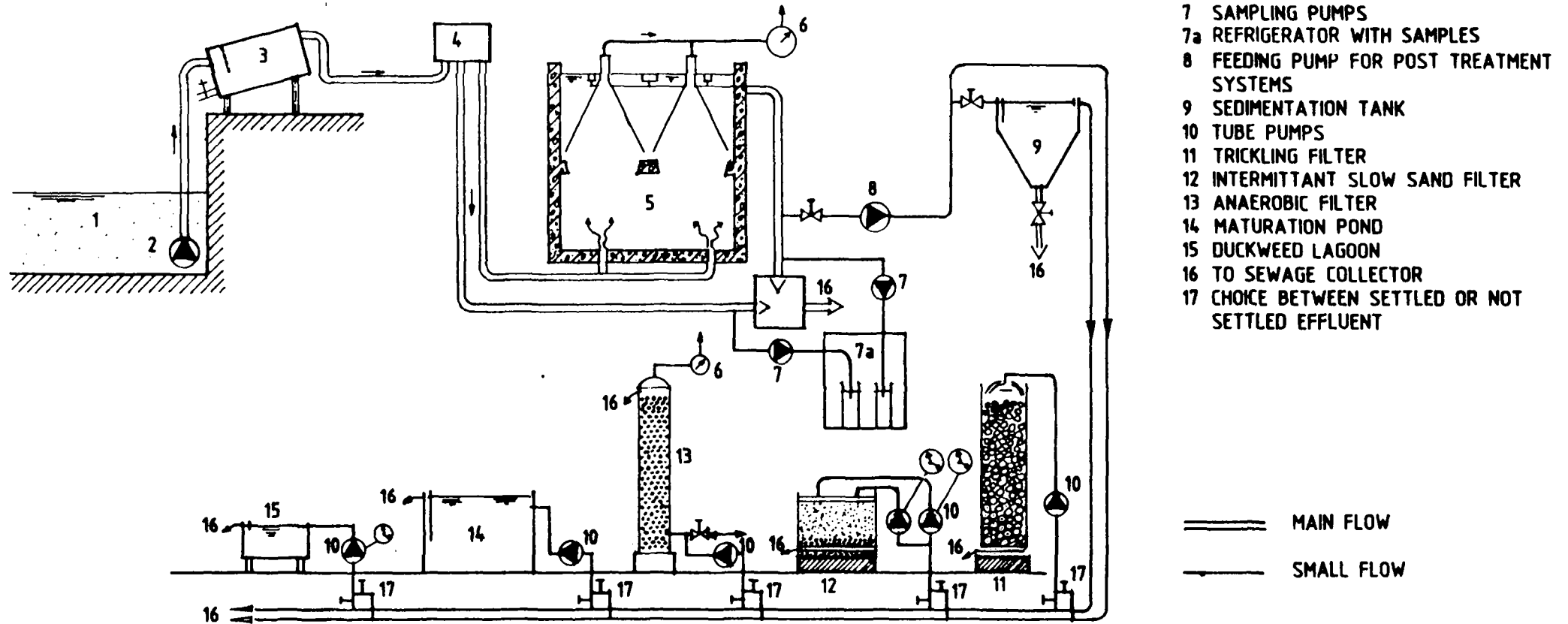
Table presented by ir. Louwe Kooymans, HASKONING, in the seminar in Cali, October 1984.

1.	UASB reactor DUTCH DESIGN	$1.020 * X + 23$	$* 10^6$
2.	UASB reactor modified design	$1.020 * X + 12.5$	$* 10^6$
3.	CARROUSEL	$5.445 * X + 65$	$* 10^6$
4.	Facultative waste stabilization	$21.000 * X + 14$	$* 10^6$

---

X = cost of land per square meter  
 100 \$Col. = 1 US\$





## LEGEND

- 1 SEWAGE COLLECTOR
- 2 SUBMERSIBLE INFLUENT PUMP
- 3 GRIT TRAP
- 4 FLOW CONTROL BOX
- 5 UASB REACTOR
- 6 GASMETER
- 7 SAMPLING PUMPS
- 7a REFRIGERATOR WITH SAMPLES
- 8 FEEDING PUMP FOR POST TREATMENT SYSTEMS
- 9 SEDIMENTATION TANK
- 10 TUBE PUMPS
- 11 TRICKLING FILTER
- 12 INTERMITTANT SLOW SAND FILTER
- 13 ANAEROBIC FILTER
- 14 MATURATION POND
- 15 DUCKWEED LAGOON
- 16 TO SEWAGE COLLECTOR
- 17 CHOICE BETWEEN SETTLED OR NOT SETTLED EFFLUENT

==== MAIN FLOW  
 - - - - - SMALL FLOW

FIG.

GLOBAL LAYOUT UASB PILOT PLANT CALI WITH POST TREATMENT SYSTEMS

## ANEXO No. 5

## EXPERIENCIAS ACTUALES Y PROYECCIONES CON LA TECNOLOGIA - U A S B

Localidad	Estado Actual	Tipo de agua residual	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo de retención (horas)	Temperatura (°C)	Diseñado por	Asesoría Científica	Población Equivalente
Neiva	construida	domést.	570	14	26	Angel y Rodríguez	Rodríguez	+ 16.000
Popayán	En licitac.	domést.	1a. fase 300 2a. fase 300	8	18	Fabio Bonilla	Schellinkhout Yspeert Schakel	4.500 4.500
Puerto Tejada	planeam.	domést.	400		24	Guillermo Minas	Schellinkhout	+ 3.500
Cali	operación	domést.	64	8	26	Haskoning	Universidad Wageningen	
Bucaramanga	diseñada	Vinaza Molaza	800			Angel y Rodríguez	Rodríguez	
Levapantuluá	planta piloto 1 m <sup>3</sup> (diseño)	Industria Levadura				UNIVALLE	UNIVALLE	
Fleischman Palmira	Planta piloto 1 m <sup>3</sup> (diseño)	Industria Levadura				UNIVALLE	UNIVALLE	
Cartones América Cali	Planta piloto 0.5 m <sup>3</sup>	Residuos de celulosa	1.000	10		Angel y Rodríguez	Rodríguez	
Darién	diseñada	domést.	30		18	CVC/YSpeert	Schakel Schellingkhout	
Palmira	diseñada	domést.			25	Camilo-Hernán Cruz	Fabio Bonilla	
San Andrés (islas)	planeam.	domést			28	Angel y Rodríguez	Rodríguez	20.000

\*Siguiente información obtenida de las participantes entrevistadas (anexo 5)

<u>Localidad</u>	<u>Estado actual</u>	<u>Tipo de agua residual</u>	<u>(m<sup>3</sup>) Volumen</u>	<u>Tiempo de retención (horas)</u>	<u>(°C) Temperatura</u>	<u>Diseñado por</u>	<u>Asesoría Científica</u>	<u>Población Equivalente</u>
Gaseosas LUX Bogotá	Planta Piloto 0,1 m <sup>3</sup>	Residuo Alcalino				Rodríguez		
Sucromiles	Diseñada	Residuos de alcohol y de ácido acético	2.000			INCOL	Haskoning	
Industria Licorera Caldas	Diseñada	Residuos de Alcohol	3.000 - 4.000			INCOL	Haskoning	
Finca Carretera al Mar (CVC)	Planta Piloto 50 litros 280 litros	Aguamiel				Yspeert	Schellinkhout	
CVC	Planta Piloto 50 litros	Cabu y A				Yspeert	Schellinkhout	
Barranquill	Diseñada	Mataderos				INCOL	Haskoning	
8 Localidad	Diseñada	Doméstica				INCOL	Haskoning	2.000-10.000

## Anexo 6

### Personas entrevistadas

- Embajada de Holanda : Dr. Eduardo Roell-Embajador  
Mr. Johan F. van Dunné - Primer Secretario.
- Instituto Nacional de Salud : Ing. Jorge Jacome Sagra: Jefe División Saneamiento Básico Rural.  
Dr. Edgar O. Podlesky M., Jefe Laboratorio Sanidad del Ambiente.
- Incol Ltda : Ing. Rodrigo Gutiérrez Villegas. Gerente.
- Haskoning : Ing. Jaap Louwe Kooijmans. Coordinador Internacional.  
Ing. B.L. van Drooge. Ingeniero Sanitario.
- Universidad del Valle : Dr. Guillermo Rodríguez. Coordinador Nacional.  
Ing. Jorge Samiento. Jefe del Departamento de Proceso Químico y Biológico.

Continuación Anexo 6

Universidad de Agricultura  
Wageningen

: Ing. Aris Schellinkhout. In-  
geniero Residente.  
Dr. Gatse Lattinga. Profesor.  
Low Wildschut. Estudiante  
Kees Heynehamp. Estudiante.

Corporación de la Meseta de  
Bucaramanga

: Ing. Fritz Yakma. Ingeniero  
Químico.

SANEPAR-CURITIBA Brasil

: Ing. Celso Savelli Gómes.

C.V.C.

: Ing. Raúl Arias. Jefe de  
Sección de Control de Conta-  
minación.

EMCALI

: Dr. Jaime Castaño. Gerente de  
Acueducto y Alcantarillado.  
Ing. Carmen Eugenia Sterling.  
Jefe de Sección de Control de  
Contaminación.  
Ing. María Cecilia Pérez. Je-  
fe de Laboratorio.

Y varios participantes del Seminario.

Anexo 7 Participantes en el seminario sobre tratamiento anaerobico tipo UASB.

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER / SEMINARIO</u>	
1. ANAMARIA BELALCAZR DE GALVIS	Unv. Nal de Colombia	Bogotá	2699932	T	S
2. EDITH RUBIO	Univ. Nal d.Colombia	Bogotá		T	S
3. MARTHA C. HERRERA	Independiente	Cra. 13A No. 38-3, Of. 205 - Bogotá	2853389	T	S
4. CONSTANZA MOLINA RAMIREZ	Independiente	Cra. 4 No. 27 - 27 Bogotá	2847085	T	S
5. JOSE CERON	IMGESAN LTDA.	Calle 20 No. 3N-44 - Cali	611330	T	S
6. GABRIEL OTERO PUYANA	Cía Acueducto Metropo- politano de Bucaramanga S.A.	Calle 30 No. 1S-40 A.A.1093 Bucaramanga.	337699	T	S
7. JAIME H. MAYORGA PINZON	Federación Nal. Cafeteros de Colombia	Calle 26 A No. 37-28 A.A. 3937 - Bogotá	2694750	T	S
8. CAMILO SILVA FAJARDO	Camilo Silva & Cía Ltda.	Diagonal 96 No. 44-22 Bogotá	2572514	T	S
9. JOSE WINDSOR GALLO	Ingeniero Químicos y Civiles Asociados	A.A. 758 Manizales	42267 33142	T	S
10. GLORIA DE PEÑA	Sistemas Hidráulicos y	Cra. 30 No. 31 - 35	50756 57946	T	S
11. MARITZA PRIETO BERNARDI	Independiente	Cra. 57 No. 3-130 A.A. 307 - Cali	687549	T	S
12. IVAN BOTERO ECHEVERRY	DEGREMONT- Colombia Ltda.	A.A. 8543 - Bogotá	2347284	T	S

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARIO</u>	
13. OSCAR OCTAVIO FLOREZ L.	Incol Ltda.	Av. 3 No. 13-29 - Cali	621429	T	S
14. ENRIQUE FORERO GOMEZ	Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga ( CDMB)	Calle 34 No. 17 - 20 4o. piso - Bucaramanga	20111-20119	T	S
15 JAIME ALBERTO LONDOÑO M.	"	"	"	T	S
16. FRITS JAKMA	"	"	"	T	S
17. BAS VAN DROOGE	Haskoning Ingenieros y	p.p. box 151 6500 AD Nijmegen - Holanda	(080)228015		
18. JAAP LOUWE KOOYMANS	"	"	"		
19. GATZE LETTINGA	Universidad de Agronomia Wageningen - Holanda	De Dreyen 12 - Wageningen Holanda	08370 -83467		
20. ARIS SCHELLINKHOUT	"	Universidad del valle A.A. 25360 - Cali	392335		
21. CELSO SAVELLI GOMES	"	"	"		
22. RODRIGO GUTIERREZ VILLEGAS	Incol Ltda.	Av. 3 No. 13 - 29 Cali	621429		S
23. GUILLERMO RODRIGUEZ PARRA	Universidad del Valle	A.A. 25360	392335		
24 JAN TEUN VISSCHER	Gobierno de Holandes				
25 KLAAS VISSCHER	Gobierno Holandes				
26. ERNESTO SANCHEZ TRIANA	Corporación Autonoma Regional (C.A.R.)	Cra. 63A no. 63-68 Bogotá	2402845	T	S

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARIO</u>
27. ANTONIO SILVA PINEDA	Corporación Regional Autónoma (C.A.R.)	Cra. 10 No. 68 -68 Bogotá	2402845	T S
28. LUIS ALFREDO RODRIGUEZ	Industrial de Gaseosas	Calle 94 No. 42-94 A.A 8714 - Bogotá	2672057	
29. VICTOR HUGO RIVEROS ANGEL	VIS	A.A. 670 - Bucaramanga	56191	
30. DAVID PATIÑO	Levapan	A.A. 132 - Tulua	4421 -4454 4365	
31. GLADYS FONSECA	Levapan			
32. GONZALO VEJARANO	Levapan			
33. Alfonso Yanguas A.	Corporación Autónoma Regional (C.V.C)	A.A. 2366 - Cali	393496	
34. LUZ STELLA BERON Z.	Corporación Autónoma del Cauca (C.V.C)			
35. LUZ EDITH BARBA	"			
36. RAUL ARIAS V.	"			
37. LEANDRO BAROZZI		Diagonal 37 No. 37-17 A.A. 25176 - Cali	587450	
38. MIRYAM DE RODRIGUEZ			585231	
39. JULIA ROSA CAICEDO		A.A. 25496	701577	
40. JORGE E. GOMEZ SANCHEZ	U. Industrial de Santander	A.A. 678	56141	
41. MILLER AMAYA	Bavaria	Cra. 13 No. 28-01 Bogotá	453831	
42. CARLOS ALVIRA	Bavaria	Cra. 13 No. 28-01 Bogotá	871540	



<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINAR</u>
43. GILBERTO ARDILA VASQUEZ	Ecopetrol	A.A. /122	Ext. 5729	
44. VICTOR MANUEL CARRILLO	Imquesan	Bogotá		
45. GUILLERMO ANTONIO SALCEDO D.	Instituto Nal. de Fomento Municipal (INSOPAL)	A.A. 13781 Bogotá	446443	
46. FELIPE MARTINEZ	Sucromiles S.A			
47. LUIS FERNANDO MAYA	C.A.R.-Quindío	Caja Agraria Piso 4 Armenia	42827	
48. ISMAEL RAMIREZ GUEVARA	C.A.R.-Quindío		"	
49. AMILBIA POSADA MAYA	Univ. Nal. de Colombia	A.A.3840 - Medellín	300 280	
50. ROCIO DIEZ DE ARANGO	Univ. Nal. de Colombia	A.A.3840	300 -280	
51. HUGO JAVIER GARCIA ALMANZA	Programa Delegado de Saneamiento Básico Rural - Servisalud - Tolima	Edificio Caja Agraria Piso 11 - Ibaque	32531	
52. JAVIER ARBELAEZ OROZCO	Gaseosas Posada Tobón S.A. Medellín	A.A.8543 Bogotá	512121	
53. JESUS EDUARDO PARRA	Instituto Nal. de Salud	Av. el Dorado Cra. 50	690714	
54. JUAN ANDUJAR	CAME - Cartones America	A.A. 2393	644255	
55. OMAR SILVA	CAME - Cartones America	A.A.2393	644255	
56. JUAN DIEGO ARANGO BOTERO	Empresas Públicas	A.A.235- Pereira	32811-15	
57. NORMAN DUQUE ECHEVERRY	Empresas Públicas	A.A.235 - Pereira	32811-15	
58. LUZ AMPARO LOZANO	Empresa Licorera de Santander.	A.A.742 - Bucaramanga	386236	

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINAR.</u>
59. ADALBERTO MARTINEZ LEYVA	Empresa Licorera de Santander	A.A. 742 Bucaramanga.	386236	
60. HECTOR FABIO BONILLA				
61. FERNANDO VELASCO ORTIZ	Ministerio de Salud	Calle 55 No. 10-32 Of. 309 - Bogotá	2358572	
62. ROBERTO GOMEZ R.	Federación Nal. Cafeteros			
63. JAIRO FLOREZ H.				
64. GUILLERMO ARMENTA Q.	Sucromiles S.A.	A.A. 2037 - Cali	771222	
65. ALBERTO NASSAR MOOR	Depto.Nal. de Planeación	Calle 26 No. 13-19 Bogotá	824055 ext. 217	
66. JORGE JARAMILLO P.	Planeación Departamental Antioquia	Edificio Eda 6o. piso. Medellin	316190	
67. JAIME DIAZ GOMEZ	Independiente	Cra. 9 No. 54-110 Cali.	412312	
68. OSIAS ROJAS MILLAN	Acuavalle S.A.	Calle 19 N No. 3-39	686810 - Cali	
69. FRANCISCO A. RAMIREZ	Acuavalle	Calle 19 N No. 3-39	681833 - Cali	
70. JORGE RIZO P.	Acuavalle	Calle 19 N No. 3-39	684641 /33 - Cali	
71. Carlos Ignacio Martinez D.	CIDI - UPB	A.A. 1178 - Medellin	502444	
72. Robert Briceño Peláez	Liscano Hermanos S.A.	A.A. 1227 - Cali	417601	
73. JORGE ENRIQUE ANGEL GOMEZ	Angel & Rodriguez Ingenieros Sanitarios Ltda.	Av. 6a. No. 25-63 Of. 102 - Cali	681863	

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARIO</u>
74. MARCO FIDEL BOCANEGRA	Propal	A.A. 4412 - Cali	681161	
75. FERNANDO ARCILA OTERO	Federación Nal. de Cafe- teros - Bogota	Calle 26A No.37-28 Bogotá.	2694750	
76. GUILLERMO MEJIA	Federacion Nal. de Cafe- teros - Bogotá	Calle 49 No. 126-57 Bogotá		
77. COLOMBIA RESTREPO DE ALTMAN	Cia Fleischmann Colom- biana Inc.	A.A. 214 - Palmira	32866	
78. ARNULFO CARDONA	Emcali			
79. MARQUIS A. CARVAJAL	Emcali			
80. CARMEN EUGENIA STERLING S.	EMCALI	Calle 12A No. 23D-46 Cali.	416086 - 412784	
81. ELIZABETH MESA GALVIS	EMCALI	Cra. 76A No. 9A-34 Apto. 306 - Cali	396820	
82. OSCAR OREJUELA LIBREROS	EMCALI	Cra. 15 Calle 59 - Cali	410173 - 412784	
83. JOSE UBERNY LOVAR	EMCALI	A.A. 25693 - Cali	410173	
84. MARIA CECILIA PEREZ	EMCALI	Cra. 15 - Calle 59- Cali	410173	
85. JORGE SARMIENTO GAONA	Univ. del Valle	A.A. 2188 - Cali	392335	
86. AUGUSTO SAMPER	Carbocol	Cra. 7 No. 31-10 - Bogota	873100 Ext. 280	

SPANISH TRANSLATION OF THE EVALUATION REPORT

## RESUMEN

En 1983 después de un extenso período de discusiones, el proyecto de investigación con el sistema UASB arrancó y fue puesto en marcha, en la ciudad de Cali (Colombia).

El principal objetivo de este proyecto era investigar la potencialidad de utilizar el proceso anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico bajo condiciones tropicales. Para tal propósito se construyó una planta piloto de 64 m<sup>3</sup> de capacidad en Cali (Colombia).

El proceso de tratamiento se inició en Junio de 1983, utilizando una pequeña cantidad de inóculo y a una baja carga orgánica (en términos de DQO). La carga fue gradualmente incrementada y en diciembre de 1983, la planta piloto estaba operando en condiciones normales.

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que el proceso UASB es bastante promisorio para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en zonas tropicales. La eficiencia de remoción de carga orgánica, en términos de DQO varía entre 75 y 85% y en términos de DBO entre 75 y 90%. Sin embargo, la reducción de microorganismos patógenos no es muy alta, aunque en las condiciones presentes en Colombia indican que el proceso puede ser utilizado actualmente como un único paso en el tratamiento de aguas residuales.

El diseño del proceso UASB es estructuralmente fuerte y necesita poco mantenimiento; el proceso es definitivamente menos costoso que los tratamientos aeróbicos, pero con el propósito de aumentar su aplicación potencial, deberán analizarse reducciones adicionales en costos, a través de la optimización del sistema.

En general, se puede esperar que este sistema no va a encontrar mayores restricciones en su utilización, por parte de las diferentes instituciones públicas del sector de saneamiento, así como de industrias y otras empresas que decidan adoptarlo para solucionar los problemas de contaminación de recursos hídricos.

La investigación en la planta piloto de Cali fue realizada por un ingeniero residente holandés, conjuntamente con su contraparte colombiana. Igualmente algunos estudiantes de la Universidad Agrícola de Wageningen y a partir del presente año estudiantes de la Universidad del Valle, han participado en el proyecto. La coordinación general del proyecto fue asignada a Haskoning (Ingenieros Consultores Reales Holandeses), en continua colaboración con la Universidad del Valle y la Universidad de Wageningen. Incol (una firma consultora local), participó en el diseño de la planta y en la supervisión de la construcción. La organización seleccionada para el proyecto fue adecuada, teniendo en cuenta que hacía referencia a la introducción de una nueva tecnología en Colombia.

Debido a los resultados altamente promisorios han empezado a desarrollarse diferentes experimentos por diferentes organizaciones, las cuales cuentan en su mayoría con la asistencia técnica del personal que hizo parte del proyecto. Estas nuevas investigaciones, proporcionarán una valiosa

información, siempre y cuando exista una adecuada coordinación y supervisión de las mismas.

La divulgación hasta el presente, se ha limitado a algunas conferencias, cursos de entrenamiento y la realización de un taller y seminario en la ciudad de Cali, y necesita debida atención. En el presente documento se han dado sugerencias para la divulgación en el futuro de las experiencias obtenidas con el proceso UASB.

## CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS DE LA EVALUACION .....	4
3. POSIBILIDADES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	5
3.1 POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO EN COLOMBIA .....	6
3.2 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS .....	7
3.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....	7
4. ORGANIZACION DEL PROYECTO .....	9
4.1 OPERATIVIDAD DEL PROYECTO .....	9
4.2 PREPARACION DEL PROYECTO .....	9
4.3 MANEJO DEL PROYECTO .....	11
4.4 EXTENSION .....	13
5. FACTIBILIDAD DEL PROCESO .....	15
5.1 INVESTIGACIONES EN LA PLANTA PILOTO UASB .....	15
5.2 CONSTRUCCION DE REACTORES A ESCALA MAYOR .....	17
5.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL REACTOR TIPO UASB	17
5.4 POST-TRATAMIENTO .....	18
5.5 FACTIBILIDAD FINANCIERA .....	19
5.6 ACEPTABILIDAD DEL PROCESO .....	20
6. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS CON LA TECNOLOGIA ANAEROBICA DE ALTA TASA .....	22
7. ALCANCES DE LA NUEVA TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL PROCESO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE CON MANTO DE LODOS (UABS) ....	26



	pág.
7.1 PEQUEÑAS INDUSTRIAS .....	27
7.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....	27
8. CONCLUSIONES .....	29
9. RECOMENDACIONES .....	32
9.1 DISEÑO A MAYOR ESCALA .....	32
9.2 PLANTA PILOTO .....	33
9.3 EQUIPO DE LABORATORIO .....	33
9.4 INVESTIGACION EN LA PLANTA PILOTO .....	34
9.5 SUGERENCIAS PARA FUTURAS COLABORACIONES .....	34
9.6 PROMULGACION DE SISTEMAS UASB EN COLOMBIA .....	37
9.7 COORDINACION DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA ...	33
9.8 ORGANIZACION DEL PROYECTO .....	38
9.9 PREPARACION DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION .....	40
9.10 REPORTES .....	40
ANEXOS .....	41

## 1. INTRODUCCION

En 1982 la Dirección General de Cooperación Internacional del Gobierno de Holanda, aprobó llevar a cabo un proyecto de tratamiento y reuso de aguas residuales de origen doméstico, mediante una tecnología de tratamiento anaeróbico.

El Departamento Nacional de Planeación de Colombia, revisó los términos de referencia del proyecto y estuvo de acuerdo con los objetivos y el plan del programa a desarrollar.

Los alcances del mismo son los siguientes:

- a. Examinar el proceso de tratamiento anaeróbico de aguas residuales de origen doméstico, mediante estudios de planta piloto, bajo condiciones sub-tropicales. Así mismo describir las posibles interrelaciones entre las diferentes variables del proceso.
- b. Desarrollar criterios de diseño para instalaciones a mayor escala (10.000-20.000 P.e), bajo condiciones similares.
- c. Evaluar la factibilidad técnica y económica del sistema consistente de un reactor anaeróbico en combinación con algún método de post-tratamiento, para una capacidad de 10.000-20.000 P.e., bajo condiciones sub-tropicales, y efectuar su comparación con una instalación tradicional

de igual capacidad.

- d. Realizar una evaluación socio-económica en relación con la aplicación potencial de este sistema en Colombia, y preparar criterios de evaluación con respecto a su aplicación en otros países en desarrollo.

En la implementación del proyecto participaron las siguientes entidades:

Maskoning Consultores Reales Holandeses. Nimega. Holanda.

Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda.

Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Incol Ingenieros Consultores Ltda. Cali, Colombia.

El proyecto inicialmente se concentró en la evaluación del proceso anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos, pero posteriormente entró a analizar posibles sistemas alternativos de post-tratamiento, en los siete meses de duración de la fase de extensión del proyecto. Esta extensión fue solicitada debido principalmente a los inconvenientes presentados en un principio en la construcción y en la entrega del equipo requerido.

En octubre de 1984 los resultados del proyecto fueron presentados, a través de un Seminario sobre esta nueva tecnología desarrollado en la ciudad de Cali, Colombia. Aprovechando esta buena oportunidad para la evaluación del proyecto, una misión de evaluación fue enviada, conformada por los siguientes técnicos:

Ing. Alberto Nassar Moor - Departamento Nacional de Planeación. Colombia.

Ing. Jesús Eduardo Parra Rozo - Instituto Nacional de Salud. Colombia.

Ing. Jan Teun Visscher - Centro Internacional de Referencia Holanda.

Ing. Klaas Visscher - Ministerio de Protección del Ambiente Holanda.

## 2. OBJETIVOS DE LA EVALUACION

Los principales objetivos de la evaluación son los siguientes:

- Evaluar la efectividad, la eficiencia y la significancia del proyecto.
- Proveer recomendaciones hacia el interés de posterior investigación en este sistema de tratamiento (en zonas tropicales y sub-tropicales), como también una decisión sobre el uso futuro del sistema.
- Evaluar el funcionamiento del proyecto, especialmente desde el punto de vista organizacional y la división de funciones entre las cuatro partes involucradas en el mismo.
- Hacer recomendaciones hacia las políticas del Departamento de Investigación y Tecnología, teniendo en cuenta los mecanismos de seguimiento de proyectos de que dispone.

Los alcances del proyecto serán usados como marco de referencia para la evaluación, además una lista detallada de tópicos de interés fue provista por el Departamento de Investigación y Tecnología de la Dirección General de Cooperación de Holanda (Anexo 1).

### 3. POSIBILIDADES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En muchos países en desarrollo el número de abastecimientos de agua para consumo humano se ha incrementado considerablemente. Este incremento es altamente necesario para mejorar las condiciones de vida de la población; sin embargo, y como consecuencia del aumento en el consumo de agua, mayores volúmenes de aguas residuales son producidos creando consecuentes problemas de salud pública e higiene. Este problema es de menor importancia en áreas donde han sido aplicados sistemas de saneamiento a nivel domiciliario, pero se vuelve más agudo y problemático a nivel de ciudades y pequeñas poblaciones que tienen sistemas de alcantarillado para la recolección de aguas residuales. Este es el caso particular de la mayoría de los países de América Latina, como también de Asia y algunas partes del Africa. Con el creciente interés en la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, para su racional utilización en el desarrollo económico de estos países, el tratamiento y adecuada disposición de las aguas residuales de acuerdo con objetivos claros de calidad, se vuelve poco a poco más importante; sin embargo, las tecnologías existentes, como los sistemas de tratamiento aeróbico, los cuales son altamente mecanizados y consumidores de energía, e implican un manejo altamente especializado y altos costos de inversión, operación y mantenimiento, se convierten en alternativas que están más allá de las posibilidades reales de estos países. En consecuencia, se requieren alternativas de tra-

tamiento más económicas y simples. Los sistemas de tratamiento anaeróbico con reactores de alta tasa son cada día más relevantes.

### 3.1 POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO EN COLOMBIA

En Colombia existe un gran interés y deseo del Gobierno en mejorar la situación actual en lo que concierne al control de la contaminación, tratamiento y adecuada disposición de las aguas residuales.

De las 17 Corporaciones Regionales existentes, cuya función principal es la conservación y manejo de los recursos naturales renovables y el desarrollo económico del área bajo su jurisdicción, 13 están en operación actualmente, y las restantes empezarán a funcionar en el presente año.

Las regiones no cubiertas por las corporaciones se encuentran bajo jurisdicción del Inderena. Todas estas entidades cumplen la función de vigilancia y control de los recursos naturales, y están respaldadas por las diferentes leyes existentes. En el caso del control de la calidad del agua, el Ministerio de Salud delega a estas entidades (excepto C.V.C y C.A.R., que la tienen por ley) la función de hacer cumplir la legislación existente en la materia, para lo cual la ley da la facultad de expedir acuerdos y resoluciones propias al respecto (Anexo 2 "A" y 2 "B").

En relación con el control de la contaminación de los recursos hídricos la C.V.C., se encuentra más desarrollada que las otras corporaciones, seguida por C.D.M.B. y C.A.R.

Recientemente en el Decreto 1594/84 se dió a conocer la nueva reglamentación sobre usos del agua y residuos líquidos.

En este Decreto se indican los porcentajes requeridos de remoción de diferentes parámetros en el tratamiento aguas residuales para usuarios existentes y nuevos. Igualmente se incluyen normas de calidad para corrientes y otros cuerpos superficiales de acuerdo a su posible destinación para distintos usos (Anexo 3).

### 3.2 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

En la actualidad de las 971 cabeceras municipales<sup>1/</sup>, existentes en Colombia, sólo unas pocas (menos de 10), tienen algún tipo de tratamiento de aguas residuales. En el futuro y de acuerdo con la reglamentación cada vez más estricta de la legislación en Colombia, en materia de normas de calidad de acuerdo a usos y calidad de efluentes, deberá aumentar el número de instalaciones para tratamiento de aguas servidas.

Las grandes ciudades del país han empezado a tomar medidas con relación a este problema. Se han realizado estudios a diferentes niveles, y otros están en desarrollo actualmente; sin embargo, los resultados hasta el presente han mostrado que la utilización de sistemas convencionales aeróbicos son extremadamente costosos.

### 3.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

También en esta área, la industria a nivel nacional ha mostrado un creciente interés y preocupación en lo que hace referencia al tratamiento de aguas residuales. La nueva legis-

---

<sup>1/</sup>Hace referencia a las creadas hasta diciembre de 1981.



lación existente es altamente estricta, y el cobro de sobre tasas por contaminación hace parte de la nueva reglamentación a nivel nacional.

En lo que hace referencia a sistemas de tratamiento, se ha dicho ya que los procesos aeróbicos son altamente costosos, mientras que el tratamiento anaeróbico se vuelve realmente factible (por su atractivo) desde el punto de vista económico; sin embargo, su utilización requiere una mayor experiencia y conocimiento técnico. De tal suerte que en el caso del tratamiento de aguas residuales municipales se hace necesaria una asesoría externa altamente calificada por un extenso período de tiempo.

## 4. ORGANIZACION DEL PROYECTO

### 4.1 OPERATIVIDAD DEL PROYECTO

En el mecanismo seleccionado de operatividad del proyecto, los responsables por el manejo diario del mismo fueron: un Ingeniero Residente holandés, con colaboración de la contraparte colombiana Universidad del Valle, bajo el control administrativo y científico por parte de Haskoning y la Universidad de Wageningen respectivamente.

Este mecanismo de organización resultó adecuado, y los altos costos involucrados, son justificables debido a que la Tecnología del Tratamiento anaeróbico en Colombia es completamente nueva.

El proyecto llegó a ser aún más positivo cuando estudiantes holandeses en período de práctica, con experiencia y probado conocimiento sobre esta Tecnología se involucraron en él. Su trabajo reforzó fuertemente las investigaciones y la recolección de información, respaldada también por la participación de estudiantes colombianos, quienes realizaban investigaciones (Tesis) previas, requeridas para optar al grado de Ingeniero.

### 4.2 PREPARACION DEL PROYECTO

Los términos de referencia del Proyecto especifican clara-

mente las principales funciones de las cuatro instituciones involucradas en el mismo, aportando unas bases sólidas para un eficiente manejo del Proyecto.

Un elemento no incluido en los términos del Proyecto, y necesario posteriormente, fue el entrenamiento del personal de laboratorio en técnicas especializadas de análisis.

La iniciación del Proyecto fue aplazada debido a extensas y necesarias discusiones, antes de que la dirección general de cooperación internacional del Gobierno de Holanda aprobara su realización.

Aceptado el proyecto posteriormente, debido a varios malentendidos acerca del estatus del proyecto, este fue presentado al Departamento Nacional de Planeación solamente en el momento en que se suponía debería empezar su construcción, esto por supuesto retardó algo las actividades, pero afortunadamente no interfirió con las buenas relaciones existentes entre el Gobierno de Holanda y Planeación Nacional de Colombia.

Ingeniero Residente:

La selección y preparación del Ingeniero Residente fue hecha en forma muy rápida. Esto fue debido en parte a que la Universidad Agrícola de Wageningen, que era la responsable de su selección, no tenía personal disponible que pudiera ser radicado en Colombia por el período de tiempo del proyecto, hubiera sido conveniente un período de preparación mayor, aprovechando también que la contraparte por Colombia estaba tomando entrenamiento por tres meses en Holanda.

#### 4.3 MANEJO DEL PROYECTO

Cuando en casos como este, cuatro entidades hacen parte de un proyecto, la mejor forma de tener una continua comunicación, es sostener reuniones periódicas para intercambio de ideas y opiniones. Por razones de costos estas reuniones no tuvieron lugar, pero afortunadamente y debido a que el Director del Proyecto por parte de Haskoning, quien desarrollaba la función de Coordinación, estaba involucrado en otros proyectos en Colombia, pudo solventar la situación a costos razonables, resolviendo los problemas presentados, los cuales podrían haber provocado mayores interrupciones.

Las Entidades participantes:

Haskoning ha jugado una función principal en el proyecto, contribuyendo en gran forma a su éxito. Únicamente en la etapa inicial se presentaron algunos inconvenientes fuera de su alcance, especialmente con la importación del equipo y los problemas tenidos en la bomba de aguas residuales crudas. Por tales razones no pudieron cumplir con el objetivo algo optimista, de empezar en la fecha exacta las investigaciones.

El diseño de la Planta Piloto fue bien preparado con la colaboración de Incol. Haskoning igualmente prestó una adecuada colaboración al Ingeniero Residente durante el desarrollo del proyecto.

Así mismo, en la realización del Seminario las cuatro entidades, llevaron a cabo, mediante una excelente organización, la transmisión de los principios básicos sobre Tecnología a entidades públicas y privadas de la mayoría de las regiones del país.

La Universidad Agrícola de Wageningen preparó un excelente programa de investigación; sin embargo, algunos aspectos como: las limitaciones en investigación existentes en Colombia, por ejemplo el alto costo de los insumos químicos, y la poca experiencia en mantenimiento de equipo altamente especializado, no fueron tenidos en cuenta suficientemente. Los esfuerzos realizados durante el desarrollo del proyecto para reducir el uso de productos químicos no tuvieron éxito. Las visitas realizadas por el personal de la Universidad involucrados en el proyecto (una visita de un experto cada seis meses), fue bastante útil en la discusión de resultados y reprogramación de la investigación.

La Universidad del Valle tuvo una participación fundamental en el proyecto. A pesar de los inconvenientes presentados en un principio, siempre se mantuvo el mismo entusiasmo. En forma particular hubo dificultades por la diferencia de métodos utilizados para la determinación de la demanda química de oxígeno, entre la Universidad del Valle y el recomendado en el proyecto; finalmente fue solucionado con la provisión de nuevo equipo.

Algunas veces la cantidad de muestras provenientes del Reactor Anaeróbico y de otros proyectos, coparon más allá de su capacidad el laboratorio de Univalle. Afortunadamente debido al gran esfuerzo del personal del laboratorio, este aspecto no interfirió con la investigación.

La contraparte colombiana del Ingeniero Residente rápidamente asimiló los conceptos básicos de la nueva Tecnología. Igualmente las condiciones altamente calificadas del técnico por Colombia, y su condición de Profesor de Tiempo Completo de la Universidad le permitieron transmitir el conocimiento recibido a los estudiantes.

Desafortunadamente el técnico colombiano estaba involucrado en otras actividades y en consecuencia no era disponible de Tiempo Completo para el proyecto.

La participación de estudiantes colombianos empezó a partir de 1984 y continuará en 1985, debido a que fue introducido nuevamente en el programa de Ingeniería Sanitaria de Univalle, la obligación de hacer Tesis como requisito indispensable para obtener el grado de Ingeniero. Este aspecto incrementará las posibilidades de futuras investigaciones en la Universidad.

Los Técnicos Consultores locales involucrados en el programa (Incol) fueron altamente eficientes, adquiriendo gran experiencia en la labor de supervisión de construcción de instalaciones para tratamiento de aguas residuales. Así mismo su labor de soporte en las actividades de Haskoning durante el proyecto fue fundamental.

Adicionalmente a las cuatro partes ya mencionadas, ENCALI aportó una valiosa colaboración al proyecto. Ellos permitieron la construcción de la planta piloto en una de las estaciones de bombas de la empresa, colaborando en la instalación de las bombas y transporte de materiales.

#### 4.4 EXTENSION

Debido a los inconvenientes presentados en la primera etapa del proyecto, las investigaciones no pudieron ser terminadas en el período programado, de tal forma que se presentó una propuesta de extensión del proyecto. Esta fue algo ambiciosa, teniendo en cuenta que incluía investigación en sistemas de post-tratamiento.

La aceptación de la propuesta en Holanda tomó algún tiempo, el cual podría haber sido evitado si se hubiera creado un comité de consulta de expertos holandeses para asesorar a la dirección general de Relaciones Exteriores de Holanda en este proyecto.

De otro lado una vez terminado el proyecto, Univalle conjuntamente con Emcali, quisieron continuar la investigación. Debido a la excelente experiencia que estas entidades han tenido con los estudiantes holandeses, se considera que sería de gran utilidad si esta colaboración pudiera continuar en el futuro, la cual también permitirá una mayor consulta y flujo de información. De igual forma la Corporación Autónoma Regional del Cauca C.V.C., tiene gran interés de continuar con la colaboración de estudiantes holandeses, los cuales prestaron gran ayuda al montaje y operación de Plantas Piloto para estudios de tratabilidad de aguas residuales agroindustriales mediante procesos anaeróbicos de alta tasa. Las entidades mencionadas podrán contribuir en alguna forma con los gastos que implique la permanencia de estos técnicos holandeses en Colombia.

## 5. FACTIBILIDAD DEL PROCESO

### 5.1 INVESTIGACIONES EN LA PLANTA PILOTO UASB

La distribución de las unidades de la Planta Piloto fue bien diseñada y mantenida. Este aspecto contribuye en gran forma a la divulgación de la tecnología UASB.

La Planta Piloto para el tratamiento anaeróbico de aguas residuales de carácter doméstico, mediante reactores de alta tasa tipo UASB, fue puesta en marcha en Junio de 1983, utilizando una baja cantidad de inóculo y baja carga orgánica; posteriormente la carga orgánica (en términos DQO) sería gradualmente incrementada.

A pesar de la baja cantidad de inóculo para el arranque de la planta, el crecimiento del lodo fue considerable, aún con la carga orgánica inicialmente aplicada. En Diciembre de 1983 el procedimiento de arranque y puesta en marcha fue finalizado, y la carga orgánica en ese momento era comparable a condiciones normales de operación.

Los primeros resultados obtenidos fueron confirmados por posterior investigación, y muestran que el proceso UASB tiene muy buenas perspectivas para el tratamiento de aguas residuales de carácter doméstico en las condiciones ambientales seleccionadas (temperatura promedio 25°C). El reporte técnico de progreso 3, indica que con tiempos de reten-



ción hidráulico de 4-6 horas, se obtuvieron remociones de carga orgánica en términos de DQO, del 75-85%, y de DBO del 75-90%. Sin embargo, la remoción de organismos patógenos no fue muy alta. La información contenida en este reporte es muy relevante y se convierte en un buen punto de partida para posterior interpretación de los resultados.

Algunos puntos de importancia en este sentido son los siguientes:

- La composición del influente; parece ser que en el sistema de alcantarillado tiene lugar un efecto importante de biodegradación. Igualmente el influente contiene una alta cantidad de material inorgánico, (especialmente partículas finas que promueven la sedimentación).

El efecto de estos dos aspectos puede ser bastante apreciable y necesita cuidadosa interpretación que permita una aplicación de los resultados de la investigación en una mayor escala.

- Relación entre los parámetros del proceso y la calidad del efluente. La eficiencia del proceso con base en el análisis de muestras filtradas, durante ciertos períodos, difiere en gran forma de las muestras no filtradas. Este aspecto, toma gran importancia, en el sentido de ver cuando y mediante que ajustes, el contenido de sólidos suspendidos del efluente puede ser controlado.
- La importancia de la unidad de separación de fases. Este aspecto se vuelve importante, teniendo en cuenta que los costos de construcción pueden ser reducidos, al eliminar el colector de gas. Esto se puede aplicar especialmente en el caso de pequeñas instalaciones que tratan solamente aguas residuales de carácter doméstico, debido a que la

producción de gas es baja y no se justifica económicamente su utilización.

- Variaciones de la carga hidráulica

La simulación de la variación en la configuración del afluente es de gran importancia para verificar la influencia de la carga superficial.

## 5.2 CONSTRUCCION DE REACTORES A ESCALA MAYOR

Sobre la base de la interpretación de los resultados de la investigación se pueden diseñar reactores tipo UASB, a escala mayor para el tratamiento de aguas residuales de carácter doméstico bajo condiciones tropicales. Para el adecuado dimensionamiento de tales plantas deberán conocerse las fluctuaciones esperadas en el afluente y la composición de las aguas residuales, particularmente si existen descargas importantes de aguas residuales industriales en el alcantarillado. Los materiales de construcción requeridos para las instalaciones son de fácil consecución en Colombia.

El sistema de entrada y distribución del flujo en la Planta Piloto, parece ser altamente eficiente y de fácil limpieza. Sin embargo, algunos de los materiales usados necesitan ser revisados, en particular lo que concierne a los vertederos triangulares.

Especial atención deberá darse a la bomba del afluente a la planta piloto. Las bombas seleccionadas dieron bastantes dificultades y no fueron muy confiables.

## 5.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL REACTOR TIPO UASB

El diseño del reactor es bastante apropiado (estructural-

mente fuerte), y contiene muy pocas partes móviles. Este aspecto facilita en gran parte la operación y mantenimiento, particularmente debido a que en muchos casos en Colombia el agua residual puede llegar a la planta de tratamiento por gravedad.

El arranque y puesta en marcha del proceso, tal como se mostró en la Planta Piloto, no es un aspecto que pueda crear muchas dificultades, y no requerirá casi la necesidad de utilizar un inóculo, debido a que las aguas residuales bajo condiciones ambientales favorables, contienen un alto porcentaje de material biológicamente activo que sedimenta fácilmente.

Sin embargo es de gran importancia usar los resultados de los experimentos realizados hasta el presente para establecer unas guías básicas de control de contenido de lodos en el reactor, mediante una remoción periódica de los mismos. Estas guías deberán también indicar la forma de disposición del lodo de exceso.

Así mismo el desarenador necesita un diseño y mantenimiento cuidadosos.

Como una continuación del proyecto, será de gran utilidad la preparación de un manual de diseño y construcción.

#### 5.4 POST-TRATAMIENTO

Las investigaciones sobre post-tratamiento se iniciaron para obtener en forma preliminar, algunas ideas sobre su potencial en la remoción de nutrientes y microorganismos patógenos, los cuales no fueron removidos considerablemente en el sistema UASB.

Los seis sistemas de post-tratamiento (reporte técnico de progreso 3), fueron seleccionados en consulta con las diferentes partes que participan en el proyecto. Teniendo en cuenta que el período disponible para investigación fue bastante corto, los resultados darán únicamente una primera impresión del uso potencial de estos post-tratamiento en combinación con el proceso UASB.

La posible continuación de la investigación de estos seis sistemas de post-tratamiento una vez concluido el proyecto, requerirá de considerable esfuerzo por parte de la Universidad del Valle.

Sería de gran utilidad estudiar en primer lugar el potencial de aplicación de estos sistemas en Colombia, antes de continuar la investigación. Estos estudios deberán tener en cuenta las guías y criterios establecidos para la calidad del efluente, los costos que implican y la eficiencia de los sistemas.

#### 5.5 FACTIBILIDAD FINANCIERA

En el reporte de progreso 3, los sistemas de tratamiento anaeróbico con tecnología UASB, pequeños ( 2.000 P.e) y a escala mayor, se comparan con otros sistemas como tanques sépticos e Imhoff, lagunas de estabilización y procesos aeróbicos. Es muy importante una interpretación amplia del segundo objetivo del proyecto UASB; sin embargo, sería de gran utilidad si la eficiencia de todos los procesos mencionados, conjuntamente con la posible necesidad de un post-tratamiento para el proceso UASB, fueran tenidas en cuenta.

Hasta la presente la calidad higiénica de los lodos de exceso del proceso UASB, no ha sido examinada. Así mismo,

no ha sido establecido el posible valor de este lodo para su utilización como fertilizante, aunque se predice que no será muy adecuado.

El biogas producido en el reactor puede llegar a ser utilizado (ejemplo, para uso doméstico, electricidad, combustible para vehículos). Sin embargo, cuando se tratan solamente aguas residuales de origen doméstico, la producción de biogas no es muy alta. Para pequeñas instalaciones el uso económico del gas parece poco factible. En el caso de instalaciones mayores, puede ser posible su utilización, principalmente a través de su almacenamiento en ciclindros, debido a que la construcción de sistemas de distribución implica muy altas inversiones.

Se nota una gran economía en la construcción mediante la utilización de materiales de bajo costo y la eliminación del colector, si no es económicamente factible la utilización del mismo.

#### 5.6 ACEPTABILIDAD DEL PROCESO

En términos generales se espera que el proceso UASB no tenga mayores resistencias en cuanto a su aceptabilidad a nivel nacional. Las experiencias obtenidas con la planta piloto de Cali, indican que no existe ningún problema de malos olores con el sistema. En consecuencia se puede concluir que en el caso de aguas residuales con bajo contenido de compuestos de azufre, no se presentarán problemas con malos olores, en la utilización del sistema UASB (eficiencia de remoción de carga orgánica 70-80%).

Sin embargo algunos de los participantes en el Seminario manifestaron algunas dudas sobre los problemas ocasionados

por malos olores producidos por el proceso. El riesgo que existe es que aquellas personas que tienen la capacidad de tomar decisiones, piensen equivocadamente que los procesos anaeróbicos de alta tasa como el UASB, son similares a las condiciones anaeróbicas que ocurren en algunos procesos aeróbicos, los cuales si pueden crear malos olores.

Estas posibles mal interpretaciones necesitan una cuidadosa explicación en las publicaciones que se hagan.

Es necesario investigar la calidad higiénica del lodo, con el propósito de decidir cuándo es necesario realizar tratamiento adicional antes de su disposición final.

Tal como se ha comentado anteriormente en el presente documento, la calidad higiénica del efluente no es la mejor, debido a la baja eficiencia del proceso en remoción de microorganismos patógenos. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta el post-tratamiento, en el momento en que se decida sobre la descarga o reuso (para agricultura), del efluente de la planta.

## 6. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS CON LA TECNOLOGIA ANAEROBICA DE ALTA TASA

La transferencia y comunicación de las experiencias y resultados ha sido principalmente a través de los siguientes medios:

- Un curso de 16 horas de intensidad en la Universidad del Valle. En este curso participaron 23 estudiantes. Así mismo se planea preparar un curso electivo dentro del programa académico de Ingeniería Sanitaria, sobre Tratamiento Anaeróbico, con una duración de un semestre (Aproximadamente 14-16 semanas), y una intensidad de cuatro horas por semana. Se anticipa también que otros docentes de la Sección de Saneamiento Ambiental deberán estar involucrados en el futuro para enseñar y transmitir los fundamentos del Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales.
- Presentaciones formales por parte de personal de Universidad del Valle:
  - . XXV Congreso de ACODAL, Cali - 1982
  - . Conferencia sobre algunos conceptos básicos de la Tecnología Anaeróbica, Bucaramanga - 1984.
  - . Curso preparatorio sobre la Tecnología UASB para personal y estudiantes de Univalle, y personal de CVC, con la colaboración del Ingeniero Residente, Cali Abril 1984.

- . Presentación especial ante el Departamento Nacional de Planeación, dentro del objetivo de dar a conocer tecnología y experiencias que puedan contribuir al desarrollo socio-económico del país, mediante la utilización racional de los recursos económicos disponibles. Intensidad ocho horas, Bogotá, Julio 12 de 1984.
- Presentaciones formales del personal de la Universidad Agrícola de Wageningen:
  - . Presentación en Univalle, Cali, octubre de 1983.
  - . Presentación en la Asociación Nacional de Industriales, Medellín, abril de 1984.
  - . Presentación en Universidad de Antioquia, Medellín Abril de 1984.
- Curso preparatorio y Seminario sobre los fundamentos y experiencias de la tecnología anaeróbica en Colombia y otros países, Cali octubre 17, 18 y 19 de 1984.

El curso preparatorio y el Seminario tuvieron una excelente acogida. por parte de los técnicos en Ingeniería Ambiental de las instituciones privadas y públicas del país (Anexo 6). Dos de las conferencias fueron presentadas en inglés y una en portugués, en relación con este aspecto algunos participantes pudieron tener problemas en el seguimiento de las presentaciones; sin embargo, eso fue solucionado en parte mediante la distribución previa de artículos sobre estas conferencias traducidas al español. Sin embargo hubiera sido mejor, la utilización de traducción simultánea.

En Colombia no se ha hecho todavía transferencia de los



fundamentos y experiencias con esta tecnología mediante publicaciones, principalmente porque los resultados de la investigación necesitan tiempo para su interpretación y análisis. Los artículos sobre las conferencias entregadas en el Curso Preparatorio y Seminario pueden servir de base para una publicación de los resultados preliminares de la investigación.

Para tal efecto las siguientes publicaciones técnicas periódicas pueden ser apropiadas:

#### COLOMBIA

Revista de Acodal

Revista de Ainsa

Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional.

Revista de la Sociedad Colombiana de Ingenieros "Anales de Ingeniería".

Revista Asquimco (Asociación Química Colombiana).

#### AMERICA LATINA

Revistas y publicaciones periódicas de las diferentes seccionales de AIDIS en América Latina (e.g. Revista DAE-Argentina).

#### HOLANDA

Revista H<sub>2</sub>O

OTRAS PUBLICACIONES DE U.S.A. Y EUROPA OCCIDENTAL

Journal Water Pollution Control Federation

Journal Environmental Division, American Society of Civil Engineers

Journal Water Pollution Control (England)

Journal of Applied Chemistry

Journal Biotechnology and Bioengineering

Journal American Water Works Association

Journal World Water

Otro importante canal de transmisión de la tecnología es a través de la construcción de plantas piloto en diferentes regiones. Este aspecto será discutido en el siguiente capítulo. Con base en el interés demostrado por los participantes en la visita a la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, se puede deducir que mediante un proyecto de demostración se tiene un adecuado instrumento para introducir esta tecnología en otros países.

## 7. ALCANCES DE LA NUEVA TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL PROCESO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE CON MANTO DE LODOS (UABS)

Los resultados de la investigación de Planta Piloto desarrollada en Cali para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico (UASB), ha despertado un gran interés debido a su simplicidad y bajos costos de inversión, operación y mantenimiento, especialmente en comparación con los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales.

Se están empezando a desarrollar en diferentes lugares de Colombia nuevas plantas con esta tecnología. La eficiencia de remoción de carga orgánica mediante el proceso UASB es suficiente de acuerdo con la legislación colombiana existente; sin embargo desde el punto de vista bacteriológico, la eficiencia de remoción de microorganismos patógenos no es muy alta, y por lo tanto, en relación con este aspecto, el efluente es de menor calidad que el producido por otros sistemas convencionales. Sería muy conveniente que en el futuro se adoptaran, de acuerdo a las circunstancias, normas de calidad bacteriológicas para efluentes, en el Valle del Cauca y otras regiones de Colombia. En tal caso el proceso anaeróbico deberá completarse con algún post-tratamiento. De otro lado, debido a los costos de tratamiento y a la situación económica actual del país, va a transcurrir algún tiempo antes de que la legislación colombiana llegue a ser más estricta en lo que a normas sobre efluentes se refiere.

En consecuencia puede ser de gran utilidad comparar el proceso UASB con y sin su post-tratamiento y con otros sistemas, como también investigar las posibilidades de simplificar aún más el diseño del proceso anaeróbico (UASB).

#### 7.1 PEQUEÑAS INDUSTRIAS

En Colombia existen un gran número de pequeñas industrias de Café y otros productos agrícolas a nivel rural, en las cuales se producen aguas residuales que son factibles de tratar por medio de la tecnología UASB. En el Valle del Cauca, la C.V.C., da asistencia técnica a estas pequeñas agroindustrias, en consecuencia esta entidad está interesada en futuras investigaciones acerca de la aplicación del proceso UASB para el tratamiento de este tipo de aguas residuales. Las experiencias previas en investigación realizadas por uno de los estudiantes holandeses de la Universidad de Wageningen en este aspecto fueron bastante positivas.

La C.V.C. estaría dispuesta a continuar estas actividades con estudiantes holandeses, y a contribuir con algunos de los costos de permanencia de estos técnicos en Colombia.

#### 7.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El tratamiento de aguas residuales industriales mediante la tecnología UASB tiene un alto potencial de aplicabilidad y su aceptación por parte de diferentes industrias ha crecido rápidamente.

El tratamiento de aguas residuales industriales es más complicado que el de aguas residuales domésticas, y a menudo requiere gran experiencia y conocimiento de la tecnología de

tratamiento anaeróbico. En la mayoría de los casos se requieren extensos estudios de tratabilidad, mediante la utilización de plantas piloto a escala laboratorio y campo.

El establecimiento de un programa de recolección, transferencia de resultados y experiencias sobre investigaciones con el proceso UASB, para tratamiento de aguas residuales industriales, será de gran utilidad en Colombia, porque de esta forma se puede reducir el riesgo de experiencias negativas en costosas investigaciones.

La información recogida sobre tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales deberá ser revisada y analizada, por ejemplo por un grupo de técnicos colombianos altamente capacitados, con asesoría externa, este grupo podría ser coordinado por el Departamento Nacional de Planeación.

### 8. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos con el proyecto son altamente satisfactorios, y con ello se demuestra el gran potencial del proceso anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico bajo condiciones tropicales.
2. A escala de Planta Piloto para tratamiento de aguas residuales industriales y a escala real para tratamiento de aguas residuales domésticas, se han construido, se encuentran en construcción, o se planean construir algunas plantas en el futuro, como un resultado directo del proyecto.
3. La eficiencia del proceso en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), y sólidos suspendidos (S.S) es altamente significativa; de otro lado y con referencia a la calidad bacteriológica del efluente y a la calidad del lodo de exceso, se requiere de una mayor investigación de estos aspectos, con el propósito de decidir qué alternativa de solución es más recomendable, con el propósito de aminorar los posibles impactos adversos sobre el medio ambiente.
4. La utilización del gas producido en el proceso anaeróbico (UASB), en el tratamiento de aguas residuales domésticas altamente diluidas, provenientes de pequeñas

comunidades, es muy poco factible económicamente, considerando la baja producción de biogas. Sin embargo, en el caso de poblaciones mayores, y existiendo un menor grado de dilución de las aguas residuales domésticas, puede llegar a ser factible su utilización, requiriendo mayores inversiones iniciales.

5. La iniciación del proyecto se vió demorada por el corto tiempo disponible después de que la dirección general de cooperación internacional holandesa dió su aprobación al proyecto. Así mismo habría sido muy positivo involucrar desde las primeras etapas del proyecto al Departamento Nacional de Planeación de Colombia.

El corto tiempo disponible fue un contraste con el extenso período de discusiones antes de que se diera la aprobación al proyecto.

Las demoras posteriores fueron debidas principalmente a problemas con la importación de equipo -aspecto que no era del dominio de las partes involucradas en el proyecto-, las dificultades encontradas con la bomba de agua residuales crudas afluentes a la planta piloto, y con las diferencias presentadas en los métodos de análisis de algunos parámetros, los cuales no fueron discutidos y acordados previamente.

6. La propuesta de extensión del programa fue demasiado ambiciosa para el tiempo planeado de duración de la misma (7 meses). La implementación de esta etapa no fue muy continua, de acuerdo al ritmo del proyecto, debido a la demora en su aprobación.
7. La selección hecha para la administración y desarrollo

del proyecto fue apropiada, teniendo en cuenta que la responsabilidad asignada tenía que ver con la introducción de una nueva tecnología en Colombia.

8. Las cuatro partes participantes en el proyecto, cada una de acuerdo a la función asignada, han contribuido en buena forma al éxito del proyecto.
9. La participación de estudiantes holandeses, reforzó en buena parte tanto el proyecto, como la adecuada recolección de información. La capacidad de generación de la misma se incrementó aún más en 1984, a través de la participación de estudiantes colombianos trabajando en tesis, como último requisito para obtener el grado de ingenieros.
10. El incremento futuro en el uso de la tecnología UASB en Colombia, indica que la preparación de un curso electivo con intensidad de un semestre sobre tratamiento anaeróbico en Univalle, será de gran importancia para la transferencia de los fundamentos y experiencias del proceso.

El Taller y Seminario organizado por las partes del proyecto, fue un paso importante para el desarrollo de esta función.

11. Debido al gran interés y a la aplicación potencial de esta tecnología en Colombia como en otros países, los resultados y experiencias del proyecto debidamente interpretados, deberán ser transmitidos lo más rápidamente posible.
12. Un intercambio posterior de experiencias e información entre Colombia y Holanda será de gran utilidad para estos países, así como para otros interesados en la tecnología UASB.



## 9. RECOMENDACIONES

### 9.1 DISEÑO A MAYOR ESCALA

Para poder desarrollar criterios de diseño de instalaciones a mayor escala, los resultados de la Planta Piloto necesitan una cuidadosa interpretación. Para tal efecto los resultados del reactor anaeróbico tipo UASB construido en Neiva, y el cual fue puesto en marcha hace dos meses aproximadamente, puede proveer una información muy útil. Particularmente, la comparación de las características del lodo de ambas instalaciones, puede ser de gran valor.

Para permitir una mejor evaluación del potencial de aplicación deberá investigarse la calidad higiénica del lodo de exceso y su posible utilización como acondicionador del suelo.

Una experiencia limitada existe en Colombia con la selección y operación de bombas y otros equipos para aguas residuales. Sería de gran utilidad evaluar la eficiencia y funcionamiento de las bombas y otros equipos producidos en Colombia, con el propósito de evitar problemas, tales como los ocurridos en la planta piloto de Cali debido a las frecuentes fallas de estos equipos.

## 9.2 PLANTA PILOTO

Para que sea posible continuar con la investigación por parte de la Universidad, ENCALI y posiblemente la Universidad Agrícola de Wageningen, la planta piloto debería ser entregada operando satisfactoriamente a ENCALI, incluyendo la bomba sumergible.

Para futuros experimentos sería de gran utilidad la realización de un convenio entre las dos entidades, en el cual se sugeriría tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Especificar quién sería el propietario del equipo y de la planta piloto.
- Permitir sin mayores restricciones el acceso a la planta a estudiantes y trabajadores de la Universidad y de las otras partes involucradas en el proyecto.
- El intercambio y accesibilidad a los resultados del experimento.

## 9.3 EQUIPO DE LABORATORIO

Para permitir una fácil implementación de posteriores investigaciones, la realización de un inventario del equipo existente en el laboratorio, y la necesidad de productos químicos será revisada. La búsqueda e investigación de nuevos métodos de análisis que permitan reducir los costos de utilización de productos químicos, la eliminación de análisis poco relevantes, y si es necesario asistencia en la compra de reactivos, serán de gran utilidad; debido a la inflación el costo de los químicos y equipos pueden aumentar rápidamente. Este aspecto deberá ser tenido en cuenta.

Se requiere entrenamiento adicional en el uso del cromatógrafo de gases, incluyendo práctica en la solución de problemas en la operación del mismo. También se deberá investigar si la instalación del cromatógrafo de gases en la sección de procesos, puede contribuir en una mayor eficiencia de manejo y utilización, dado que esta sección tiene más experiencia en el manejo de este tipo de equipos.

#### 9.4 INVESTIGACION EN LA PLANTA PILOTO

Será de gran utilidad la preparación de un programa de investigación en consulta permanente con las instituciones del sector público, tales como en Cali, Aquavalle, Insfo-pal, INS, etc.

Algunas sugerencias para investigación adicional son:

Identificación de la relación entre la calidad del efluente (particularmente de los sólidos suspendidos), el tiempo de retención hidráulico y la carga superficial, a través de una simulación adecuada de la calidad del afluente.

Identificar la interrelación entre la remoción de microorganismos patógenos y los distintos parámetros del proceso.

Investigar la influencia sobre los parámetros del proceso de varios componentes de las aguas residuales (estrechamente relacionados a problemas que puedan surgir en la práctica).

#### 9.5 SUGERENCIAS PARA FUTURAS COLABORACIONES

Actualmente varias plantas para tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas, a escala piloto o real están en su fase de planeamiento o de construcción, con a-

sistencia técnica de personal que participó en el proyecto UASB (Anexo 4). Este aspecto proporciona una gran ayuda para la generación de información sobre la posible aplicación de la tecnología anaeróbica tipo UASB. La realización de un acuerdo entre las universidades de Wageningen y del Valle para soporte técnico de las investigaciones, participación de estudiantes y personal técnico, y posible intercambio de ideas y conocimientos sobre el tema, sería de gran beneficio para todas las partes, al contribuir a la recolección de información sobre experimentos actuales y futuros. Deberá tenerse en cuenta que algunas de las plantas piloto estarán directamente en las industrias, el acceso a esta información no será siempre fácil.

Otras entidades que están interesadas en cooperar en las investigaciones, y trabajar con estudiantes holandeses, son C.V.C. y EMCALI deberá analizarse el potencial de la participación de CVC y EMCALI en colaboración con Univalle y D.N.P.. Así mismo se deberá investigar la posibilidad de involucrar a más universidades e instituciones para divulgar a nivel nacional las experiencias obtenidas con el proceso UASB.

Organizar un seminario en Bogotá, sobre tratamiento anaeróbico de aguas residuales, mediante reactores de alta tasa, tipo UASB. El seminario deberá ser dividido en dos partes principales: una primera, en la cual se enfoque desde el punto de vista de políticas, la necesidad de llevar a cabo un programa nacional de control de contaminación y la forma como el proceso UASB puede contribuir en este aspecto, indicando igualmente sus posibles limitaciones; y una segunda, en la cual se traten a fondo los fundamentos teóricos y los aspectos de operación del proceso UASB.

Será de gran importancia, invitar a este seminario la mayor cantidad de participantes provenientes de las instituciones que planean, construyen y manejan los servicios de acueducto, alcantarillado, caracterización y tratamiento de aguas residuales en Colombia. Estas son principalmente: empresas públicas y municipales, Insfopal y Empos, INS y Seccionales, municipios, corporaciones regionales, Inderena, Himat y Federación de Cafeteros. Así como universidades y gremios que tengan que ver con este aspecto. Se sugiere investigar la posibilidad de que el D.N.P. estuviera dispuesto a coordinar el seminario.

Preparar y divulgar tan pronto como sea posible, el informe final de la investigación llevada a cabo en Cali con la tecnología UASB.

Publicar artículos en diferentes revistas técnicas nacionales e internacionales (Ver Capítulo 6), sobre el proyecto, dando la debida atención a las condiciones investigadas hasta el presente, especialmente lo relacionado con temperatura y otras variables ambientales.

Preparar un manual técnico sobre diseño, construcción, operación y mantenimiento del proceso anaeróbico de alta tasa, con tecnología UASB, comparándolo con otros sistemas de tratamiento.

Organizar y preparar el curso de un semestre sobre tratamiento anaeróbico en la universidad del Valle, e involucrar otros técnicos especializados de la universidad en el conocimiento de la tecnología UASB. Otros cursos a nivel pregrado (estudiantes avanzados), postgrado o cursos especiales, deberán ser organizados en otras universidades e instituciones del país.

Recopilar y seleccionar un volumen apreciable de literatura técnica sobre esta tecnología, enviarla a distintas universidades y bibliotecas institucionales (entidades técnicas) en Colombia.

#### 9.6 PROMULGACION DE SISTEMAS UASB EN COLOMBIA

Es muy importante lograr una comparación adecuada de reactores UASB para distintas capacidades, con o sin post-tratamiento, con otros sistemas. Esta deberá incluir eficiencias, posibilidades de aplicación, necesidades y costos de construcción, operación y mantenimiento. Es útil ampliar el objetivo del proyecto en este aspecto.

Teniendo presente las restricciones financieras de los países en desarrollo, deberán hacerse cuidadosas investigaciones para reducir aún más los costos del proceso UASB, mediante la utilización de materiales locales. Sin embargo, deberá tenerse especial cuidado en relación con problemas de corrosión, dadas la naturaleza agresiva que puedan tener las aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales mediante procesos anaeróbicos de alta tasa tipo UASB, bajo condiciones tropicales ha demostrado ser factible. Sería de gran utilidad investigar las posibilidades de este tipo de tratamiento, para temperaturas menores de 20°C, como es el caso de la sabana de Bogotá. Así mismo se deberá examinar la posible utilización de plantas que están en período de planeación en otras regiones y bajo circunstancias similares, las cuales pueden ser de gran utilidad en la investigación.

## 9.7 COORDINACION DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA

Es de gran importancia asegurar el posterior desarrollo de experiencias y coordinar las distintas investigaciones que se han iniciado con reactores de alta tasa tipo UASB en Colombia.

En consecuencia se recomienda conformar un comité nacional de expertos para coordinar las investigaciones y la recolección de información, en relación con el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el proceso UASB y en general de tratamiento con procesos anaeróbicos. Este comité deberá contar, por un largo período de tiempo, con la posibilidad de obtener asistencia técnica de la universidad de Wageningen y otras organizaciones.

El comité continuaría o iniciaría experimentos sobre tratamiento de aguas residuales industriales, mediante el proceso UASB y de esta forma evitaría costosas duplicaciones en investigación. Las industrias preferiblemente deberán estar dispuestas a financiar una parte sustancial, si no todo, de la investigación y de la posible asistencia externa, en caso de requerirse.

Funciones específicas del comité podrían ser: el inventario de las investigaciones en el campo del tratamiento anaeróbico en Colombia, y la preparación de un programa en relación con las investigaciones en esta materia.

## 9.8 ORGANIZACION DEL PROYECTO

1. La organización del proyecto, la cual es coordinada localmente por un investigador residente y una contraparte con respaldo y soporte científico, es recomendable

para la introducción de una nueva tecnología.

Como la asistencia externa requerida y el tiempo de preparación en la organización depende en gran parte de la experiencia del investigador residente y su contraparte, deberán ser tenidos en cuenta algunos puntos a saber:

- En general antes de la puesta en marcha del equipo, se deberá tener en cuenta el dominio y experiencia con el manejo del mismo.
  - Los objetivos, responsabilidades y accesibilidad a las instalaciones para el investigador residente y la contraparte, deberán ser establecidas claramente desde el principio, y ser revisadas con cierta periodicidad.
  - En la selección del investigador residente y su contraparte, deberá darse preferencia a personas experimentadas, preferiblemente quienes hayan trabajado algún tiempo en países en desarrollo, lo cual reduciría en gran forma la necesidad de asistencia externa.
  - Dentro de limitaciones razonables ambos, de consulta mutua, dispondrán de parte del presupuesto del proyecto.
2. En caso de contar con experiencias existentes en países en desarrollo, y teniendo prueba de que la contraparte tiene experiencia en investigación, no será necesario involucrar un investigador residente, sino solamente proveer soporte científico, suministro de equipo y un monitoreo regular.

La conformación de un grupo de monitoreo con sede en li-



landa, será de gran utilidad en el mayor éxito de las investigaciones que se adelanten en el futuro, en Colombia.

#### 9.9 PREPARACION DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION

En la preparación de un programa de investigación, se debe dar la atención requerida a lo relacionado con las metodologías de análisis existentes y a las condiciones actuales de disponibilidad de productos químicos. Si es necesario, se debe llevar a cabo un programa de entrenamiento del personal en las primeras etapas del proyecto.

#### 9.10 REPORTE

En un proyecto en el cual varias partes están involucradas, la realización, el nivel y las características generales de los reportes de avance necesitan ser definidos y acordados antes de la iniciación del mismo. Preferiblemente los reportes deberán ser escritos en el idioma del país de origen, o al menos incluir un resumen en el mismo.

Antes de la iniciación del proyecto las partes deberán acordar lo referente a la publicación de los resultados de la investigación.