

## ANEXOS



# ANEXOS

## Índice

<b>ANEXO A</b>	<b>MINUTA DE DISCUSIONES SOBRE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>A-1</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>MINUTA DE DISCUSIONES ENTRE CEPA Y EL EQUIPO DE ESTUDIO .....</b>	<b>B-1</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>TEMAS RELACIONADOS CON LA SEDIMENTACIÓN DEL CANAL EN EL PUERTO DE LA UNIÓN .....</b>	<b>C-1</b>
C.1	ESTABILIDAD DE LOS TALUDES .....	C-2
C.1.1	<i>Estabilidad de los Taludes en la Dársena .....</i>	<i>C-2</i>
C.1.2	<i>Estabilidad de los Taludes en el Canal Interno .....</i>	<i>C-3</i>
C.2	POSIBILIDAD DE LA REUBICACIÓN DEL CANAL .....	C-8
C.3	DRAGADO CON RASTRILLO .....	C-10
C.3.1	<i>Método de Dragado con Rastrillo .....</i>	<i>C-10</i>
C.3.2	<i>Evaluación del Dragado con Rastrillo .....</i>	<i>C-12</i>
C.3.3	<i>Métodos de Dragado Aprovechando una Corriente .....</i>	<i>C-14</i>
C.4	COMENTARIOS SOBRE EL PLAN DE CEPA .....	C-21
C.5	MÉTODOS DE DRAGADO .....	C-31
C.5.1	<i>Tipos de Dragado .....</i>	<i>C-31</i>
C.5.2	<i>Método de Dragado Apropiado .....</i>	<i>C-48</i>
C.6	PROFUNDIDAD Y VOLUMEN DE POST-DRAGADO POR SEGMENTO.....	C-53
C.7	POST-DRAGADO EN EL CANAL EXTERNO HACIA EL OESTE .....	C-65
C.8	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RE-DRAGADO .....	C-69
C.8.1	<i>Volumen Re-Dragado por ECOH .....</i>	<i>C-69</i>
C.8.2	<i>Volumen Re-Dragado por TOPONORT .....</i>	<i>C-70</i>
C.8.3	<i>Diferencia de volúmenes de re-dragado .....</i>	<i>C-71</i>
<b>ANEXO D</b>	<b>TÓPICOS RELACIONADOS CON EL ESTUDIO ECONÓMICO PARA EL PUERTO DE LA UNIÓN D-1</b>	
D.1	PUERTOS EN LOS PAÍSES COLINDANTES .....	D-2
D.1.1	<i>Guatemala .....</i>	<i>D-2</i>
D.1.2	<i>Honduras .....</i>	<i>D-15</i>
D.1.3	<i>Nicaragua .....</i>	<i>D-25</i>
D.1.4	<i>Costa Rica .....</i>	<i>D-30</i>
D.2	DETALLE DEL SUBMODELO DE TRANSPORTE MARÍTIMO .....	D-40
D.2.1	<i>Concepto básico del modelo .....</i>	<i>D-40</i>
D.2.2	<i>Definición de la función del costo del nexo .....</i>	<i>D-41</i>
D.2.3	<i>Solución .....</i>	<i>D-43</i>
D.2.4	<i>Tiempo de transporte marítimo .....</i>	<i>D-43</i>
D.2.5	<i>Costo monetario de tiempo del transporte marítimo .....</i>	<i>D-43</i>
D.2.6	<i>Puertos en el modelo .....</i>	<i>D-45</i>
D.2.7	<i>Red de transporte marítimo .....</i>	<i>D-50</i>
D.2.8	<i>Resultados de la estimación del submodelo de transporte marítimo .....</i>	<i>D-52</i>
D.3	ENTREVISTAS Y ENCUESTAS JUNTO CON LOS MIEMBROS DEL EQUIPO ECONÓMICO DE LA CEPA D-55	
D.4	MANUAL DE OPERACIONES DE COMPUTACIÓN DEL MODELO DE RECALADA DE BUQUES.....	D-66
D.4.1	<i>Idea general y precondition .....</i>	<i>D-66</i>
D.4.2	<i>Archivos a ser incluidos en el programa de computación .....</i>	<i>D-66</i>
D.4.3	<i>Procedimiento del cálculo de computación .....</i>	<i>D-72</i>
D.4.4	<i>Descripción de los archivos de salida (output files) .....</i>	<i>D-75</i>

ANEXO A MINUTA DE DISCUSIONES SOBRE LA EJECUCIÓN DEL  
PROYECTO

ANNEX A

Minutes of Meeting

on

Execution of the Project

of

Special Technical Assistance

for

Maintenance Dredging of the Port of La Unión

in

the Republic of El Salvador



Minutes of Meeting  
on  
Special Technical Assistance  
for  
Maintenance Dredging of the Port of La Union  
in  
the Republic of El Salvador

Agreed Upon Between

Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

and

Japan International Cooperation Agency

28 April, 2010  
San Salvador, El Salvador

For  
Japan International Cooperation Agency



三宅 光

Koichi Miyake  
Executive Technical Advisor,  
Economic Infrastructure Department

For  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

Guillermo López Suárez  
President

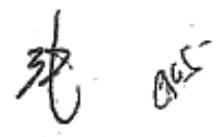
The mission of Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and the officials of Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as "CEPA") had discussions on the implementation of the Special Technical Assistance (hereinafter referred to as "TA") for efficient and effective maintenance dredging of the Port of La Unión (hereinafter referred to as "the Port").

CEPA and the JICA mission hereby agreed upon the draft Implementing Arrangement for the TA as per Appendix 1, subject to the approval by the competent higher authorities of both sides.

The main points discussed during the discussions are described in Appendix 2.

Appendix 1: Implementing Arrangement

Appendix 2: Main Points Discussed

Handwritten signatures in black ink, located in the bottom right corner of the page. There are two distinct signatures, one appearing to be 'SP' and the other 'AES'.

## IMPLEMENTING ARRANGEMENT

### I. Background

Based on the bathymetric surveys conducted during and after the dredging works, it has been observed a "sediment inflow" phenomenon in the channel and basin of the Port, which could seriously affect sustainability of the Port operation because the channel and basin should be maintained at a certain depth to receive large vessels at the Port.

In consideration of the above situation, JICA conducted the SAPI study on the sediment inflow from November 2008 to November 2009 (hereinafter referred to as "the SAPI Study"), and identify the mechanism of siltation as the fluid mud movement and predict the general tendency of siltation volume.

Due to the limited time-series bathymetric data at that time, however, the accuracy of the predicted siltation volume was not always enough to estimate the dredging cost. Furthermore, the variation of nautical depth, which is dependent on the speed of mud consolidation, has also remained unclear. Thus, it is currently difficult to provide a definitive plan for maintenance dredging including location, frequency and method, and hence difficult to elaborate the dredging cost and eventually financial analysis.

To make the Port function properly as a deep sea port, dredging method as well as cost is a vital issue in financial viability and a key factor for successful terminal operation either in the contingent stage of CEPA operation or in the stage of concession. Hence, CEPA requested JICA to provide an effective and efficient maintenance dredging plan.

### II. Purpose of the TA

The purposes of the TA are;

- 1) To prepare an effective and efficient maintenance dredging plan to make the Port function properly as a deep sea port
- 2) To transfer technology to cope with the siltation of the channel and basin, and assist CEPA to review/revise the prepared dredging plan based on the bathymetric monitoring data

3/8  
GCS

### III. Scope of the TA

#### III-1 To collect natural condition data

- 1) To compile time-series bathymetric data including the latest data obtained after the SAPI Study (The latest data will be provided by CEPA.)
- 2) To collect mud samples from the channel and basin

#### III-2 To predict the variation of nautical bottom/depth after dredging

- 1) To revise and/or reformulate models, which were built in the SAPI Study, to predict the siltation volume by location based on the analysis of time-series bathymetric data
- 2) To conduct detailed soil test on collected samples including settlement test and clarify the mud consolidation process
- 3) To formulate mud consolidation models after dredging works, which were examined in the SAPI Study
- 4) To predict the time-series variation of nautical bottom/depth after dredging based on the models developed in the above 1) and 3) (Dredging depth will be ranging from -10m to -15m.)

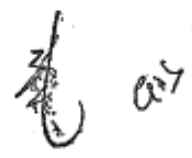
#### III-3 To formulate maintenance dredging plan by maintained depth

- 1) To set dredging conditions including particulars of a dredging vessel
- 2) To examine and prepare maintenance dredging plans to maintain the channel and basin at each depth, possibly ranging from -10m to -14m, based on the result of 4) in III-2 (The plans will include dredging location, volume, frequency and method.)

#### III-4 To propose a re-dredging plan together with a bathymetric monitoring plan

#### III-5 To transfer technology to cope with the siltation of the channel and basin

- 1) To compile the bathymetric monitoring data after the re-dredging work (The re-dredging work and monitoring work will be conduct by CEPA.)
- 2) To assist CEPA to analyze the above data and to review/revise the maintenance dredging plan examined in III-3
- 3) To formulate an action plan to cope with the siltation of the channel/basin toward successful terminal operation



#### IV. Schedule of the TA

The TA will be carried out in accordance with the tentative schedule as follows. The schedule may be subject to change during the course of the TA.

**Tentative Working Schedule**

Number of Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Work in El-Salvador		■					■			■									■	■	■		
Work in Japan	■		■						■					■				■					
(Re-dredging & Monitoring)												■											
Report		▲ ICR					▲ ITR1			▲ ITR2											▲ DFR		▲ FR

ICR : Inception Report  
 ITR1 - 3 : Interim Report  
 DFR : Draft Final Report  
 FR : Final Report

#### V. Reports

JICA will prepare and submit the following reports in English to CEPA.

- Inception Report  
Ten (10) copies at the commencement of the TA, containing its approach and methodology
- Interim Report 1  
Ten (10) copies, containing the result of work III-2
- Interim Report 2  
Ten (10) copies, containing the result of work III-3 & 4
- Draft Final Report  
Ten (10) copies, containing all works of III-1 to 5 as a draft completion report of the TA
- Final Report and Summary (Summary report will be prepared in English and Spanish)  
Ten (10) copies, within one (1) month after the receipt of the written comments on the Draft Final Report

*[Handwritten signature and initials]*

## **VI. Undertakings of CEPA**

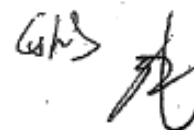
CEPA shall act as a counterpart agency to the Technical Assistant team dispatched by JICA (hereinafter referred to as "the Team") and also as a coordinating body with other organizations concerned for the smooth implementation of the TA.

1. To facilitate the smooth conduct of the TA; the CEPA shall take the following measures in cooperation with other relevant organizations within the laws and regulations in force in El Salvador:
  - 1) To provide necessary assistance to the Team for the remittance in connection with the implementation of the TA; and
  - 2) To bear claims, if any arise, against the members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the TA, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Team.
2. CEPA shall, at its own expense, provide the Team with the following, in cooperation with other organizations concerned:
  - 1) Assistance in customs clearance, with respect to equipment, machinery and other material brought into and out of El Salvador in connection with the implementation of the TA;
  - 2) Security-related information on as well as measures to ensure the safety of the Team;
  - 3) Information on as well as support in obtaining medical services;
  - 4) All the necessary reports, data and information concerning the channel and basin of the Port which shall be basically provided in English;
  - 5) Counterpart personnel who are well acquainted with dredging work;
  - 6) Suitable office space with necessary equipment; and
  - 7) Credentials or identification cards.

## **VII. Consultation**

JICA and CEPA shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the TA.

[End]

Handwritten initials 'GMS' and a signature.

## THE MAIN POINTS DISCUSSED

### 1. Overall goal of the TA

Both sides shared the view that the maintenance dredging of the channel/basin is a critical issue in respect of its cost as well as successful operation of the Port either in the contingent stage of CEPA operation or in the stage of concession, and the TA will intend to assist CEPA to make the Port function properly as a deep sea port.

### 2. Provision of the latest bathymetric data

CEPA agreed that the latest bathymetric data would be provided to the Team. The data will be obtained in the bathymetric survey conducted by CEPA next May with an echo sounder having the dual frequencies.

### 3. Estimation of the dredging cost

CEPA agreed to undertake the estimation of the dredging cost based on the result of the TA, while the Team assists/advises CEPA how to estimate it.

### 4. Re-dredging and monitoring work

The mission of JICA pointed out the importance of re-dredging work after preparing provisional maintenance dredging plans, because the feedback from monitoring depth change afterwards is absolutely vital to revise the said plans and make them more practical to achieve successful operation of the Port. CEPA shared the view and agreed to conduct re-dredging and monitoring work based on the proposal by the Team.

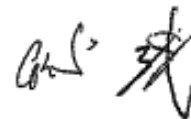
### 5. Counterpart assignment

CEPA agreed to assign appropriate counterpart personnel, who are acquainted with maintenance of channels/basins as well as dredging work, in the light of nature of the TA which contains effective technology transfer from the Team.

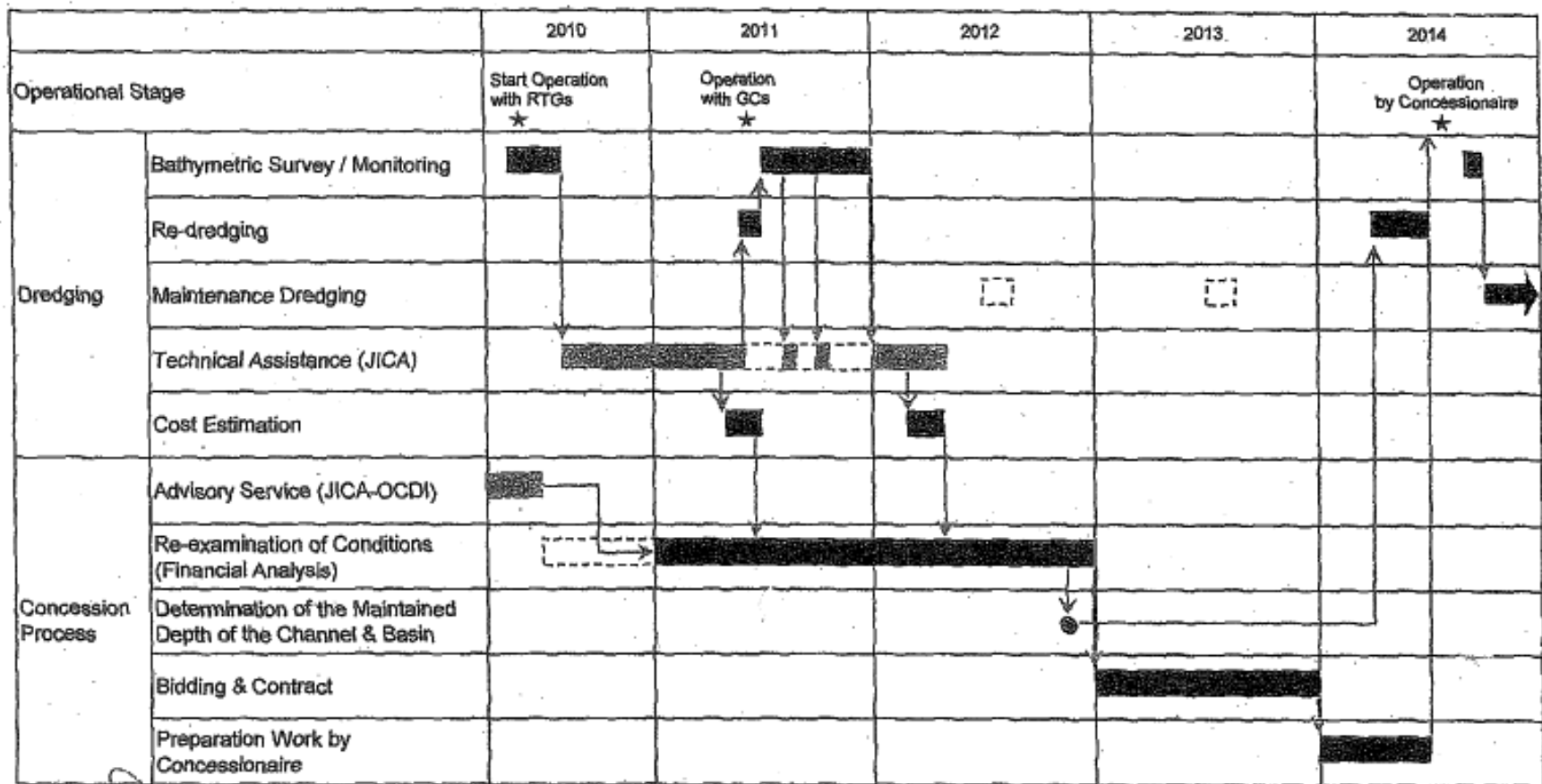
### 6. Blueprint of action plan to cope with the siltation and maintenance dredging

The mission of JICA explained a draft of blueprint action plan to cope with the siltation and maintenance dredging as shown in the next page, and CEPA shared that idea.

[End]



### Blueprint of Action Plan to Cope with the Siltation and Maintenance Dredging



A-9

*Handwritten signatures and initials:*  
 [Signature] [Initials]



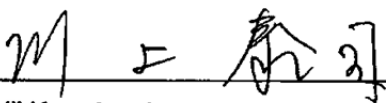
**Amendment  
To the Minutes of Meeting  
on  
Special Technical Assistance  
for  
Maintenance Dredging of the Port of La Union  
in  
the Republic of El Salvador**

**Agreed Upon Between**

**Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency**

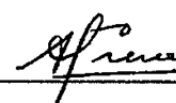
**31 October, 2012  
San Salvador, El Salvador**

**For  
Japan International Cooperation Agency**



**Taiji Kawakami  
Executive Technical Advisor,  
Economic Infrastructure Department**

**For  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma**



**Alberto Arene  
President**

The mission of Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as " JICA" ) and the officials of Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as " CEPA" ) had discussions about necessary ammendment to " the Minutes of Meeting on Special Technical Assistance (hereinafter referred to as " TA" ) for Maintenance Dredging of the Port of La Union (hereinafter referred to as " the Port" ) in the Republic of El Salvador Agreed Upon Between Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma and Japan International Cooperation Agency" dated 28 April, 2010.

CEPA and the JICA mission hereby agreed upon the Implementing Arrangement for the 2<sup>nd</sup> Term for the TA as per Appendix 1, subject to the approval by the competent higher authorities of both sides.

The main points discussed during the discussions are described in Appendix 2.

Appendix 1: IMPLEMENTING ARRANGEMENT for the 2nd Term

Appendix 2: THE MAIN POINTS DISCUSSED



IMPLEMENTING ARRANGEMENT for the 2<sup>nd</sup> Term

## I . Background

Based on the bathymetric surveys conducted during and after the dredging works, a “ sediment inflow” phenomenon has been observed in the channel and basin of the Port, which could seriously affect the sustainability of the port operation.

In consideration of the above situation, JICA conducted the SAPI study on the sediment inflow from November 2008 to November 2009 (hereinafter referred to as “ the SAPI Study” ), and identified the mechanism of siltation as the fluid mud movement and predicted the general tendency of siltation volume.

Due to the limited time-series bathymetric data at that time, however, the accuracy of the predicted siltation volume was not always enough to estimate the dredging cost. Furthermore, the variation of nautical depth, which is dependent on the speed of mud consolidation, has also remained unclear. Thus, it is currently difficult to provide a definitive plan for the maintenance dredging including location, frequency and method, and hence difficult to elaborate the dredging cost and eventually the financial analysis. To make the Port function properly as a deep sea port, the dredging method as well as the cost is a vital issue in financial viability and a key factor for a successful terminal operation either in the contingent stage of CEPA operation or in the stage of concession. Hence, CEPA requested JICA to provide technical assistance for formulating an effective and efficient maintenance dredging plan.

In January 2011, JICA commenced the TA 1<sup>st</sup> Term and conducted a series of bathymetric survey and analysis. The survey and analysis has proved that detailed analysis of future shipping service, detailed demand forecast, and the data of trial dredging are inevitable for making valid maintenance dredging plan. Hence, both sides agreed to revise the TOR of TA before the commencement of the 2<sup>nd</sup> Term.

## II . Purpose of the TA

The purposes of the TA are;

- 1) To prepare data, information and analysis utilized by CEPA to formulate an effective and efficient maintenance dredging plan of the Port.
- 2) To transfer technology to cope with the siltation of the channel and basin.

- 3) To assist CEPA to prepare dredging plan based on the collected data and analysis.

III. Scope of the TA 2<sup>nd</sup> Term (as shown in Attachment 1)

III-1 To collect and analyze data and study dredging method

- 1) To compile the bathymetric monitoring data after the trial dredging work. (The dredging work and monitoring work will be conducted by CEPA.)
- 2) To survey unit price and method of dredging
- 3) To examine dredging methods appropriate for various channel depths
- 4) To validate trial rake dredging
- 5) To modify sedimentation volume analysis
- 6) To conduct technical assistance for bathymetric monitoring

III-2 To develop vessels calling model

- 1) To interview related companies
- 2) To conduct analysis on trends of container liner shipping service network in Central America
- 3) To conduct analysis on channel operation rules
- 4) To develop vessels calling model
- 5) To forecast number of vessels calling by channel depths

III-3 To review demand forecast and market allocation model

III-4 To analyze optimum channel depth

- 1) To conduct analysis on dredging cost
- 2) To forecast cargo amount by channel depths
- 3) To forecast income of port usage fee by channel depths
- 4) To analyze technically/financially optimum channel depths at present and in the future
- 5) To analyze technically/economically optimum channel depths at present and in the future

### III-5 Technology transfer

- 1) To transfer CEPA the necessary knowledge to conduct technical and economic analysis through OJT
- 2) To conduct workshop(s) in order to introduce the methodology relating to III-1 ~III-4

### IV. Schedule of the TA 2<sup>nd</sup> term

The TA will be carried out in accordance with the tentative schedule as follows. The schedule may be subject to change during the course of the TA.

Tentative Working Schedule for 2<sup>nd</sup> term

		2012				2013				2014												
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
Technical assistance																						
Data Collection & analysis	Trial dredging / Monitoring																					
	Validation of trial rake dredging																					
Study For dredging method																						
Vessels calling model																						
Demand forecast and market allocation model	Development of demand forecast model																					
	Reviewing demand forecast model																					
Optimum channel depth																						
Implementation Plan / Action Plan / Financial Plan																						
Work Shop																						
Report																						

Report : Report

DFR : Draft Final Report

FR : Final Report

### V. Reports

JICA will prepare and submit the following reports in English to CEPA.

- Report
  - Report at the commencement of the TA, containing its approach and methodology
- Draft Final Report
  - Ten (10) copies, containing all works of III -1 to 5 as a draft completion report

of the TA

- Final Report and Summary (to be prepared in English and Spanish)  
Ten (10) copies, within one (1) month after the receipt of the written comments on the Draft Final Report

#### VI. Undertaking of CEPA

CEPA shall act as a counterpart agency to the Technical Assistant team dispatched by JICA (hereinafter referred to as " the Team" ) and also as a coordinating body with other organizations concerned for the smooth implementation of the TA.

1. To facilitate the smooth conduct of the TA; CEPA shall take the following measures in cooperation with other relevant organizations within the laws and regulations in force in El Salvador
  - 1) To provide necessary assistance to the Team for the remittances in connection with the implementation of the TA; and
  - 2) To bear claims, if any arise, against the members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the TA, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Team.
2. CEPA shall, at its own expense, provide the Team with the following, in cooperation with other organizations concerned:
  - 1) Assistance in customs clearance, with respect to equipment, machinery and other material brought into an out of El Salvador in connection with the implementation of the TA;
  - 2) Security-related information on as well as measures to ensure the safety of the Team;
  - 3) Information on as well as support in obtaining medical services;
  - 4) All the necessary reports, data and information concerning the channel and basin of the Port which shall be basically provided in English;
  - 5) Counterpart personnel who are well acquainted with dredging work and demand forecast;



- 6) Suitable office space with necessary equipment; and
- 7) Credentials or identification cards.

VII. Consultation

JICA and CEPA shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the TA.

[End]



THE MAIN POINTS DISCUSSED

1. Overall goal of the TA

Both sides shared the view that the maintenance dredging of the channel/basin is a critical issue in respect of its cost as well as successful operation of the Port either in the contingent stage of CEPA operation or in the stage of concession, and the TA will intend to assist CEPA to formulate an effective and efficient maintenance dredging plan of the Port.

2. Provision of the latest bathymetric data

CEPA agreed that the latest bathymetric data would be provided to the Team. The data will be obtained monthly during and after the trial dredging.

3. Estimation of the dredging cost

CEPA agreed to assist in the acquisition of data on unit price of dredging in neighboring countries.

4. Counterpart assignment

Both sides agreed to implement the study on the basis of collaborative works between the Study Team and the counterpart personnel. The counterpart personnel shall be assigned to the project on full-time basis as per Attachment 2. The counterpart team shall consist of at least one dredging engineer in La Union and one port planner in San Salvador.

5. Measurement of tidal level

CEPA accepted to acquire tidal data from the Ministry of Environment and Natural Resources and National Registry Center (CNR) and provide it to the Study Team. Both sides agreed that supplemental measurement of tidal level would be carried out in a simplified manner by CEPA when a bathymetric survey was conducted and the Study Team would provide technical assistance for the measurement.





6. Examination of dredging methodology

Both sides agreed that the examination of dredging methodology in the Study would be conducted focusing only upon geotechnical/oceanographic aspect and cost effectiveness. Accordingly, examinations from other points of view including environmental consideration shall be out of the scopes of the Study.

7. Demand forecast and market allocation model

CEPA accepted to develop a demand forecast model, market allocation model and to conduct a survey to cargo owners before the commencement of works of the Study Team in El Salvador, and to provide them to the Study Team with all data set.

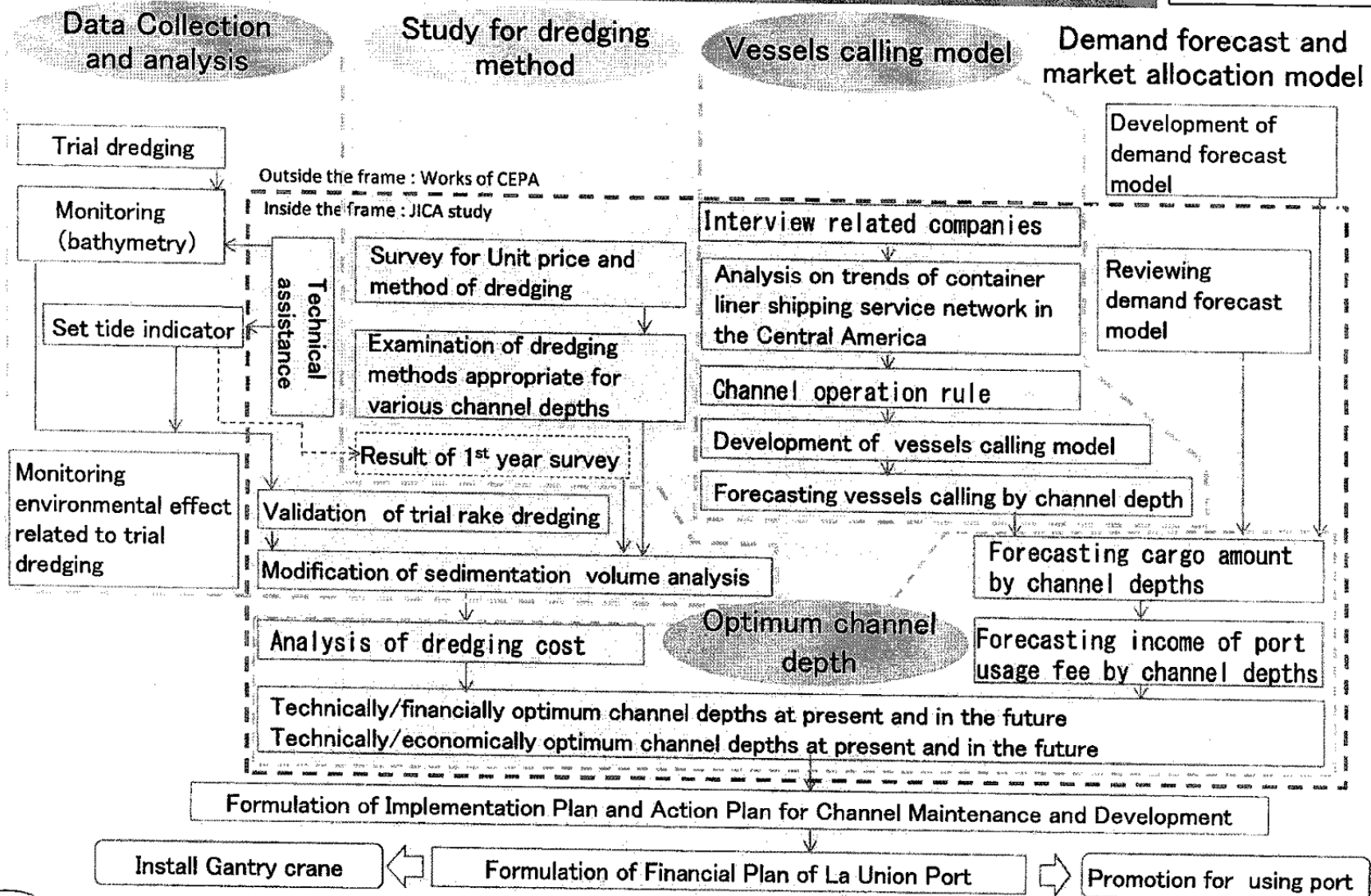
8. Formulation of dredging plan

CEPA will formulate and implement a dredging plan for the Port, which is the basis of its financial plan, fully utilizing the result of the Study.

[End]

①

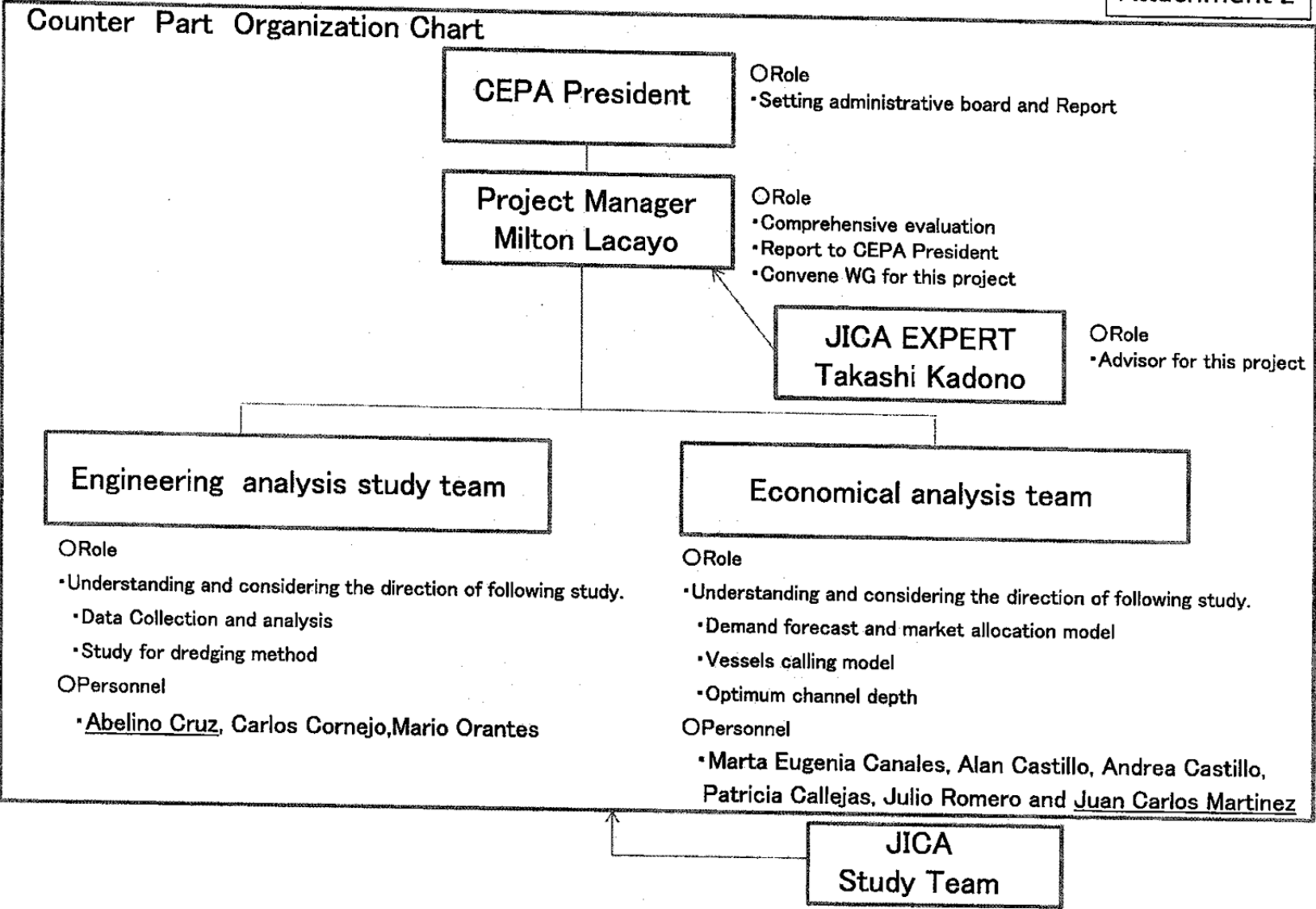
xf



A-19



AP



A-20

ANEXO B MINUTA DE DISCUSIONES ENTRE CEPA Y EL EQUIPO DE ESTUDIO

ANNEX B

Minutes of Meetings

between

CEPA and Project Team

on

Special Technical Assistance

for

Maintenance Dredging of the Port of La Unión Port

in

the Republic of El Salvador

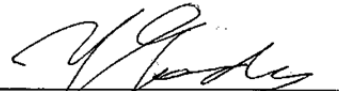
*Minutes of Meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port of La Unión  
in  
the Republic of El Salvador*

*Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency*

San Salvador, 26 January, 2011

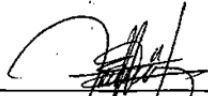


Mr. Luis Enrique Cordova Macias  
Presidente,  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma



Mr. Yoshimi Goda  
Leader,  
JICA Project Team

*Witnessed by*



Mr. Alberto Jimenez  
Manager of La Unión Port,  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma



In accordance with the Minutes of Discussion on "Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Unión in the Republic of El Salvador" (hereinafter referred to as "the Project") agreed upon between the Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as "CEPA") and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") on April 28, 2010, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as "the Team") headed by Mr. Yoshimi Goda for submitting the Inception Report to CEPA.

The Team had discussions with the officials of CEPA upon the submission of the Inception Report. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

**1. Acceptance of Inception Report:**

The Team submitted to CEPA the Inception Report and CEPA welcomed the start of the Project by the Team. Explanation was given of the major work items, their methodology, and the work schedule. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team's efforts for the Project.

**2. Discussion of Inception Report with a Focus on Section 4.4 "Formulation of Spot Re-dredging and Monitoring Plan"**

The Team offered its idea on the size of the spot of re-dredging area as being 200 m by 1000 m around KP03.00 and made inquiry of the technical and financial feasibility of such dredging by CEPA. The latter promised its examination of the feasibility to the Team by the end of the Team's First On-site Works.

**3. Collaboration of CEPA in the Team's Bathymetric Survey**

The Team requested CEPA for the collaboration for the bathymetric survey. CEPA offered its patrol boat for use by the Team during the survey, and the Team expressed its appreciation for the CEPA's offer.

**4. Date of Next Meeting**

CEPA and the Team agreed to have the next meeting on February 17 in San Salvador.



**ANNEX: LIST OF ATTENDEES**

**EL SALVADOR SIDE**

Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

Mr. Luis Enrique Cordova Macias	President
Mr. Milton Lacayo	Director of La Unión Port
Mr. Alberto Jimenez	Manager of La Unión Port
Mr. Carlos R. Cornejo	Chief, Civil Works Section
Mr. Mario Orantes	Navigation Aids
Mr. Abelino Cruz	Chief of Maintenance Department

**JAPANESE SIDE**

**JICA Study Team**

Mr. Yoshimi Goda	Leader, Siltation Analysis
Mr. Takahisa Aoyama	Dredging Works and Planning
Mr. Yoshimasa Ito	Oceanographic Survey
Mr. Anuratoshimitu Matsumoto	Bathymetric Survey
Mr. Santiago Mauricio Angulo	Interpreter

**JICA El Salvador Office**

Mr. Ryuichi Nasu	Regional Representative
Mr. Nobutaka Kondo	Deputy Regional Representative
Ms. Stephanie Ehrhardt	Program Officer





*Minutes of Meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port of La Unión  
in  
the Republic of El Salvador*

*Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency*

San Salvador, 16 August, 2011

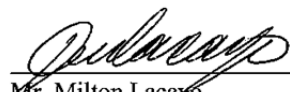


\_\_\_\_\_  
Mr. Luis Enrique Cordova Macias  
Presidente,  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma



\_\_\_\_\_  
Mr. Nobuyuki Ono  
Sub Leader,  
JICA Project Team

*Witnessed by*



\_\_\_\_\_  
Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Unión Port,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonomia

\_\_\_\_\_

In accordance with the Minutes of Discussion on “Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Unión in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on April 28, 2010, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Mr. Nobuyuki Ono for execution of the Second On-site Works at La Unión Port on August 15, 2011.

The Team had discussions with the officials of CEPA upon the submission of the Interim Report 1. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

**1. Acceptance of Interim Report 1:**

The Team submitted to CEPA the Interim 1 Report and CEPA welcomed the progress of the Project by the Team. Explanation was given of the major work results since the start of the Project in January 2011 till August 2011. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

**2. Discussion of Interim Report 1**

Some questions on the content of the Interim Report 1 were raised by CEPA and the Team answered them.

**3. Collaboration of CEPA in the Team’s Bathymetric Survey and Examination of Tidal Information**

The Team requested CEPA for the collaboration for the bathymetric survey. CEPA offered its patrol boat for use by the Team during the survey, and the Team expressed its appreciation for the CEPA’s offer. The Team also requested CEPA for support in the Team’s examination of tidal information of La Unión Port. CEPA promised its willingness in supporting the Team.

**4. CEPA’s Action on Spot Re-dredging Works**

The Team proposed three alternatives for the spot re-dredging works of the approach channel, and requested CEPA to make a selection among the alternatives and to prepare the commencement of the spot re-dredging works. CEPA promised the Team to examine the feasibility of the spot re-dredging works and provide the Team with its decision at the next meeting.

**5. Technical Training of CEPA Personnel in Japan**

A tentative program for the technical training of CEPA personnel in Japan was proposed to CEPA by the Team. CEPA appreciated the preparation of program and gave its general consent to the program.

**6. Date of Next Meeting**

CEPA and the Team agreed to have the next meeting on September 2 in San Salvador.

**ANNEX: LIST OF ATTENDEES**

**EL SALVADOR SIDE**

Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

Mr. Luis Enrique Córdova Macias	President
Mr. Salvador Villalobos Brizuela	General Manager
Mr. Milton Lacayo	Director of La Unión Port
Mr. Juan Caros Martinez	Concession department

**JAPANESE SIDE**

**JICA Study Team**

Mr. Nobuyuki Ono	Sub Leader, Siltation Analysis
Mr. Takahisa Aoyama	Dredging Works and Planning
Mr. Anuratoshimitu Matsumoto	Bathymetric Survey
Mr. Santiago Mauricio Angulo	Interpreter

**JICA El Salvador Office**

Mr. Luis Miguel Vasquez	Program Officer
-------------------------	-----------------

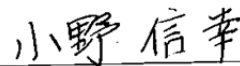
*Minutes of Meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port of La Unión  
in  
the Republic of El Salvador*

*Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency*

San Salvador, 1 September, 2011

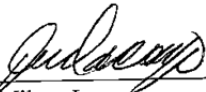


Mr. Luis Enrique Cordova Macias  
Presidente,  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma



Mr. Nobuyuki Ono  
Sub Leader,  
JICA Project Team

*Witnessed by*



Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Unión Port,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonomia

In accordance with the Minutes of Discussion on “Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Unión in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on April 28, 2010, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Mr. Nobuyuki Ono for execution of the Second On-site Works at La Unión Port on August 15, 2011.

Upon completion of the Second On-site Works, the Team presented the Tentative Summary Report 2 to the officials of CEPA. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

**1. Acceptance of Tentative Summary Report 2:**

The Team submitted to CEPA the Tentative Summary Report 2 and CEPA welcomed the progress of the Project by the Team. Explanation was given of the major work results during the Second On-site Works. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

**2. Discussion of Interim Report 1**

Some questions on the content of the Interim Report 1 were raised by CEPA and the Team answered them.

**3. CEPA’s Action on Spot Re-dredging Works**

Among the three alternatives for the spot re-dredging works of the approach channel, and requested, CEPA expressed is still considering alternatives shown in the Interim Report 1.

**4. Technical Training of CEPA Personnel in Japan**

The Team informed CEPA of the technical training in Japan, which is planned from the end of November to the beginning of December, 2011. CEPA accepted the program and to dispatch two trainees to be selected.

**ANNEX: LIST OF ATTENDEES**

**EL SALVADOR SIDE**

Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

Mr. Luis Enrique Córdova Macías President  
Mr. Salvador Villalobos Brizuela General Manager

**JAPANESE SIDE**

**JICA Study Team**

Mr. Nobuyuki Ono Sub Leader, Siltation Analysis  
Mr. Takahisa Aoyama Dredging Works and Planning  
Mr. Santiago Mauricio Angulo Interpreter

**JICA El Salvador Office**

Mr. Kenji Kaneko Sub Director

**OTHERS**

International Finance Corporation, World Bank Group

Ms. Katherine Downs Principal Investment Officer, Infrastructure Advisory  
Mr. Juan Luis Flores Flores Investment Officer, Advisory Service  
Ms. Amelia Santana Oliveros Investment Analyst

Julian Associate (Financial Analysis, Management Consulting, Transaction Advisory)

Mr. Brad Julian Principal, Port Consultant

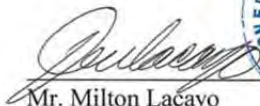
Autoridad Marítima Portuaria


Ms. Arq. Lorena Arriola Port Infrastructure  
Mr. Ing. Enrique Sandoval Port Technician

*Minutes of Meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port of La Unión  
in  
the Republic of El Salvador*

*Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency*

La Unión, 24 January, 2012

  
Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Unión Port,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma



  
Mr. Nobuyuki Ono  
Sub Leader,  
JICA Project Team

In accordance with the Minutes of Discussion on “Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Unión in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on April 28, 2010, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Mr. Nobuyuki Ono for execution of the Third On-site Works at La Unión Port on January 15, 2012.

The Team had discussions with the officials of CEPA upon the submission of the Interim Report 1. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

**1. Acceptance of Interim Report 2:**

The Team submitted to CEPA the Interim Report 2 and CEPA welcomed the progress of the Project by the Team. Explanation was given of the major work results since the start of the Project in January 2011 till January 2012. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

**2. Discussion of Interim Report 2**

Some questions on the content of the Interim Report 2 were raised by CEPA and the Team answered them.

**3. CEPA’s Action on Spot Re-dredging Works**

The Team proposed three alternatives for the spot re-dredging works of the approach channel, and requested CEPA to execute the works in the Second On-site works. However, CEPA gave up executing the works because of any difficulties on budget, processing concession, and so on. Therefore, the Team will conduct siltation analysis and calculation of dredging volume by using available data obtained so far.



**ANNEX: LIST OF ATTENDEES**

**EL SALVADOR SIDE**

**Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma**

Eng. Milton Lacayo	Manager of La Unión Port
Eng. Abelino Cruz	Maintenance Manager
Eng. Amilto Orellana	Administration Manager
Eng Carlos Cornejo	Maintenance Engineer
Ing. Mario Orantes	Navigation Aids
Arquitect Karen Martinez	
Liutenant Miguel Martinez	Operations
Eng. Osman Montoya	IT Manager

**Guest**

Arquitect Lorena Arriola	Asociacion Maritima Portuaria
Mr. Brad Julian	International Finance Corporation
Mr. Robet Bennet	International Finance Corporation
Mr. Michel Horton	International Finance Corporation

**JAPANESE SIDE**

**JICA Study Team**


Mr. Nobuyuki Ono	Sub Leader, Siltation Analysis
Mr. Takahisa Aoyama	Dredging Works and Planning
Mr. Yoshimasa Ito	Natural Condition Analysis
Mr. Anuratoshimitu Matsumoto	Bathymetric Survey
Mr. Santiago Mauricio Angulo	Interpreter


*Minutes of Meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port of La Unión  
in  
the Republic of El Salvador*

*Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma  
and  
Japan International Cooperation Agency*

San Salvador, 2 February, 2012



  
Mr. Alberto Arene  
Presidente,  
Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

  
Mr. Nobuyuki Ono  
Sub Leader,  
JICA Project Team

In accordance with the Minutes of Discussion on “Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Unión in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on April 28, 2010, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Mr. Nobuyuki Ono for execution of the Third On-site Works at La Unión Port on January 15, 2012.

Upon completion of the Third On-site Works, the Team presented the Interim Report 2 revised including results of Third On-site Works to the officials of CEPA. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

**1. Acceptance of Interim Report 2:**

The Team submitted to CEPA the Interim Report 2 (Revised including results of 3<sup>rd</sup> On-Site Works) and CEPA welcomed the progress of the Project by the Team. Explanation was given of the major work results examined so far. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

**2. Discussion of Interim Report 2**

Some questions on the content of the Interim Report 2 were raised by CEPA and the Team answered them.

**3. CEPA’s Alternative Action on Spot Re-dredging Works**

About Spot Re-dredging works the Team proposed previously, CEPA decided not to execute the Spot Re-dredging work. Instead, CEPA plans to carry out leveling the shallowest portion in the inner channel by special equipment called rake (bed leveler). The rake is previously used in Acajutla Port and it is usually utilized to make the sea bed even after dredging by being towed by a tugboat. CEPA has already brought the rake from Acajutla Port to La Union and ready to carry out the leveling works. Some Discussion on effectiveness of the leveling works have been made .

**4. CEPA’s request to calculate dredging volume for the target depth of -9 m**

CEPA requested to the Team to calculate the dredging volume for the target depth of -9 m. The team promised to calculate and send the result soon.

**ANNEX: LIST OF ATTENDEES**

**EL SALVADOR SIDE**

Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

Lic. Alberto Arene	President
Lic. Salvador Villalobos	Gerente General
Lic. Rolando Alberto Diaz	Gerente de Concesiones
Eng. Milton Lacayo	Manager of La Unión Port
Srita. Andrea Castillo	Asistente President
Mr. Hiefumi Ikeda	Consultor para CEPA

**JAPANESE SIDE**

**JICA El Salvador**

Mr. Yuichiro Inoue	Representante Residente Adjunto JICA
--------------------	--------------------------------------

**JICA Study Team**

Mr. Nobuyuki Ono	Sub Leader, Siltation Analysis
Mr. Takahisa Aoyama	Dredging Works and Planning
Mr. Yoshimasa Ito	Natural Condition Analysis
Mr. Santiago Mauricio Angulo	Interpreter

*Minutes of meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port La Union  
in  
the Republic of El Salvador*

Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma  
and  
Japan International Cooperation Agency

San Salvador, 11 April, 2013

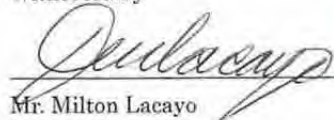


Mr. Alberto Arene  
Presidente,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma



Dr. Kazumasa KATO  
Leader,  
JICA Project Team

Witnessed by



Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Union Port  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma



In accordance with the Amendment to “the Minutes of Meeting on Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Union in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on 31 October, 2012, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Dr. Kazumasa Kato for submitting the Inception Report 2 to CEPA.

The Team had discussions with the officials of CEPA upon the submission of the Inception Report 2. The following is the main points discussed in the meeting. The list of attendees is attached as Annex.

1. Acceptance of Inception Report:

The Team submitted to CEPA the Inception Report 2 and CEPA welcomed the start of the Project by the Team. The Team explained the Inception Report 2 by using a Power Point presentation. Explanation was provided for the major findings in the First Term Study, the principal items to work on during the Second Term Study, their methodology, and the work schedule. Brief discussions were made among the attendees. There was no modification of the Inception Report 2, no addition to it, no elimination from it. CEPA gave its general consent to the content of the Report.

2. Discussion of Inception Report

Some questions on the content of the Inception Report 2 were raised by CEPA and the Team answered.

3. Provision of the latest bathymetric data by CEPA

The Team requested CEPA for the provision of information related to the rake dredging and the data of bathymetric survey. CEPA promised its willingness in offering the data to the Team.

4. Support from CEPA in the Team’s acquisition of information related to economics

The Team also requested CEPA to support the Team, when the Team interviews with shippers and forwarders for acquiring the information related to economics. CEPA promised its willingness to support the Team.

5. Practical use of Draft Final Report

CEPA will probably need to commence dredging works by January 2014 as requested

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. Kato', with the initials 'DK' written below it.

by the potential concessionaires of la Union port. CEPA plans to use the draft final report, which will be submitted from the Team to CEPA by the end of November, 2013, as the basis for this dredging, since CEPA cannot wait till final draft is ready.

**6. Requests from CEPA**

CEPA asked the Team to include in the draft final report the verification of volumes to be dredged for -12 depth without over dredging in the permanent basis with a TSHD of 2500m<sup>3</sup> capacity.

In the analysis of the deterioration of the side slopes, CEPA wanted to include the inner channel as well.

The Team accepted above two requests from CEPA.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Paul' over 'DN', located in the bottom right corner of the page.

ANNEX: LIST OF ATTENDEES

EL SALVADOR SIDE

Comision Ejecutiva Portuaria Autonomoa

Mr. Alberto Arene	President
Mr. Milton Lacayo	La Union Port Manager
Mr. Andres Abelino Cruz	Maintenance Manager Port of La Union
Mr. Marcos Vasquez	Concesions department
Mr. Juan Carlos Martinez	Concesions department
Mr. Rolando Diaz	CEPA Consultant

JAPANESE SIDE

JICA Study Team

Mr. Kazumasa KATO	Leader, Siltation Analysis
Mr. Takahisa Aoyama	Channel Dredging Works and Planning
Mr. Ryuichi Shibasaki	Demand Forecast
Mr. Takayuki Iijima	Economic Analysis
Mr. Tadahiko Kawada	Port Planning
Mr. Santiago M Angulo	Interpreter

JICA El Salvador Office

Mr. Takashi Kadono	Expert
Mr. Yuichiro Inoue	Assistant Resident Representative
Ms Gabriela Alfaro	Program Officer

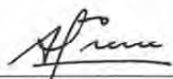




*Minutes of meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port La Union  
in  
the Republic of El Salvador*

Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma  
and  
Japan International Cooperation Agency

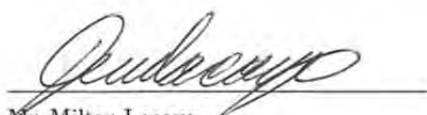
San Salvador, 27 August, 2013



Mr. Alberto Arene  
Presidente,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma



Dr. Kazumasa KATO  
Leader,  
JICA Project Team



Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Union Port  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma

In accordance with the Amendment to “the Minutes of Meeting on Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Union in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on 31 October, 2012, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Dr. Kazumasa Kato for execution of the Second On-site Works at La Union Port in El Salvador and in the neighboring countries, on 18 August, 2013.

In the Workshop on Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Union in the Republic of El Salvador, which was held on 27 August, 2013, the Team submitted the Interim Report 3 and presented its outline to the officials of CEPA. The following is the main points discussed in the workshop. The list of attendees is attached as Annex.

#### 1. Acceptance of Interim Report 3

The Team submitted to CEPA the Interim Report 3 and CEPA welcomed the progress of the Project by the Team. The Team explained the Interim Report 3 by using a Power Point presentation in the workshop. Explanation was provided for the major results examined so far. Brief discussions were made among the attendees. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

#### 2. Discussion of Interim Report 3

Some questions on the content of the Interim Report 3 were raised by CEPA and the Team answered.

The bathymetric data newly obtained in July, 2013 would be included in the draft final report.

CEPA has started to improve the present rake and develop a new type rake. The Team will continue to examine the effectiveness of the rake-dredging if the new data will be obtained with regard to the rake-dredging.

There are two prediction models of siltation, which provide different results at present. In order to improve this problem, it is basically important to carry out a monitoring of siltation for getting the data for the appropriate analysis.

The results so far obtained on the economic issues have been well understood because a precise explanation has already been given to the counterparts in the previous workshops by the Team.

ANNEX: LIST OF ATTENDEES

EL SALVADOR SIDE

Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma

Mr. Alberto Arene	President
Mr. Carlos Federico Paredes Castillo	Presidential Advisor
Mr. Milton Lacayo	Port Manager Port of La Union
Mr. Pedro Amilto Orellana	Financial Manager Port of La Union
Mr. Andres Abelino Cruz	Maintenance Chief Port of La Union
Ms. Marta Eugenia Canales	Administrator Data Base Port of La Union
Ms. Andrea Castillo	Assistant President
Ms. Patricia Callejas	Financial Assistant
Mr. Carlos Alejandro Molina Paz	Specialist Bathymetric and Dredging Port of La Union
Ms. Egly Tatiana Chacon	Specialist Bathymetric and Dredging Port of La Union
Mr. Rafael Antonio Hernandez	Engineering Department
Mr. Damian Reyes	Marketing Analyst
Mr. Jaime Flores	Financial Technician
Mr. Marcos Vasquez	Concessions department
Mr. Juan Carlos Martinez	Concessions department
Mr. Julio Alberto Romero Mejia	Concessions department
Mr. Takashi Kadono	JICA Expert

JAPANESE SIDE

JICA Tokyo Headquarters	
Mr. Taiji Kawakami	Executive Technical Advisor Economic Infrastructure Department
Dr. Kazuo Murakami	Emeritus Professor Tokyo City University
Dr. Yasuyuki Nakagawa	Team Leader of Coastal and Estuary Sediment Dynamics Research Group, Port and Airport Research Institute
Mr. Masatomo Kihara	Director for International Policy, Ports and Harbors Bureau

JICA Study Team

Mr. Kazumasa Kato

Mr. Nobuyuki Ono

Mr. Takahisa Aoyama

Mr. Tatsuyuki Shishido

Mr. Ryuichi Shibasaki

Mr. Takayuki Iijima

Mr. Tadahiko Kawada

Mr. Santiago M Angulo

Ms. Victoria Soledad Anguro

Leader, Siltation Analysis, ECOH

Siltation Analysis and Prediction, ECOH  
Channel Dredging Works and Planning,  
ECOH

Maritime Economics, OCDI

Demand Forecast, OCDI

Economic Analysis, OCDI

Port Planning, OCDI

Interpreter

Interpreter

JICA El Salvador Office

Mr. Shinji Sato

Mr. Yuichiro Inoue

Ms. Miwako Kamimura

Ms Gabriela Alfaro

Adjunct Resident Representative

Director of Reimbursable Financial  
Cooperation

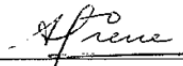
Project Formulation Adviser

Program Officer

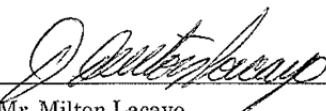
*Minutes of meeting  
on  
the Project  
of  
Special Technical Assistance for Maintenance Dredging  
of the Port La Union  
in  
the Republic of El Salvador*

Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma  
and  
Japan International Cooperation Agency

San Salvador, 13 December, 2013

  
\_\_\_\_\_  
Mr. Alberto Arene  
Presidente,  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Kazumasa KATO  
Leader,  
JICA Project Team

  
\_\_\_\_\_  
Mr. Milton Lacayo  
Manager of La Union Port  
Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma

In accordance with the Amendment to “the Minutes of Meeting on Special Technical Assistance for Maintenance Dredging of the Port of La Union in the Republic of El Salvador” (hereinafter referred to as “the Project”) agreed upon between the Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma (hereinafter referred to as “CEPA”) and Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”) on 31 October, 2012, JICA dispatched the Project Team (hereinafter referred to as “the Team”) headed by Dr. Kazumasa Kato for execution of the Third On-site Works at San Salvador in El Salvador, on 4 December, 2013.

In the meeting held on 10 December, 2013, the Team presented the outline of Draft Final Report (DFR) to the officials of CEPA. The Team explained DFR by using a Power Point presentation, which was provided for the major results examined. Brief discussions were made among the attendees. The list of attendees is attached as Annex A.

On 11 December, 2013, the Team explained the conclusions of study to the president of CEPA. Additional explanations were made for the questions from the president. The list of attendees is attached as Annex B.

#### 1. Acceptance of DFR

After the explanation and discussion on DFR, the Team submitted to CEPA the Draft Final Report and CEPA received it. CEPA gave its general consent to the content of the Report and expressed its appreciation for the Team’s efforts for the Project.

#### 2. Schedule to the Final Report

The study Team and CEPA confirmed together with respect to the schedule to the Final Report as follow;

- + CEPA will submit the written comment on DFR to the JICA by 20 January, 2014.
- + The Study team will compile the Final Report by taking the comments into account and should submit it to CEPA by the end of March, 2014.

ANNEX A: LIST OF ATTENDEES

December 10, 2013

EL SALVADOR SIDE

Comision Ejecutiva Portuaria Autonoma

Mr. Carlos Federico Paredes Castillo	President Adviser
Mr. Milton Lacayo	Port Manager Port of La Union
Mr. Andrés Abelino Cruz	Maintenance Chief Port of La Union
Ms. Andrea Castillo	President's Assistant
Ms. Patricia Callejas	Concessions Management Technician
Mr. Carlos Alejandro Molina Paz	Bathymetric and Dredging Specialist Port of La Union
Ms. Egly Tatiana Chacón	Bathymetric and Dredging Specialist Port of La Union
Mr. Damian Reyes	Economical Financial Analyst
Mr. Marcos Vasquez	Concessions Infrastructure
Mr. Juan Carlos Martinez	Concessions Technician
Mr. Julio Alberto Romero Mejía	Concessions Technician
Mr. Eugenia Luna	Concessions Technician
Takashi Kadono	JICA Expert

JAPANESE SIDE

JICA Tokyo Headquarters

Mr. Taiji Kawakami	Executive Technical Advisor
--------------------	-----------------------------

JICA Study Team

Mr. Kazumasa Katoh	Leader Siltation Analysis, ECOH
Mr. Nobuyaki Ono	Siltation Analysis and Prediction, ECOH
Mr. Takahisa Aoyama	Channel Dredging Works and Planning, ECOH
Mr. Tatsuyuki Shishido	Maritime Economics, OCDI
Mr. Ryuichi Shibasaki	Demand Forecast, OCDI
Mr. Takayuki Iijima	Economic Analysis, OCDI
Mr. Santiago Angulo	Interpreter
Ms. Victoria Angulo	Interpreter

JICA El Salvador Office

Mr. Yuichiro Inonc	Director of Reimbursable Financial Cooperation
Ms. Miwako Kamimura	Project Formulation Adviser
Ms. Gabriela Alfaro	Program Office

ANNEX B: LIST OF ATTENDEES

December 11, 2013

EL SALVADOR SIDE

Comision Ejecutiva Portuaria Autonomo

Mr. Alberto Arene	President
Mr. Milton Lacayo	Port Manager Port of La Union
Takashi Kadono	JICA Expert

JAPANESE SIDE

JICA Tokyo Headquarters

Mr. Taiji Kawakami	Executive Technical Advisor
--------------------	-----------------------------

JICA Study Team

Mr. Kazumasa Katoh	Leader Siltation Analysis, ECOH
Mr. Nobuyaki Ono	Siltation Analysis and Prediction, ECOH
Mr. Takahisa Aoyama	Channel Dredging Works and Planning, ECOH
Mr. Tatsuyuki Shishido	Maritime Economics, OCDI
Mr. Ryuichi Shibasaki	Demand Forecast, OCDI
Mr. Takayuki Iijima	Economic Analysis, OCDI
Mr. Santiago Angulo	Interpreter

JICA El Salvador Office

Mr. Shinji Sato	Adjunct Resident Representative
Ms. Miwako Kamimura	Project Formulation Adviser
Ms. Gabriela Alfaro	Program Office



## ANEXO C Temas Relacionados con la Sedimentación del Canal en el Puerto de La Unión

### ANEXO C

#### Temas relacionados con la Sedimentación del canal en el Puerto de La Unión

<b>ANEXO C TEMAS RELACIONADOS CON LA SEDIMENTACIÓN DEL CANAL EN EL PUERTO DE LA UNIÓN</b> .....	<b>C-1</b>
C.1 ESTABILIDAD DE LOS TALUDES .....	C-2
<i>C.1.1 Estabilidad de los Taludes en la Dársena</i> .....	<i>C-2</i>
<i>C.1.2 Estabilidad de los Taludes en el Canal Interno</i> .....	<i>C-3</i>
C.2 POSIBILIDAD DE LA REUBICACIÓN DEL CANAL .....	C-8
C.3 DRAGADO CON RASTRILLO .....	C-10
<i>C.3.1 Método de Dragado con Rastrillo</i> .....	<i>C-10</i>
<i>C.3.2 Evaluación del Dragado con Rastrillo</i> .....	<i>C-12</i>
<i>C.3.3 Métodos de Dragado Aprovechando una Corriente</i> .....	<i>C-14</i>
C.4 COMENTARIOS SOBRE EL PLAN DE CEPA .....	C-21
C.5 MÉTODOS DE DRAGADO .....	C-31
<i>C.5.1 Tipos de Dragado</i> .....	<i>C-31</i>
<i>C.5.2 Método de Dragado Apropriado</i> .....	<i>C-48</i>
C.6 PROFUNDIDAD Y VOLUMEN DE POST-DRAGADO POR SEGMENTO.....	C-53
C.7 POST-DRAGADO EN EL CANAL EXTERNO HACIA EL OESTE .....	C-65
C.8 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RE-DRAGADO .....	C-69
<i>C.8.1 Volumen Re-Dragado por ECOH</i> .....	<i>C-69</i>
<i>C.8.2 Volumen Re-Dragado por TOPONORT</i> .....	<i>C-70</i>
<i>C.8.3 Diferencia de volúmenes de re-dragado</i> .....	<i>C-71</i>

## C.1 Estabilidad de los Taludes

La dársena y el canal interno del puerto se construyeron con taludes de 1V/5H. La estabilidad de dichos taludes ha sido examinada mediante la utilización de los datos batimétricos.

### C.1.1 Estabilidad de los Taludes en la Dársena

La estabilidad de los taludes de la dársena ha sido examinada en las secciones transversales a lo largo de la línea de referencia L22 mostrada en la Figura C.1. Los periodos de dragado y las fechas de medición de los datos batimétricos utilizados para el análisis se muestran en la Figura C.2.

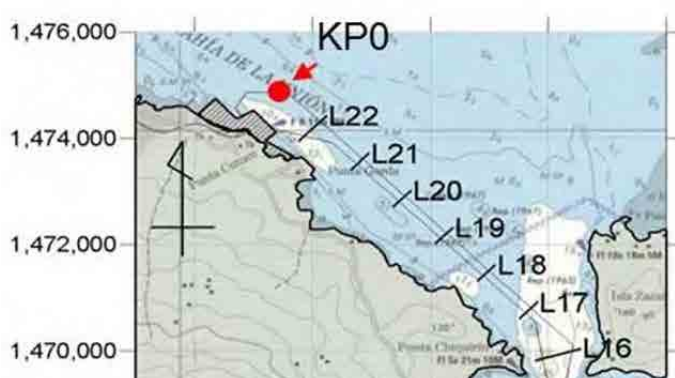


Figura C.1 Líneas de referencia en la dársena y en el canal interior

La Figura C.3 muestra la superposición de cinco secciones, en donde la línea negra representa la sección de diseño con pendiente 1V/5H y la línea negra discontinua representa la pendiente 1V/10H. Como se observa en la Figura C.3, la pendiente está construida casi en conformidad con la de diseño. La pendiente de 1V/5H se mantiene sin cambios durante 14 meses, de junio de 2007 a agosto de 2008.

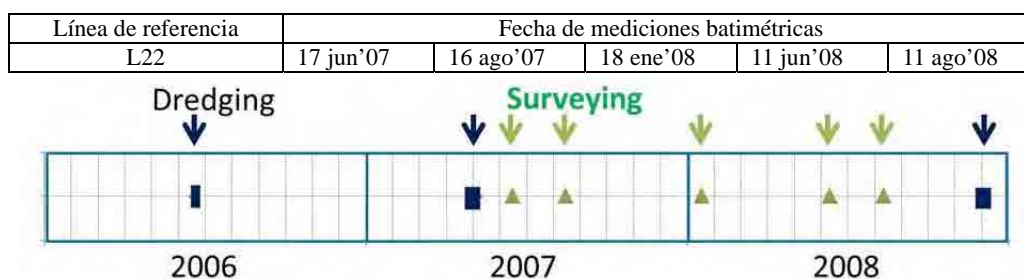


Figura C.2 Periodo de dragado en la dársena y fecha de los datos batimétricos utilizados para el análisis

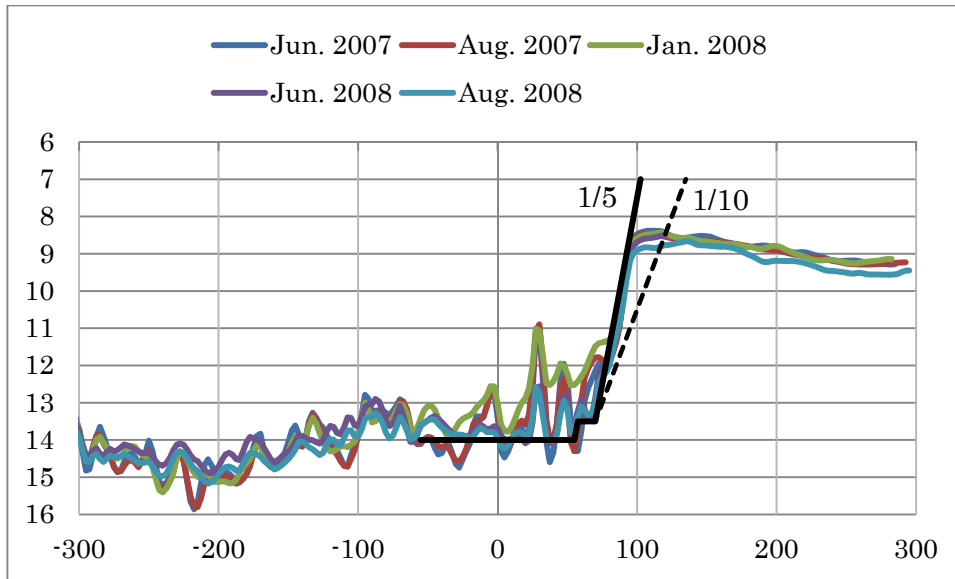


Figura C.3 Superposición de la sección transversal de L22

### C.1.2 Estabilida de los Taludes en el Canal Interno

La estabilidad de los taludes en el canal interno se examinan para las líneas de referencia de la L21 a la L18 (véase la Figura C.1).

Los periodos de dragado en el canal interno y las fechas de medición de los datos batimétricos utilizados para el análisis se muestran en la Figura C.4.

	Fecha de mediciones batimétricas					
L21		17jun'07	16ago'07	18ene'08	11jun'08	11ago'08
L20	04may'2007	17jun'07	16ago'07	18ene'08	11jun'08	11ago'08
L19	04may'2007	17jun'07	16ago'07	18ene'08	11jun'08	11ago'08
L18	04may'2007	17jun'07	16ago'07	18ene'08	11jun'08	11ago'08

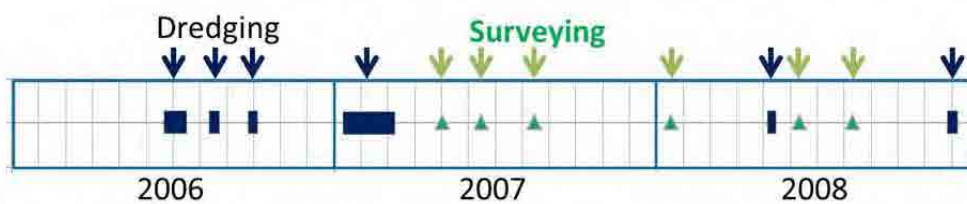


Figura C.4 Periodos de dragado en el canal interno y fecha de los datos batimétricos utilizados para el análisis (de L21 a L18)

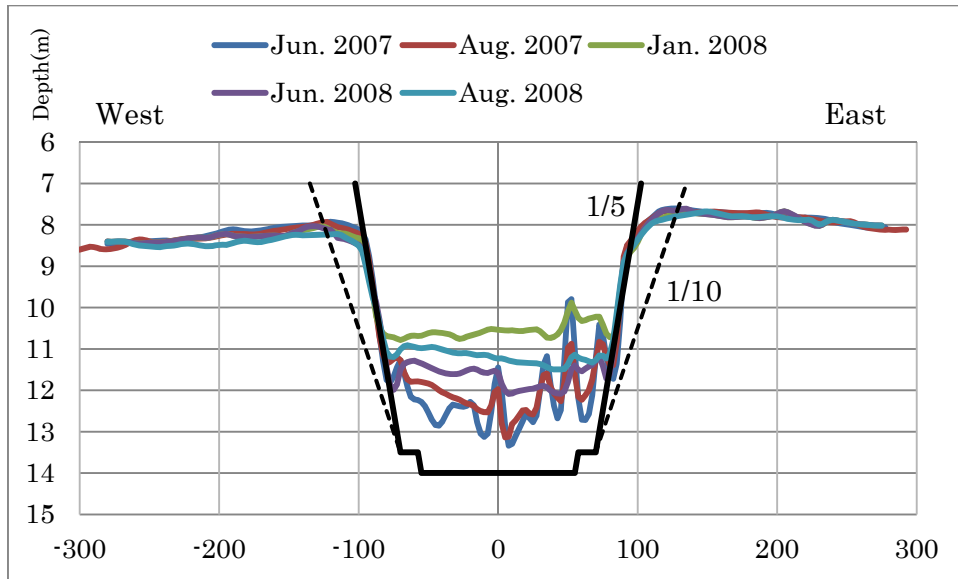


Figura C.5 Superposición de 5 secciones transversales a lo largo de L21

La Figura C.5 muestra la superposición de cinco secciones transversales a lo largo de la línea de referencia L21. De esta figura se entiende que ambos taludes, al Este y Oeste, estaban estables con la misma pendiente de diseño 1V/5H.

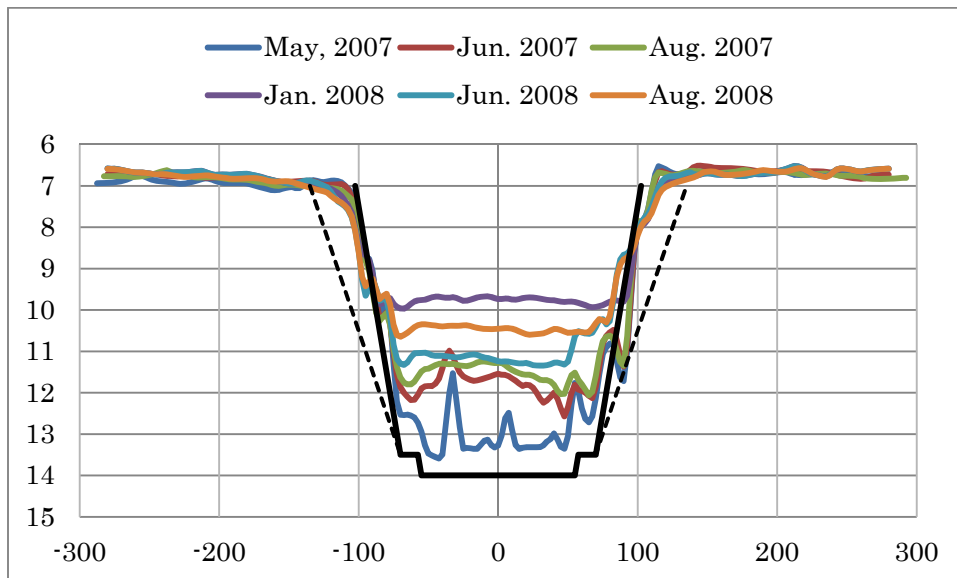


Figura C.6 Superposición de 6 secciones transversales a lo largo de L20

En la sección transversal a lo largo de la línea de referencia L20, también ambos taludes, al Este y Oeste, se mantenían estables con la pendiente 1V/5H, como se observa en la Figura C.6.

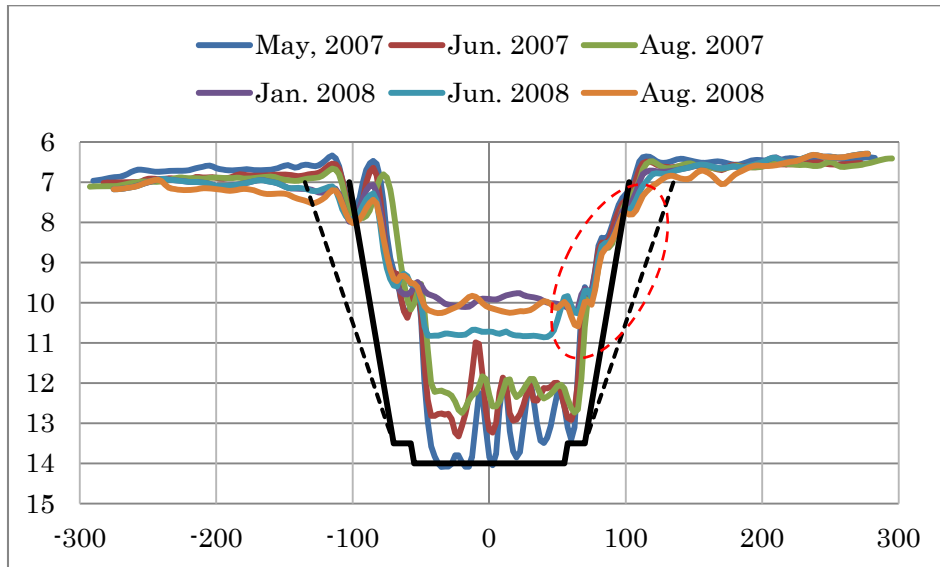


Figura C.7 Superposición de 6 secciones transversales a lo largo de L19

La Figura C.7 muestra la superposición de seis secciones a lo largo de la línea de referencia L19. A pesar de que el talud occidental está fuera de su posición, a unos 20 metros hacia el Este de la planeada, su pendiente de 1V/5H es estable durante unos 16 meses, entre mayo de 2007 y agosto de 2008. Por otro lado, la pendiente señalada con una línea discontinua roja sobre el talud oriental se mantiene estable, aunque ésta es de aproximadamente 1V/10H, como la que ya se tenía en mayo de 2007, cuando se obtuvieron los datos batimétricos más antiguos. Por lo tanto, cabe la posibilidad de que el canal en este lugar haya sido construido con la pendiente 1V/10H.

En consecuencia, las secciones transversales en diferentes tiempos fueron inspeccionadas a lo largo de la misma línea de referencia L19. La Figura C.8 muestra una comparación entre los datos batimétricos obtenidos en diciembre de 2008, cuando se terminó el segundo dragado completo, y en junio de 2009. Durante este periodo, la pendiente 1V/5H se mantuvo estable. Se puede concluir que el talud oriental fue construido con una pendiente de 1V/10H, Figura C.7. Por lo tanto, es adecuado ignorar los datos correspondientes a esta ubicación.

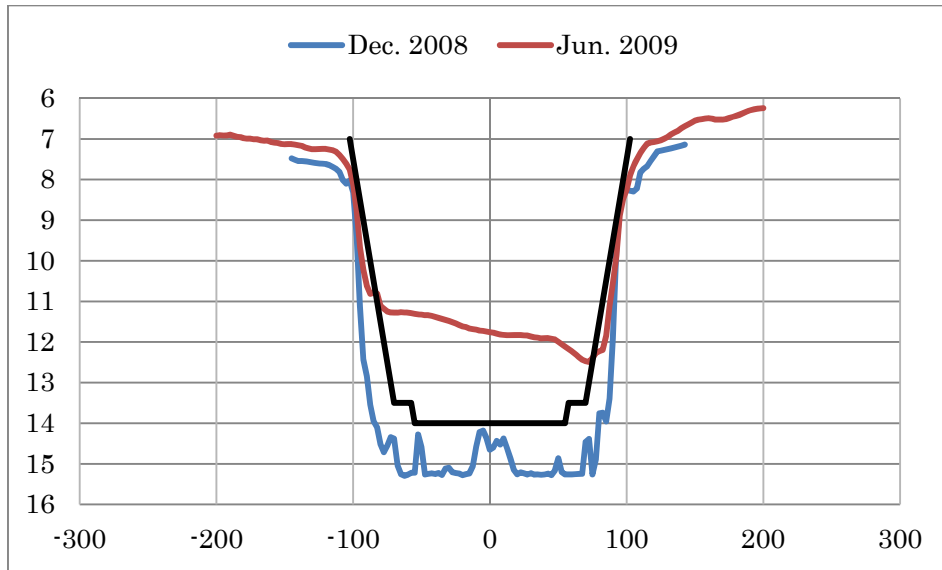


Figura C.8 Comparación de las secciones transversales a lo largo de L19, después del segundo dragado completo

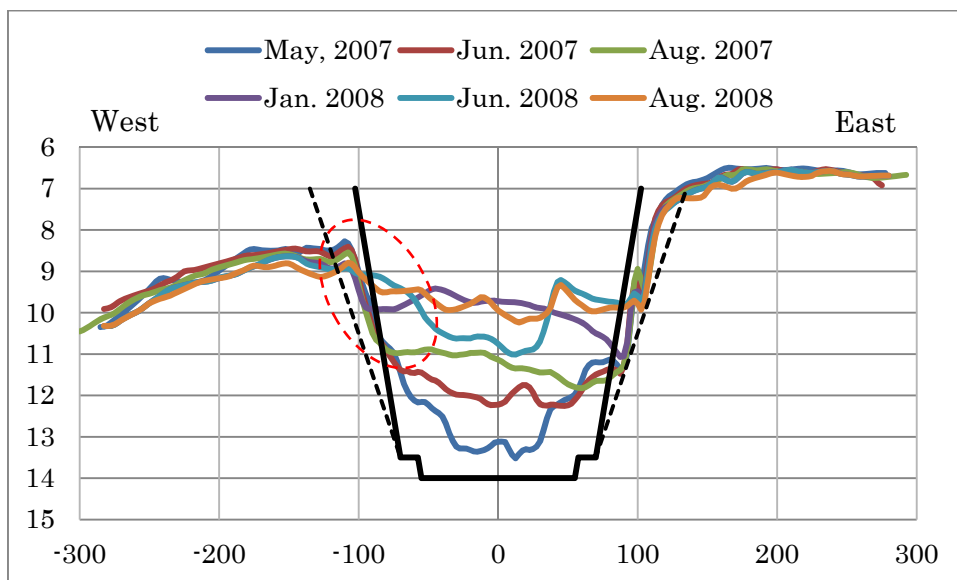


Figura C.9 Superposición de 6 secciones transversales a lo largo de L18

La Figura C.9 muestra la superposición de seis secciones a lo largo de la línea de referencia L18. A pesar de que el talud oriental está fuera de su posición, ligeramente hacia el Este de la planeada, su pendiente de 1V/5H es estable durante unos 16 meses, de mayo de 2007 a agosto de 2008. Por otro lado, la pendiente del talud occidental es 1V/10H en la primera mitad del periodo. Sin embargo, a partir de mayo de 2007, punto inicial del monitoreo, la pendiente ya era 1V/10H. En la segunda mitad del periodo, la pendiente desapareció debido a la sedimentación. Por lo tanto, la situación es poco clara.

Los resultados del estudio se muestran en la Tabla C.1. De acuerdo con esta tabla, los taludes en

el canal interior se mantuvieron estables después del dragado, con la misma pendiente planeada 1V/5H.

Tabla C.1 Estabilidad y pendiente de los taludes en la dársena y el canal interno

	Talud occidental	Talud oriental
L22	Ninguno	Estable 1/5
L21	Estable 1/5	Estable 1/5
L20	Estable 1/5	Estable 1/5
L19	Estable 1/5	Ignorado
L18	Confuso	Estable 1/5

## C.2 Posibilidad de la Reubicación del Canal

Como una alternativa, se examina la posibilidad de reubicar el canal. La Figura C.10 y la Figura C.11 muestran los resultados de las mediciones batimétricas realizadas el 19 de abril de 2013.

De estas figuras se encontraron las siguientes características de la batimetría del lado Oeste del canal actual:

- La zona más profunda está bien localizada.
- Existe información de que la zona Este era más profunda anteriormente y de que es arriesgado reubicar el canal teniendo como base sólo los datos de un levantamiento batimétrico.
- El canal actual fue dragado dos veces a pesar de que se volvió a azolvár. El redragado puede ser fácil porque el lodo del que se azolvó es probablemente más suave que el de otras zonas.
- Si se verifica que la velocidad de sedimentación es constante, la sedimentación no dependerá de la diferencia de profundidad dentro y fuera del canal. Esto indica que un tirante de agua original profundo puede que no represente una ventaja para el dragado de mantenimiento.

Estas características justifican que no existe una razón a favor de reubicar el canal hacia el Oeste.

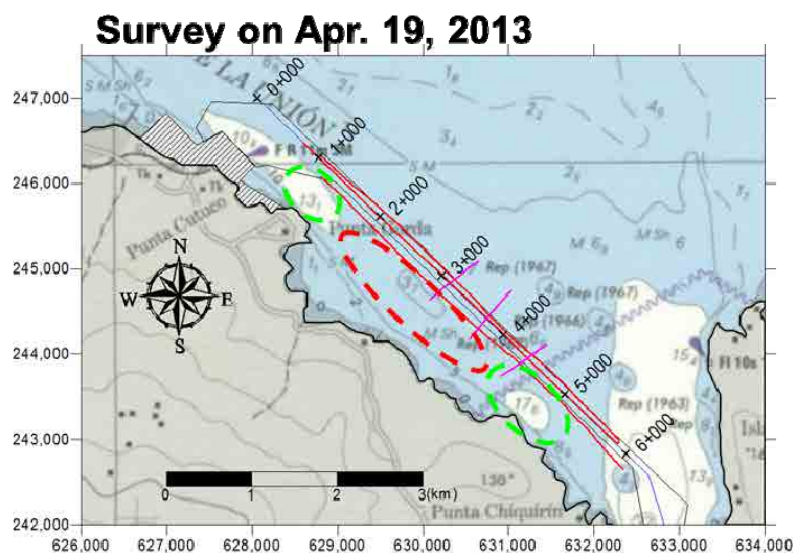


Figura C.10 Carta de la trayectoria de las mediciones batimétricas del 19 de abril de 2013



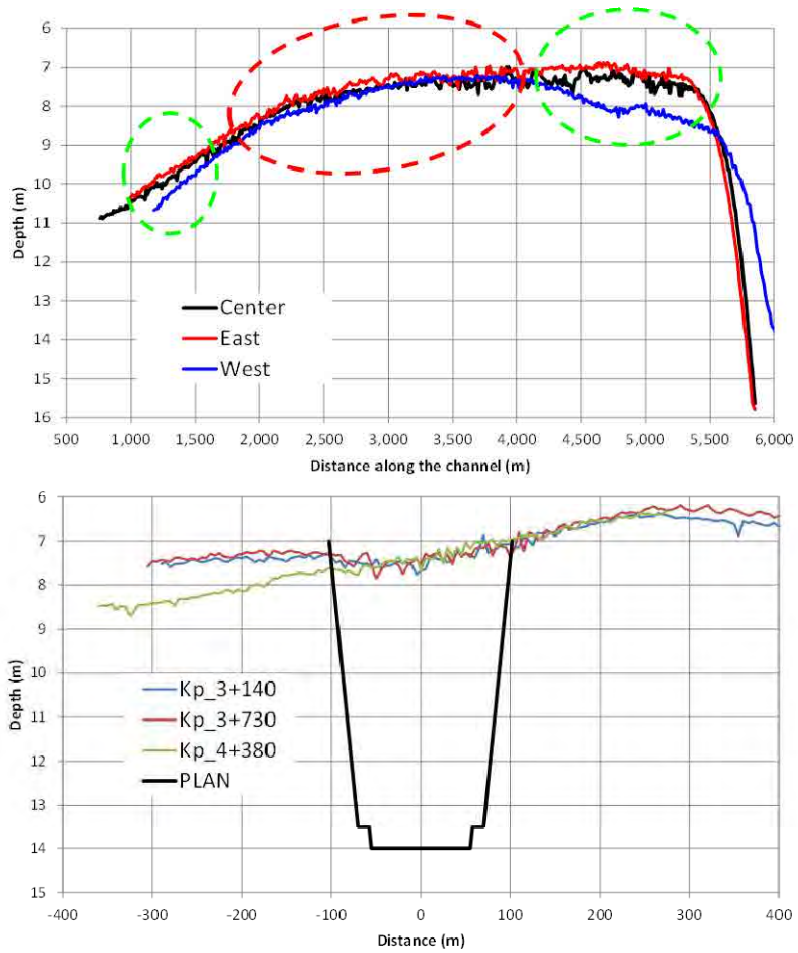


Figura C.11 Resultados de las mediciones batimétricas del 19 de abril de 2013

### C.3 Dragado con Rastrillo

#### C.3.1 Método de Dragado con Rastrillo

En el Puerto de La Unión, fue realizado un dragado con rastrillo en el periodo de agosto de 2012 a enero de 2013. El dragado con rastrillo es un tipo de dragado por agitación y se espera que sea un método de fácil implementación para el Puerto de La Unión. La Figura C.12 muestra el rastrillo utilizado en el Puerto de La Unión. El método del dragado con rastrillo realizado en el Puerto de La Unión se describe a continuación.



Figura C.12 Fotos del rastrillo utilizado en el dragado

La Figura C.13 presenta un área de dragado con rastrillo. El dragado con rastrillo fue realizado en una sección de unos 4 km entre la boya No.15 y las boyas No. 13 y 14 en el canal interno.

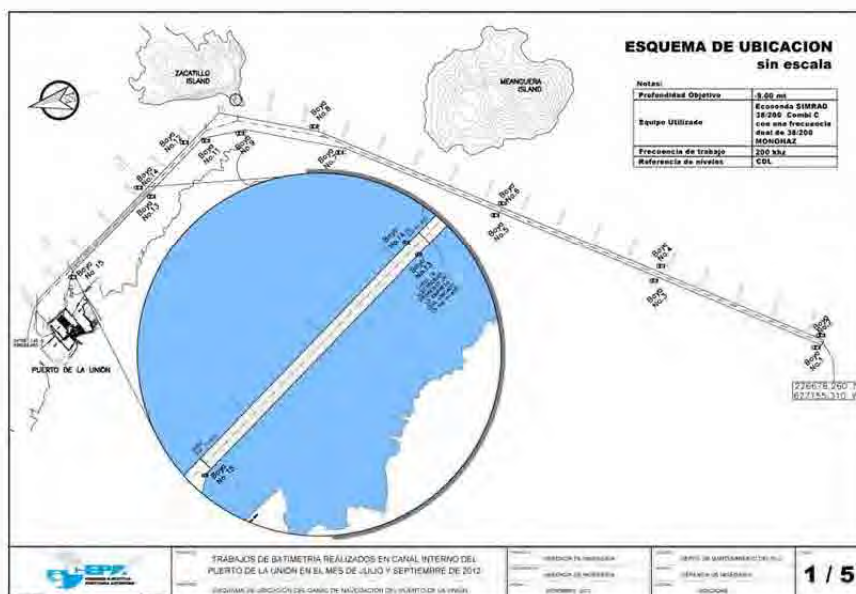


Figura C.13 Área de dragado con rastrillo en el canal interno

La Figura C.14 indica un método de dragado con rastrillo. Una sección del canal de unos 4 km en dirección longitudinal se divide en tres segmentos, cuya longitud respectiva es 1,3 km aproximadamente.

El dragado con rastrillo en un segmento se continuó por cinco días, repitiendo los patrones de dragado 1 y 2 por turnos. La secuencia de los segmentos para el dragado con rastrillo fue desde el segmento A, B hasta el C y luego al A de nuevo. El dragado con rastrillo fue realizado normalmente durante la marea baja.

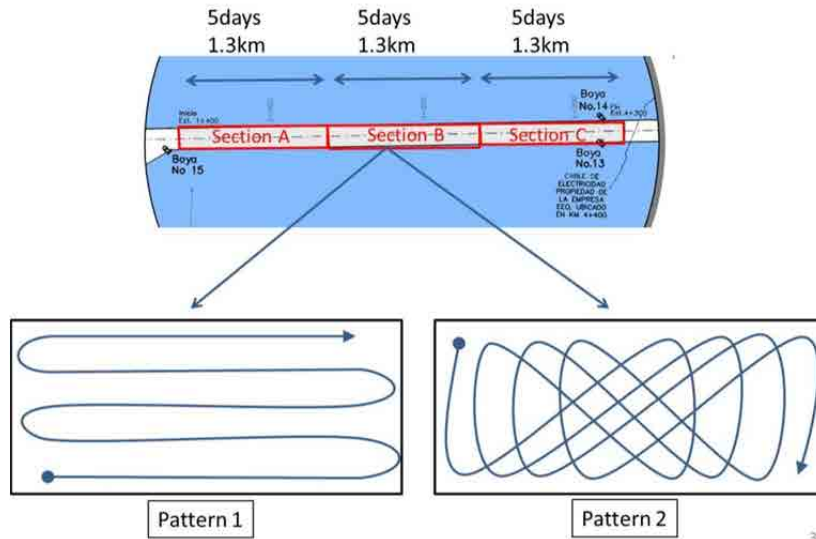


Figura C.14 Método de dragado con rastrillo

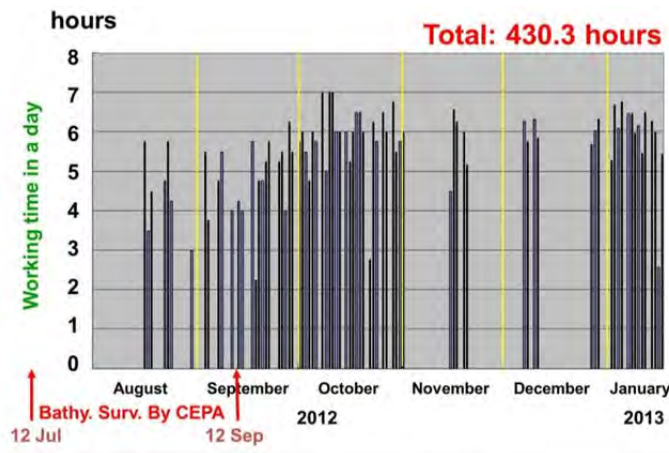


Figura C.15 Registro de las horas de trabajo de dragado con rastrillo

No hay registro directamente relacionado con el dragado con rastrillo, como la fecha, hora, ubicación y ruta del dragado. El único dato existente es la tarjeta de entrada y salida de la tripulación y los obreros de los remolcadores, en la que constan la hora de salida y retorno al puerto en los días laborales.

La Figura C.15 es una gráfica de barras, que presenta las horas de trabajo en un día durante el periodo de agosto de 2012 a enero de 2013. Las actuales horas del dragado con rastrillo son más cortas que las mostradas en esta figura, pero el dato exacto es desconocido.

El dragado con rastrillo empezó a mediados de agosto de 2012, y fue realizado exhaustivamente durante

el periodo desde mediados de septiembre hasta el final de octubre. El índice de implementación del dragado con rastrillo fue muy baja en los dos meses de noviembre y diciembre. Aunque pareció reactivarse en enero de 2013. El dragado no fue realizado cuidadosamente durante el periodo desde finales de enero hasta finales de marzo de 2013.

### C.3.2 Evaluación del Dragado con Rastrillo

La Figura C.16 y la Figura C.17 muestran sólo los datos batimétricos que pudimos obtener para examinar la efectividad del dragado con rastrillo. Las mediciones batimétricas tuvieron lugar en dos ocasiones: el 12 de julio de 2012 y el 12 de septiembre de 2012, antes y después del dragado con rastrillo respectivamente (véase la Figura C.15). Según las comparaciones entre los perfiles del fondo marino antes y después del dragado con rastrillo en dirección longitudinal, presentados en la Figura C.16, y los de la sección transversal, presentados en la Figura C.17, los perfiles son casi los mismos. En resumen, es muy difícil confirmar la efectividad del dragado con rastrillo utilizando dichos datos.

Al revisar las fechas de las mediciones batimétricas, podemos entender que el periodo entre dichas fechas no incluye el intensivo dragado con rastrillo realizado desde mediados de septiembre hasta el final de octubre. Por lo tanto, hay que tener mucho cuidado para concluir que el dragado con rastrillo no es eficaz.

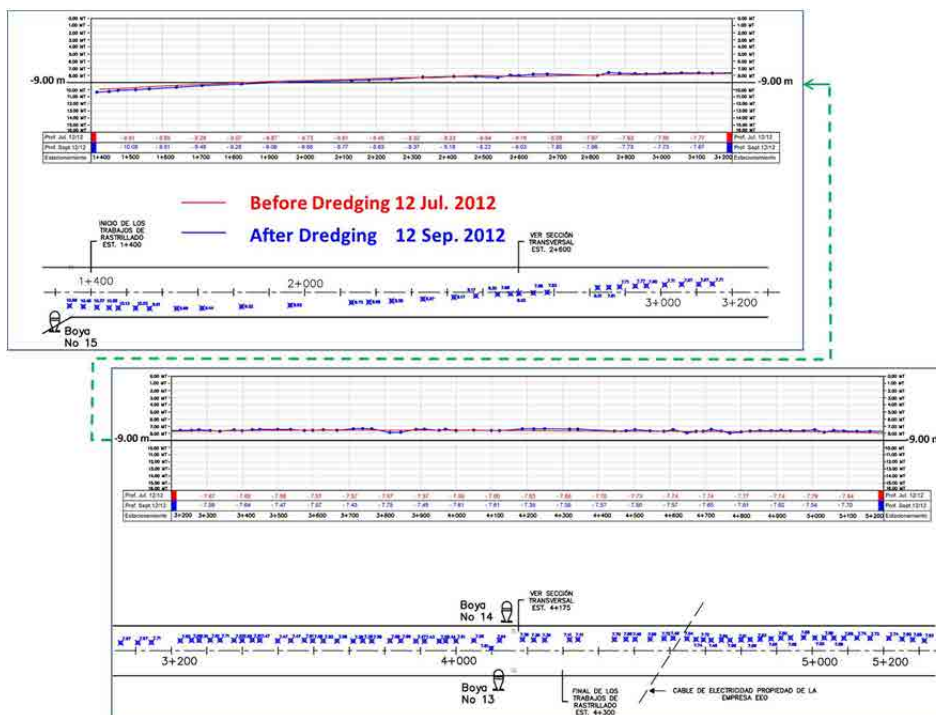


Figura C.16 Comparación de perfiles del fondo, antes y después del dragado con rastrillo (Sección longitudinal)

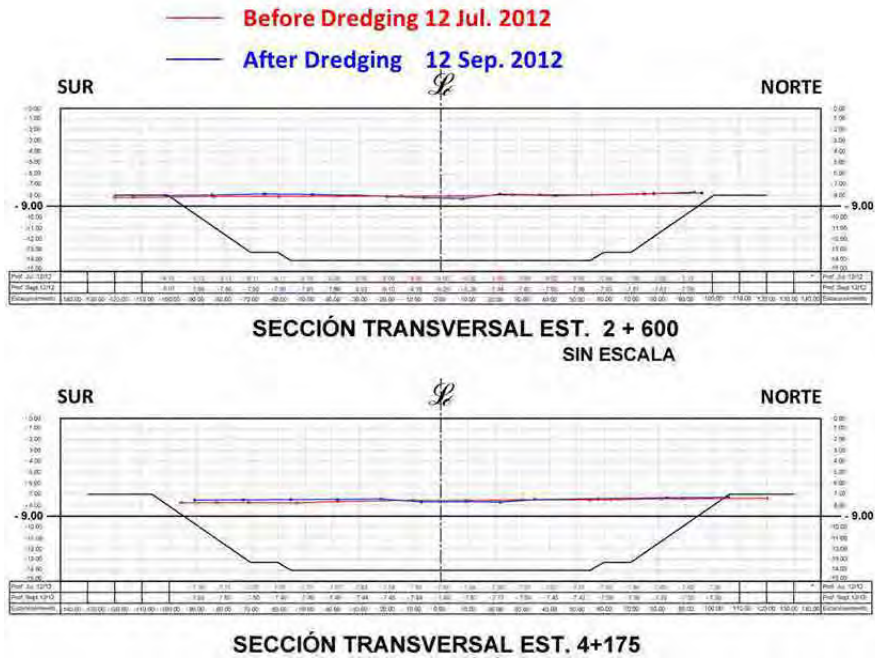


Figura C.17 Comparación de secciones transversales, antes y después del dragado con rastrillo



### C.3.3 Métodos de Dragado Aprovechando una Corriente

#### (1) Dragado por Inyección de Agua (WID)

El Dragado por Inyección de Agua (WID) es un tipo de un nuevo método de dragado que tiene solamente 25 años de historia y su patente pertenece a Van Oord. WID consiste en mover sustancias sólidas en condición de lodo líquido, mediante la fluidización de la capa de suelo en la cercanía de la superficie del fondo marino, a través de la inyección de un chorro de agua a baja presión en el fondo marino con toberas de alrededor de 5 cm de diámetro colocadas en un armazón tubular sumergible instalado en un barco autopropulsado, como el mostrado en la Figura C.18.

Este método está basado en la teoría hidrodinámica del flujo de densidad y es completamente diferente del dragado por agitación que depende de la dispersión del flujo ascendente del suelo turbio. La capa de lodo líquido se mueve justa y solamente sobre el fondo marino, por tanto el efecto ambiental está muy limitado comparando con la dispersión que trae un efecto significativo del dragado. Asimismo, este método no necesita ninguna energía para el transporte de suelo, por lo que es extremadamente económico y respetuoso con el medio ambiente, a diferencia de otros tipos convencionales de dragas.



Figura C.18 Barco de WID (Fuente: PIANC Report No. 120-2013 DRAGADO POR INYECCIÓN (J. Smith et al. 2013))

El proceso del dragado se describe a continuación:

- 1) Disminuir la cohesión del suelo de la capa del fondo marino con una inyección de agua
- 2) Fluidizar la capa de suelo (de 1 a 3 m de espesor) del fondo marino
- 3) Generar un flujo de densidad debido a la diferencia de densidad entre la capa de suelo fluidizado (lodo líquido) y el agua marina circundante (justamente como el borde de agua salada en el estuario)
- 4) Sedimentación de partículas de suelo cuando las fricciones internas de la capa de suelo fluidizado superen la potencia de arrastre por la consolidación de la capa de suelo durante el transporte.

La potencia de arrastre del flujo en el paso 3) arriba mencionado, es la diferencia de la presión hidráulica estática debida a la diferencia de la densidad y la presión líquida estática entre el lodo líquido y el agua marina. Cuando la potencia de arrastre supera las fricciones internas y la fricción en el fondo marino, comienza el flujo de densidad (referirse a la Figura C.19). Una vez fluidizadas las partículas de suelo por la inyección de agua, se van consolidando gradualmente durante el transporte. Luego, las fricciones internas aumentan para superar la potencia de arrastre y las partículas de suelo empiezan a sedimentarse. La distancia del transporte depende de las condiciones de sitio. Las corrientes naturales como el caudal de los ríos y las corrientes de las mareas, mantendrán el flujo de densidad dependiendo de la dirección.

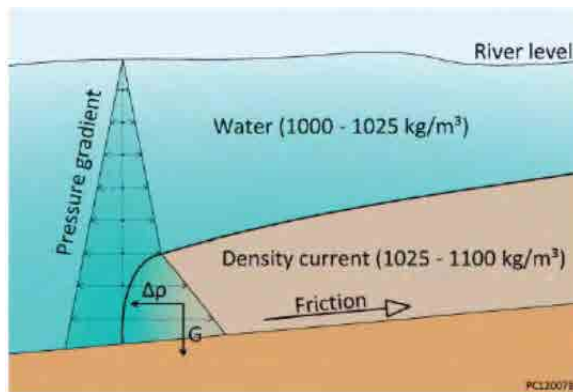


Figura C.19 Fuerza de arrastre de la capa de suelo fluidizado

(Fuente: Informe PIANC No. 120-2013 DRAGADO POR INYECCIÓN (J. Smith et al. 2013))

Como se ha mencionado arriba, WID es un método para transportar el suelo por su propia fuerza, apoyado por un flujo natural, por tanto, su aplicación necesita un estudio de condiciones naturales tales como las características del suelo, corrientes de mareas, oleaje, condiciones batimétricas y mecanismo de sedimentación. En resumen, cuanto más pequeñas las partículas de suelo y menor la cohesión del suelo, más fácil será la fluidización. Sin embargo, en las condiciones actuales, no se cumple con la teoría completamente.

En el Informe PIANC No. 120-2013 se presentan 10 ejemplos de puertos de ríos o desembocaduras. Dichos ejemplos indican que la teoría funciona solamente donde existen corrientes fluviales unidireccionales. Las tasas de producción se presentan en la

Tabla C.2.

Tabla C.2 Típica tasa de producción en proyectos de WID

Project Name	Soil Description	Volume (m <sup>3</sup> )	Duration (hours)	Production Rate (m <sup>3</sup> /hr)
Epon Harbour, Delfzijl, The Netherlands	Silt & sand D <sub>50</sub> 0.3mm	160,000	200	800
Haringvliet Harbour, The Netherlands	Silt/clay	121,000	252	480
Crouch River, United Kingdom	Clayey silt	6,200	12	540
Upper Mississippi River 1992	Sand 0.3 – 0.4mm	6,154	44	140
Calumet 1994	Silt 0.004-0.05mm	12,034	24	502
East and West Calumet floodgates	Silt 0.004-0.05mm	17,900	17	1,080
Michoud 2002	Silt 0.06mm	178,642	96	1,861
Mississippi River Gulf Outlet (MRGO) 2003	Silt	269,230	96	2,800
Weser Estuary, Germany, 2009	Sand 0.6 mm	650,000 (per year)	1,200	550
Elbe Estuary, Germany, 2009	Sand and Silt 0.05-0.6 mm	1,500,000 (per year)	2,000	750

(Fuente: Informe PIANC No. 120-2013 DRAGADO POR INYECCIÓN (J. Smith et al. 2013))



## (2) Arado Subacuático

El arado se usa para agitar el fondo marino arrastrando un gran armazón de acero, que es similar al arado utilizado en los campos de cultivos, y se alza y baja de un remolcador para que las partículas de suelo queden suspendidas en el agua y sean transportadas por dispersión. Puesto que este método agita el fondo marino, puede ser categorizado como uno de los de dragado por agitación. Sin embargo, siendo llamado “nivelador del fondo”, normalmente se usa como una media de apoyo para otros métodos de dragado; por ejemplo, para mitigar las irregularidades de la superficie dragada después del dragado especialmente con una draga prensora, haciendo básicamente el equilibrio del volumen de suelo dentro de un área de corta distancia de dragado.

En este método se espera transportar el suelo con una fuerza mecánica o un sistema de dispersión con la ayuda de flujo de agua natural. El sistema dominante depende de la forma del nivelador (arado). El nivelador que tiene la forma de un recogedor de basura (véase la Figura C.20) puede empujar mecánicamente el suelo hacia dentro del recogedor: El nivelador que tiene la forma de tendedor puede producir agitación y dispersión.

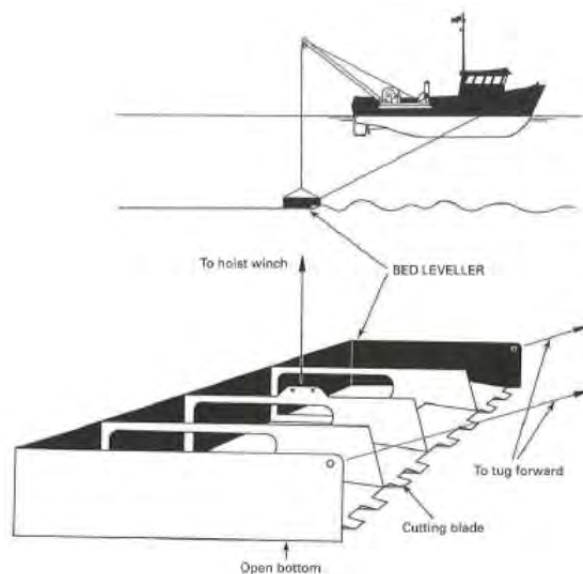


Figura C.20 Nivelador de fondo (Tipo recogedor de basura)  
(Fuente: “Dragado; Manual de ingenieros” R N Bray et al. 1998)

En Japón hay una zona donde impactos adversos afectan la pesca en aguas someras a causa del deterioro de la calidad del agua y del sedimento del fondo y se viene intentando la cultivación del fondo marino en todo el país para mejorar tal situación. Como resultado, la calidad de agua ha mejorado (la turbiedad en la capa del fondo observada es de entre 150 y 300 mg/ ℓ como máximo); sin embargo, la situación con el sedimento del fondo no ha mejorado claramente. El arado subacuático utilizado tiene normalmente tamaños de 2 m x 2 m a 2 m x 5 m con un peso aproximado de 300 kg. Por lo general, el arado que baja a

fondo marino desde la proa del barco es remolcado. El área cubierta en una sola vez es alrededor de 1 x 1,5 km y unos 10 barcos pesqueros hacen a la vez un recorrido de ida y vuelta en 8 horas a una velocidad de 4 nudos. Lo descrito arriba está referido como “Estudio sobre “Cultivación de fondo marino” para ajustar el desequilibrio nutricional del agua marina” (Nakanishi et al. 2012). La Figura C.21 presenta un ejemplo de arado. Los métodos de dragado con arado y rastrillo son casi iguales, aunque el arado se utiliza en Europa para nivelar el fondo y en Japón para mejorar la calidad del fondo marino. No obstante, no hay ningún caso en el que el tamaño del rastrillo adoptado actualmente en el Puerto de La Unión sea utilizado para el dragado de mantenimiento.



Figura C.21 Ejemplos de arado en Japón  
(Fuente: Impacto sobre la supervivencia y crecimiento de mariscos jóvenes con el cambio de sedimentos del fondo marino, en japonés (Mizuno et al. 2006))

### (3) Dragado por Agitación

El dragado por agitación consiste en transportar partículas del suelo, que se encuentren suspendidas en el agua por la agitación cerca de la superficie del fondo marino causada por una dispersión con la ayuda del flujo natural como el caudal de un río y corrientes de mareas. Los métodos por agitación son, por ejemplo: “arado” arriba mencionado, por inyección de agua y de la draga de succión con cabezal cortadoras. En el caso del cabezal cortador, el material dragado con el cabezal por la draga de succión con cabezal cortador se descarga al mar en vez de transportarlo por un tubo de descarga. Si se confirma la eficacia del arado con experimentos, se necesitaría solamente un remolcador y un armazón de acero de “arado”, lo que sería muy económico.

Según Francis Way et al., como dragado de mantenimiento, el arrastre por una viga de acero en forma de I mediante un remolcador, durante la marea baja, se realizó desde 1932 en el Puerto de Savannah, Georgia, EE. UU. Puesto que este método fue suspendido en los años recientes por las consideraciones ambientales, una investigación experimental fue ejecutada para evaluar sus efectos.

En dicho experimento, se aplicaron dos métodos: uno de arrastre por un armazón de viga en forma de I con salientes en forma de peine, y otro mediante la descarga al mar de la draga de succión con cabezal cortador. Y, fueron medidos los cambios temporales y geométricos de TSS (Total Suspension Solid: Sólido Total Suspendido) y las propiedades del agua tales como temperatura, salinidad, turbiedad, oxígeno disuelto, pH, etc.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los sólidos suspendidos resultantes de la agitación con la viga-I fueron encontrados a menos de 3 m sobre el fondo marino y no más lejos de 600 m desde el punto de agitación.
- La concentración del suelo suspendido fue de 200 mg/ ℓ como máximo en el punto de agitación.
- El índice de concentración arriba mencionado es casi del mismo orden de turbiedad provocada por la agitación debida a la operación de la hélice de un buque de navegación durante aproximadamente 15 minutos.
- El suelo suspendido con la descarga al mar de la draga de succión con cabezal cortador fue de 760 mg/ ℓ de TSS a 30 m aguas abajo del punto de agitación y el máximo transporte observado fue de 1.500 m.
- En ese momento, las partículas de suelo relativamente más gruesas fueron sedimentadas dentro de una distancia de 600 m aguas abajo, donde el valor de TSS bajó aproximadamente a 150 mg/ ℓ y solamente las partículas finas fueron transportadas más allá de 600 m.
- Por tanto, se concluyó que no se encontró ningún hecho en el que el dragado por agitación haya causado un impacto ambiental inaceptablemente grave.

Sin embargo, por otro lado esta conclusión significa que no se obtuvo un resultado considerable de dragado. Aunque esto no está todavía claramente asegurado, puesto que el reporte mencionado no incluye

datos detallados de flujo de agua y características del suelo. Parece que el movimiento substancial del suelo por la agitación del armazón de la viga-I está limitado a un máximo de 300 m y el contenido de sólidos es de 0,1 % como máximo, que es menos de 1/100 del material dragado de TSHD. Por tanto, puede ser razonable suponer que el efecto del dragado se limite en un área menor de 300 m. Por otro lado, ya que el canal interno tiene una longitud de 5 km y el canal externo de 16 km, en este proyecto, la distancia de transporte debe de ser demasiado corta. Además, si el efecto parece ser menor de 1/100 de TSHD, este dragado por agitación debería de contar con 100 barcos para realizar una productividad equivalente a la de una TSHD.

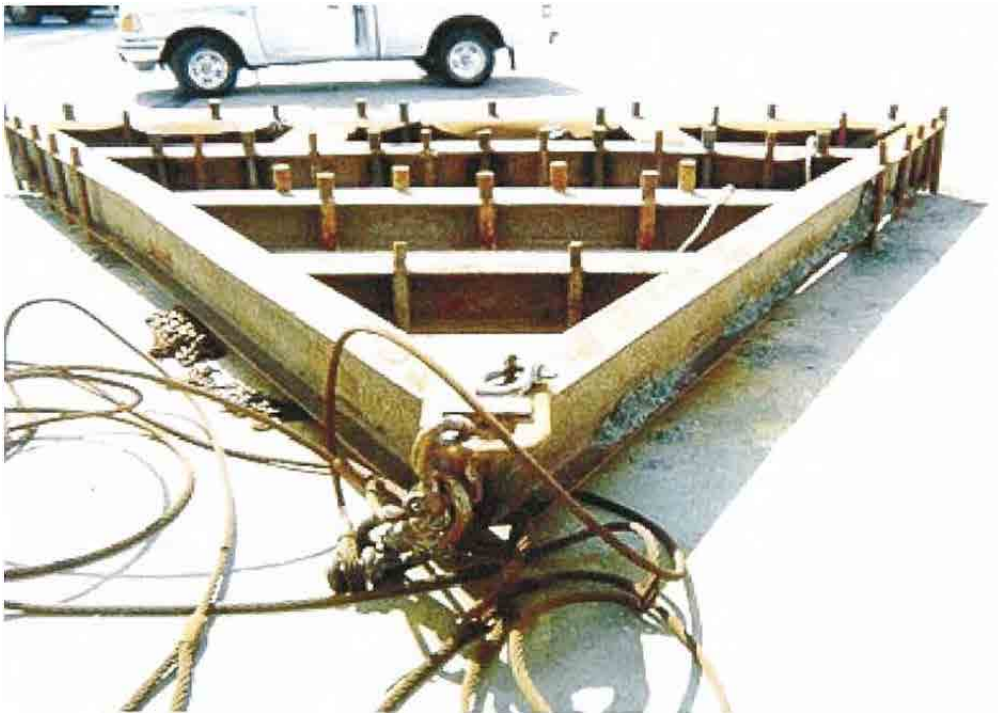


Figura C.22 Ejemplo de dragado por agitación con una viga-I

(Fuente: EFECTOS DEL DRAGADO POR AGITACIÓN EN EL PUERTO DE SAVANNAH  
(Francis Way et al.)

(<https://www.westernredging.org/index.php/information/proceedings-presentations/category/72-session-8c-dredging-project-case-studies%3Fdownload=300%3A4-way-et-al-effects-of-agitation-dredging-in-savannah-harborpdf> , 28 febrero de 2014))

## C.4 Comentarios sobre el Plan de CEPA

### (1) Plan de CEPA sobre la Construcción de una isla

CEPA está considerando construir una isla artificial semicircular en las aguas de la Bahía de la Unión con el fin de reducir el volumen de sedimentación en el canal de navegación, en la dársena de maniobras y en los puntos de atraque. Esta isla sería una alternativa a largo plazo y su sitio se ha determinado a un kilómetro al Noroeste del puerto (véase Figura C.23). Esta isla es denominada la isla semicircular en lo sucesivo.

Los beneficios que se esperan con la construcción de esta isla para el Puerto La Unión son los siguientes:

- a) Un botadero alternativo de material de dragado situado tan solo a un kilómetro de distancia desde el puerto. Esto representaría un 40% de ahorro en comparación con el actual plan de dragado.
- b) Desviar el material extraído por las corrientes marinas reducirá en gran medida la sedimentación futura del canal de navegación del Puerto La Unión.
- c) Reforestar la isla con manglares, proporcionará un mayor hábitat marino para las diferentes especies, evitando así su extinción. La reforestación de los manglares también ayudará a prevenir la erosión del medio ambiente marino de la Bahía de la Unión.

Entre estos beneficios esperados, los señalados en a) y b) se examinarán brevemente.



Figura C.23 Ubicación de la isla artificial planeada a un kilómetro al Noroeste del Puerto

## (2) Beneficios de la Isla Artificial para el Botadero

Como el radio de la isla semicircular es de 1 km, su área es de 1,57 millones de  $m^2$ . Si el tirante de agua en el sitio de construcción se supone que es de 5 metros, basados en una carta marina, la capacidad de aceptación del material dragado es de 7,85 millones de  $m^3$ . El volumen de material dragado de la dársena y del canal interno se indica con la profundidad de mantenimiento mostrada en la Figura C.24. Estos se calculan con el modelo exponencial modificado para el ciclo de dragado de tres meses. Por ejemplo, en el caso de que la profundidad de mantenimiento sea de 12 metros, el volumen de material dragado será 2,3 millones de  $m^3$  por año. Si todo el material dragado de la dársena y el canal interior se vertiera en la isla semicircular, está se llenaría en 3,4 años. En resumen, el periodo durante el cual la isla semicircular funcionaría como botadero está limitado.

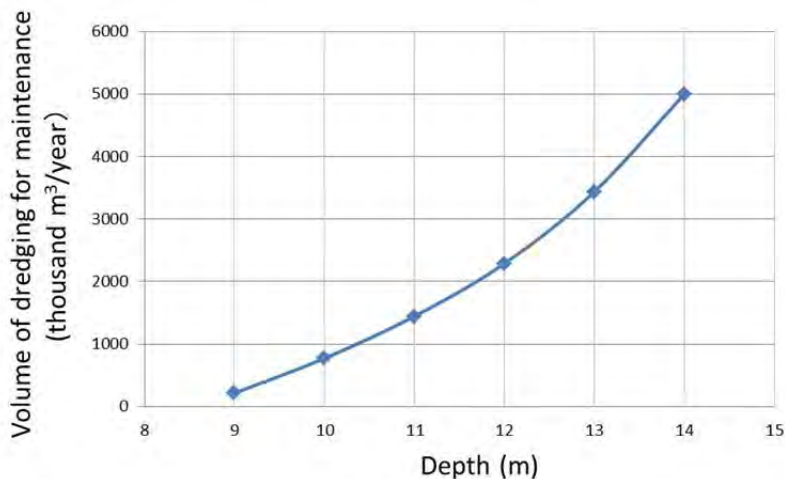


Figura C.24 Volumen de dragado para el mantenimiento en la dársena y el canal interno

Como ejemplo, se hace una estimación tentativa acerca de en cuánto se reduciría el costo de dragado si el material dragado de la dársena y el canal interno se vertiera en la isla semicircular. El método de estimación del costo de dragado se explica detalladamente en el Capítulo 6. Las condiciones de la estimación son las siguientes:

- Obras de dragado: Basadas en contrato
- Modelo de predicción: Modelo exponencial modificado
- Ciclo de dragado: Tres meses
- Sistema de vertido: El mismo que el de vertido mar adentro (sin uso adicional de medidas especiales)
- En la estimación del costo de dragado, el dragado del canal externo también está incluido



Los resultados de la estimación se muestran en la Figura C.25y la Figura C.26. La Figura C.25 muestra una comparación de los costos de dragado con el material de dragado vertido mar adentro y vertido en la isla semicircular. En la misma figura se muestra el índice de reducción de costos, dado por la relación entre el costo de dragado anterior y el actual. La reducción de costos disminuye con la profundidad de mantenimiento deseada hasta en menos del 60 por ciento, tal como lo ha supuesto CEPA. La reducción de los costos es debido a la disminución de la distancia que separa el sitio de dragado con el del botadero. El tiempo necesario para las maniobras del barco se reduce para el vertido dentro de la isla semicircular porque la capacidad de la tolva necesaria para el dragado es menor, tal como se observa en la Figura C.26.

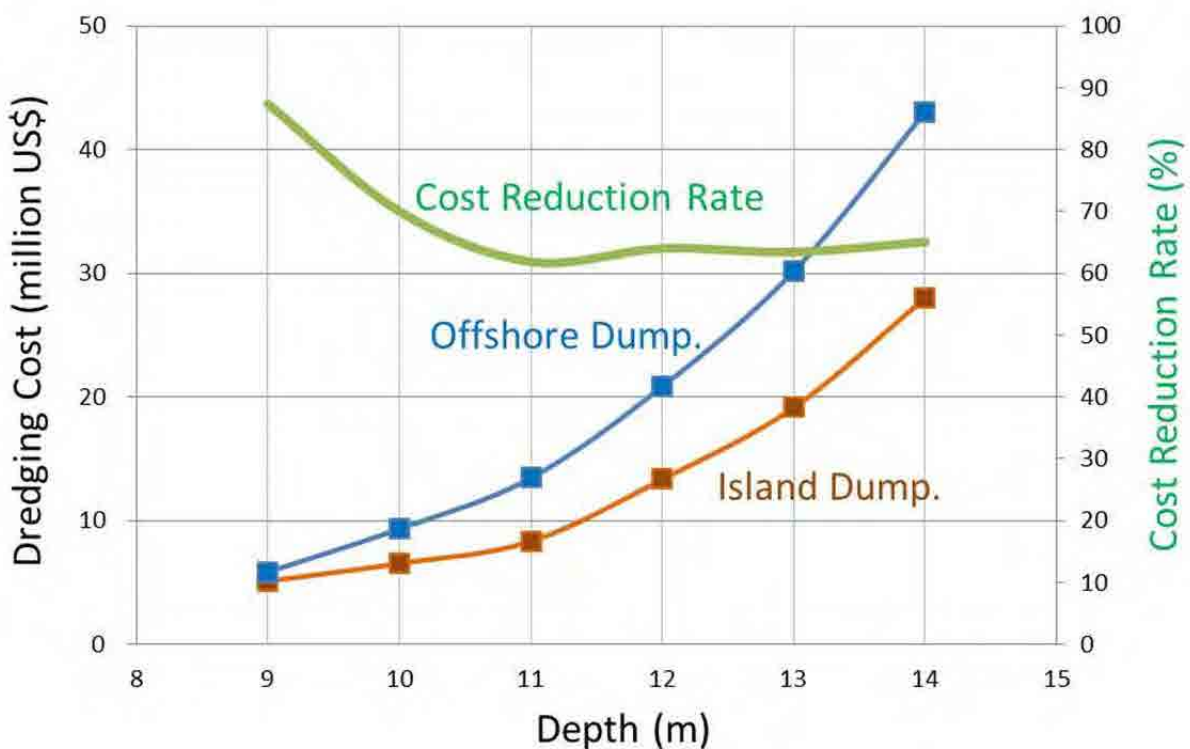


Figura C.25 Comparación del costo de dragado entre el vertido mar adentro y el de dentro de la isla semicircular

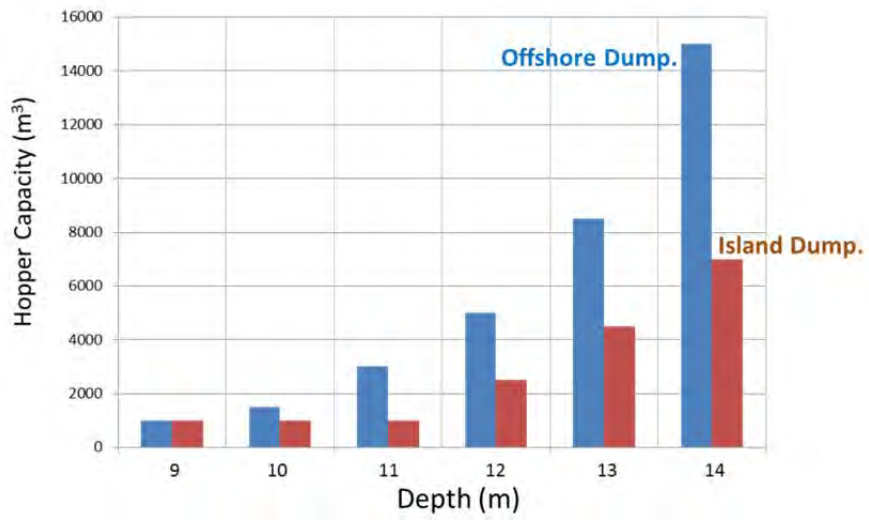


Figura C.26 Comparación de la capacidad de tolva requerida entre el vertido mar adentro y el de dentro de la isla semicircular



### (3) Beneficios de la Isla Artificial Reduciendo el Volumen de Sedimentación

Algunos ejemplos de islas artificiales construidas en Japón se muestran en las figuras de la Figura C.27 a la Figura C.30. Las obras de construcción de estas islas se combinan con la eliminación del suelo dragado del canal y la dársena. Cuando se construye en el mar una estructura de gran envergadura, como lo es una isla artificial, debe tenerse especial cuidado para minimizar en lo posible su influencia en el medio ambiente circundante. Una condición física representativa de dicho medio ambiente son las corrientes marinas.

La Figura C.27 muestra el Aeropuerto de Kita-Kyushu construido casi paralelo a tierra para poder reducir su influencia sobre las corrientes de marea.

La Figura C.28 muestra el Aeropuerto Internacional Centrair de Chubu en la Bahía de Ise. La esquina de la isla que se encuentra más cerca de tierra fue atenuada dándole una forma un poco curva para evitar la perturbación de las corrientes de marea.

La Figura C.29 muestra dos islas de forma semicircular con playa y planicie formada por mareas en el Parque costero Kasai, en la Bahía de Tokio. En la isla de la izquierda hay un puente por donde la gente puede cruzar; mientras que en la isla de la derecha no lo hay. La isla de la derecha se utiliza para la preservación de la diversidad de los ecosistemas incluyendo las aves silvestres. Los muros laterales están diseñados de forma semicircular y alineados de tal manera que las corrientes del río no sean perturbadas.



Figura C.27 Aeropuerto de Kita-Kyushu



Figura C.28 Aeropuerto Internacional Centrair de Chubu



Figura C.29 Parque costero de Kasai



Figura C.30 Aeropuerto Internacional de Tokio ( Aeropuerto de Haneda)



Figura C.31 Pista de aterrizaje y despegue sostenida por un conjunto de pilotes

La Figura C.30 muestra el Aeropuerto Internacional de Tokio, o Aeropuerto de Haneda, en la Bahía de Tokio. La pista de aterrizaje y despegue no puede ser desplazada en la dirección del Punto A dado que existe un gran canal de navegación. Como resultado de ello, la pista se extiende a la zona frente a la boca del río, obstaculizando la descarga del río. Con el fin de evitar esta situación, una parte de la pista, señalada con una línea punteada en la Figura C.30, es soportada por un conjunto de pilotes (véase la Figura C.31). Como el conjunto de pilotes es permeable a la corriente del río, la influencia indeseable a ésta se reduce al mínimo posible.

Como en estos ejemplos, es una norma general el hecho de que la influencia de una estructura de gran envergadura en las aguas circundantes debe reducirse al mínimo posible cuando es construida en el mar.

En Japón, hay poca experiencia sobre el control de las corrientes de marea por estructuras a gran escala, como la planeada por CEPA. Por lo que es muy difícil predecir empíricamente qué tipo de resultados se esperan. A pesar de la falta de experiencia, uno se puede aventurar a esperar que la isla semicircular influirá en la sedimentación en el canal.

La Figura C.32 muestra el resultado del cambio batimétrico del fondo marino alrededor de un cajón de columnas debido a la corrientes de marea en un modelo físico con fondo móvil. El cajón con un diámetro de 80 metros en el prototipo es reproducido en el modelo. La erosión se produce en ambos lados del cajón en la dirección de las corrientes de marea, en donde las corrientes son más rápidas después de la construcción del cajón; mientras que la sedimentación de la arena tiene lugar en la parte delantera y trasera del cajón, en donde las corrientes son más lentas. En este experimento, se utilizó arena como material del fondo móvil. En el caso de sedimento fino, las zonas de erosión y deposición pueden extenderse más ampliamente en el prototipo que en el modelo.

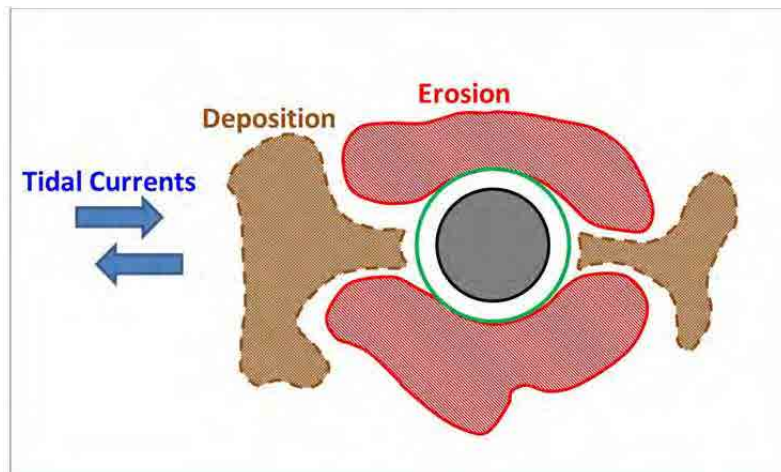


Figura C.32 Erosión y acumulación de arena alrededor de una columna en el modelo físico  
 Kashima, S., et al.(1991): Study on scour characteristics for large bridge foundation under strong tidal current, Journal of Civil Engineering, JSCE, No.438/ II -17, pp.51-60 (en japonés).

La Figura C.33 muestra la Bahía Fonseca, en la que la Isla El Tigre tiene una configuración circular y su ubicación está marcada con rojo. La `エラー! 参照元が見つかりません。` muestra la topografía del fondo marino alrededor de la isla. El patrón de erosión en ambos lados de la isla en la misma dirección principal de las corrientes de marea y la acumulación de sedimento delante y detrás de la isla, es muy similar al mostrado en la Figura C.32.



Figura C.33 Isla El Tigre en la Bahía Fonseca

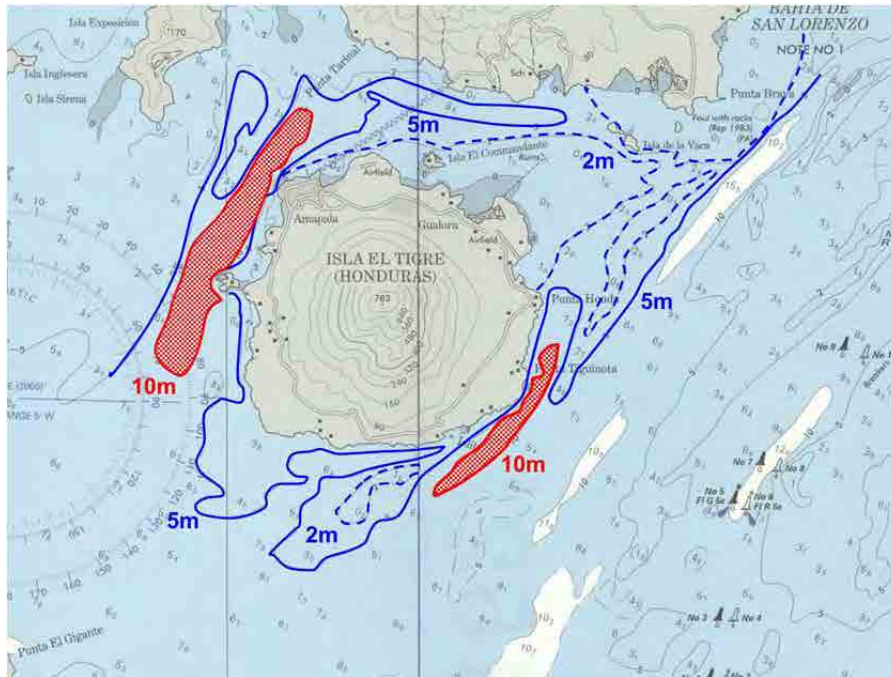


Figura C.34 Topografía del fondo marino alrededor de la Isla El Tigre

Cuando algún tipo de estructura se construye en el mar, los cambios topográficos del fondo marino a su alrededor se pueden inferir a partir del cambio del patrón del flujo. El patrón del cambio topográfico es simple, es decir, el área donde la velocidad de la corriente se vuelve más rápida, comparada con la de antes de la construcción de la estructura, se erosiona y el tirante de agua es más profundo; mientras que el sedimento se deposita en el área donde la velocidad de la corriente se vuelve más lenta y el tirante de agua es menos profundo.

La Figura C.35 muestra los cambios de corrientes alrededor de la isla semicircular en marea baja, pronosticados sólo en el escritorio. De acuerdo con el resultado esperado, en el sotavento de la isla semicircular se genera un vórtice, lo que reduce la velocidad de la corriente en la zona del canal interno. En resumen, el resultado esperado es que la sedimentación en el canal interno se vuelva más severa que antes de la construcción de la isla semicircular.

Por otra parte, en la zona estrecha de mar entre la isla semicircular y tierra, la velocidad de la corriente es más rápida. Por lo tanto, el fondo marino se erosiona y el tirante de agua se vuelve notablemente profundo lo que, en el peor de los casos, puede provocar la erosión de la ciudad de La Unión. La situación en la que el tirante de agua se vuelve notablemente profundo en el paso estrecho puede entenderse fácilmente en la Figura C.36, en donde el tirante de agua alcanza más de 30 metros.

Haciendo estas consideraciones, existe la posibilidad de que la isla semicircular empeore la situación más que producir los beneficios esperados por CEPA.



De todos modos, esta examinación sólo se ha hecho en el escritorio. Se recomienda que la influencia (y efecto) de la isla semicircular sea examinada cuidadosamente contando con suficiente tiempo antes de su construcción.

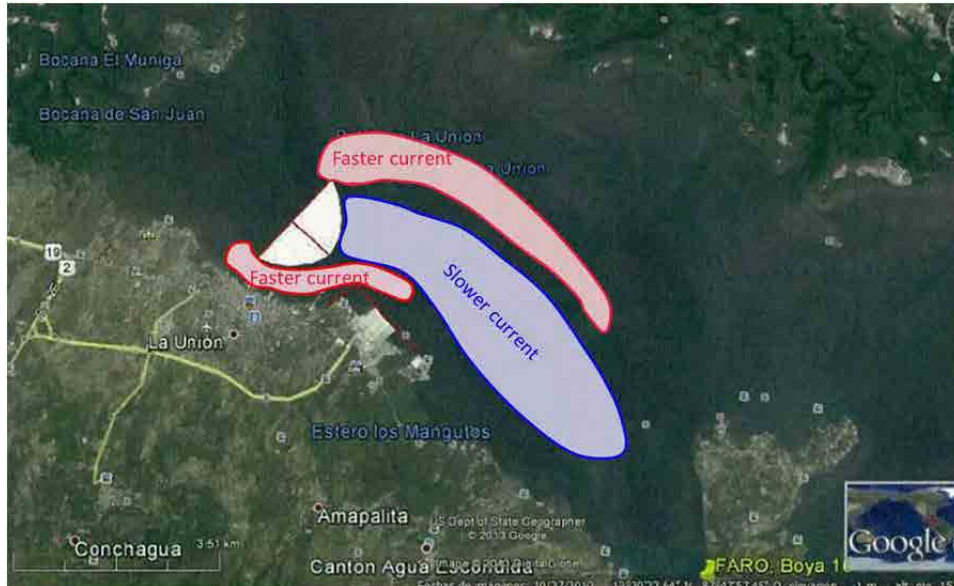


Figura C.35 Cambios esperados de las corrientes en marea baja

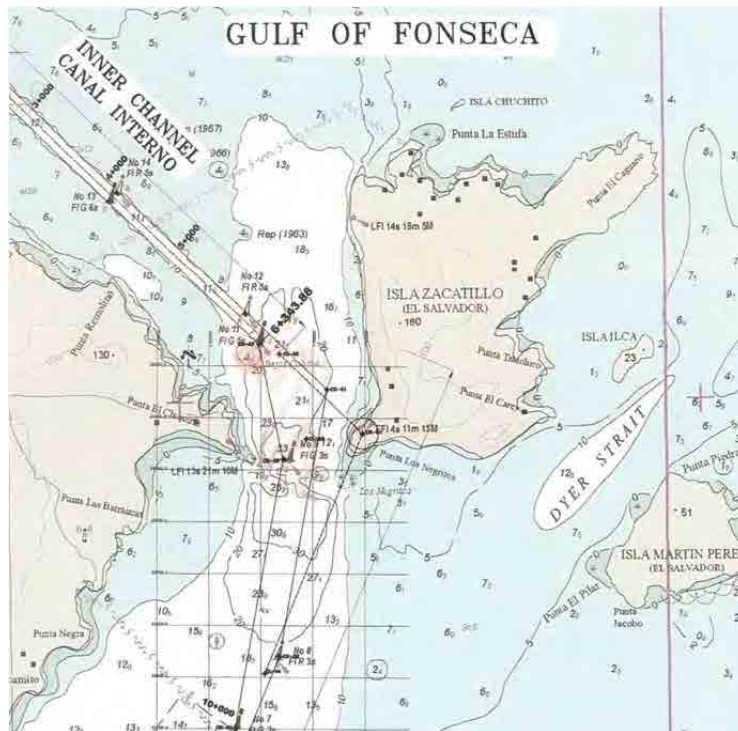


Figura C.36 Tirantes de aguas profundas en el paso estrecho

## C.5 Métodos de Dragado

### C.5.1 Tipos de Dragado

La presente sección presenta un resumen de los principales tipos de equipo de dragado.

#### (1) Draga de Succión con Cabezal Cortador o Draga Cortadora (Cutter Suction Dredger: CSD)

##### 1) Resumen

Una draga de succión con cabezal cortador consiste en una embarcación de dragado equipada con una gran bomba centrífuga sobre el cuerpo principal tipo pontón. Esta bomba succiona la lechada del suelo excavado y el agua agitada con el cabezal cortador (armazón de forma de corona dentada y rotatoria) mediante los tubos de elevación a lo largo del brazo de acero llamado “escalera”. La lechada succionada se transporta hidráulicamente a través de una tubería de descarga, que está hecha normalmente de tubos de acero, hacia el botadero. Por eso, este método de dragado se llama dragado hidráulico. Una foto y un esquema conceptual de una draga de succión con cabezal cortador típica se presentan en la Figura C.37 y la Figura C.38.

Este tipo de draga se coloca con perforadoras, que son 2 juegos de pilares para ser elevados y sumergidos en el fondo marino, y con un cable balanceando del torno colgando del extremo de la escalera conectada al ancla instalada en el fondo del mar.

En este tipo de dragas, existe también la draga de succión sin cabezal cortador, que agita el fondo marino por inyección de un chorro de agua, no con el cabezal cortador, y succiona el suelo agitado mezclado con el agua por la bomba de succión. Asimismo, existe la draga recogedora de fangos “draga-sedimento-fango”, que succiona el fango del fondo marino sin agitación. Ésta se aplica al dragado de un fango ambientalmente contaminado para que sea mínima la dispersión de este fango.



Figura C.37 Foto de una draga de succión con cabezal cortador  
(Fuente: "IHC Beaver Cutter Suction Dredger" International Marine Consultancy)

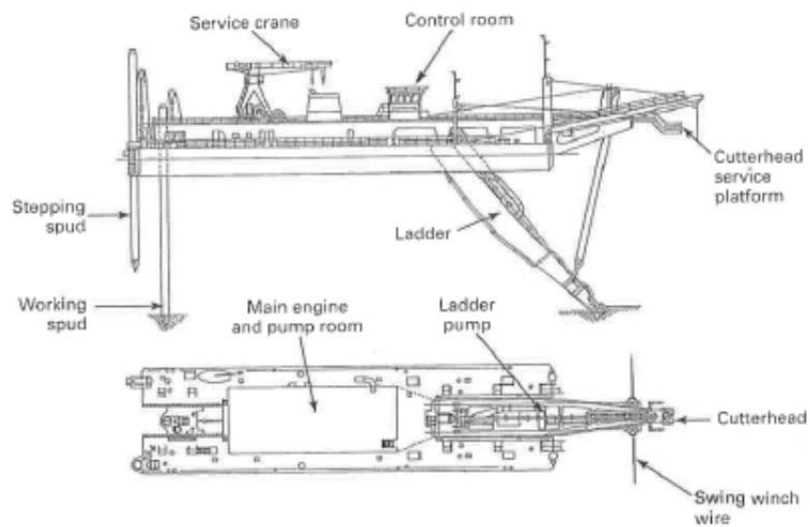


Figura C.38 Esquema conceptual de la draga de succión con cabezal cortador  
(Fuente: "Dredging; A handbook for engineers" R N Bray et al.)

## 2) Método de Dragado

Una draga de succión con cabezal cortador, mientras inserta una de sus perforadoras en el fondo marino, balancea su cuerpo de pontón alrededor de la perforadora insertada (perforadora en función presentada en



la Figura C.38) mediante la operación del cable balanceador del torno conectando al ancla instalada en el fondo del mar. Con esta operación, el cabezal cortador ubicado en el extremo de la escalera oscila en forma de arco circular al mismo tiempo.

El cabezal cortador gira con fuerza eléctrica o hidráulica para disgregar el suelo del fondo marino de alrededor, mientras una bomba centrífuga succiona el suelo disgregado mezclado con el agua circundante a través de tubos de elevación a la bomba. Esta operación continúa a lo largo del arco oscilante. Completado un ciclo del arco oscilante, la draga avanza si otra perforadora se inserta en el fondo del mar. Cuando se draga toda el área cubierta con una misma ubicación del ancla con este procedimiento, se elevan las anclas y se re-instalan en la siguiente área. La operación de dragado se completa repitiendo dicho procedimiento.

### **Características**

Las características del dragado de succión con cabezal cortador se resumen a continuación:

- Dragado de succión con cabezal cortador es normalmente no autopropulsada y tiene cuerpo tipo pontón
- Sistema de posicionamiento es mediante perforadoras y torno oscilante
- Embarcación de anclaje y remolcadores se requieren normalmente como equipos auxiliares
- Fango del suelo mezclado con el agua se transporta hidráulicamente a través de una tubería
- Materiales descargados contienen gran cantidad de agua
- La profundidad de dragado está limitada estructuralmente con la longitud de la escalera

### **Ciclo Operativo**

La operación de dragado de succión con cabezal cortador es un método de repetición casi continua. El diagrama de flujo de este tipo de dragado se presenta en la Figura C.39 a continuación.

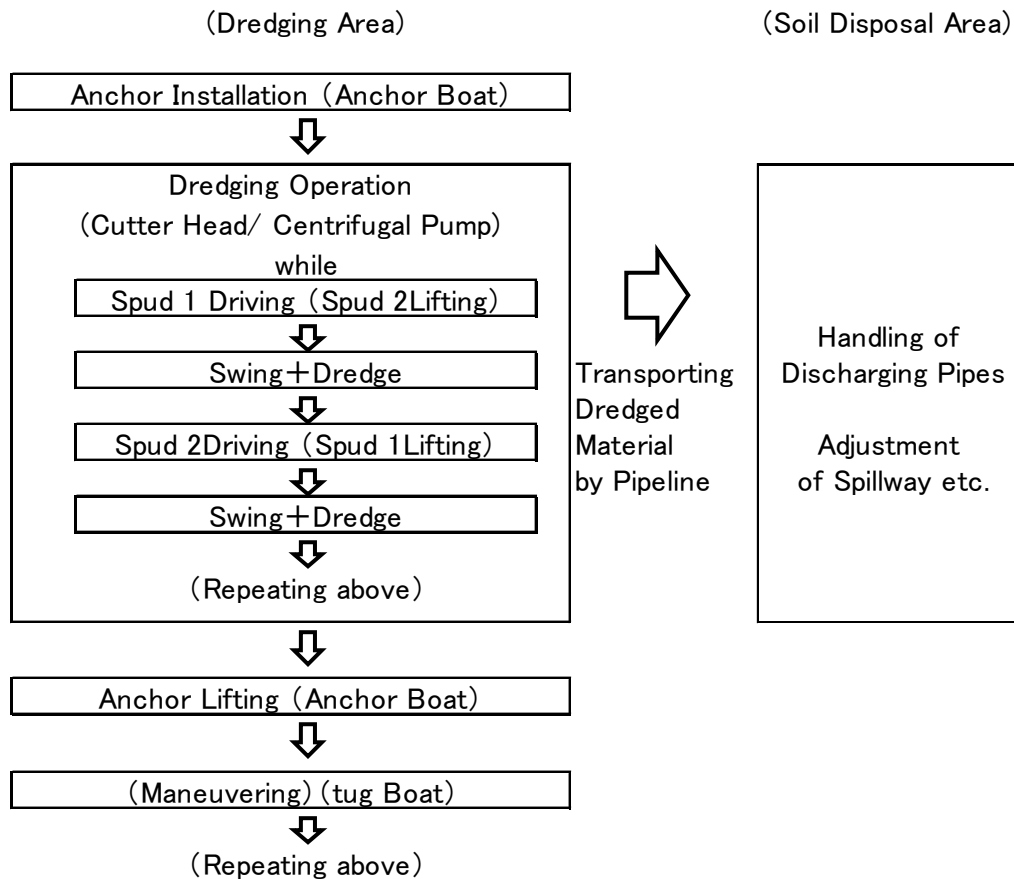


Figura C.39 Diagrama de flujo del dragado de succión con cabezal cortador

### **Método de Deposición de Suelo**

El método de deposición de suelo más común es descargar el material dragado desde el extremo de la tubería hasta el lugar de deposición o botadero, sea sobre la tierra o sea en el agua, que suele ser un terreno ganado al mar para futuro uso. El material dragado descargado es un fango que contiene gran cantidad de agua. Por tanto, un botadero tiene que estar normalmente rodeado de diques para un proyecto de relleno. También es posible un botadero sin diques de demarcación; sin embargo, en ese caso, un cierto nivel de turbiedad puede producirse dependiendo del tamaño de partículas del material dragado. Así que serán requeridas medidas de mitigación para el impacto ambiental tales como la instalación de una malla de retención de sedimento.

### **3) Ventajas**

Las principales ventajas son las siguientes:

- Una draga de succión con cabezal cortador puede corresponder a una amplia gama de materiales para dragar, ajustando el cabezal cortador y sus dientes junto con la capacidad de la draga
- Una draga de succión con cabezal cortador tiene relativamente alta productividad si se utiliza bajo condiciones apropiadas

- Relleno de tierras para uso futuro y dragado pueden ser ejecutados simultáneamente
- No se necesitan barcazas para el transporte de material dragado
- El nivel de precisión del dragado terminado es relativamente aceptable

#### **4) Desventajas**

Las principales desventajas son las siguientes:

- Las condiciones marinas operables para una draga de succión con cabezal cortador son limitadas (por su sistema de posicionamiento de perforadoras, no puede operar si hay marejada)
- En caso de que el botadero esté lejos, no es económico (aunque es posible un transporte utilizando bombas de carga)
- El costo de movilización es alto (ya que la draga es un casco tipo pontón no propulsado, se necesita una embarcación especial como grúa flotante para la movilización sobre el mar)
- El método no es conveniente para canales con tráfico intenso (la tubería de descarga instalada sobre el agua con flotadores, puede cerrar el canal para la navegación de otras embarcaciones)
- El contenido sólido del material dragado es el menor. El material dragado se encuentra en estado fangoso debido a la agitación del suelo mezclado con el agua, por tanto, el agua excesiva debe ser drenada y tratada en el botadero y especialmente para el suelo fino el drenaje requiere de mucho tiempo
- Si el área de dragado contiene guijarros y desechos artificiales con cierto nivel de resistencia tales como cables de acero, barras de acero de refuerzo, entre otros, la productividad de la draga de succión con cabezal cortador baja notablemente debido a la suspensión de la operación de la bomba a causa de las obstrucciones

#### **5) Límite Operativo**

Los límites operativos económicos de las dragas de succión con cabezal cortador son normalmente los siguientes:

- Profundidad mínima que puede ser dragada: 0,75 m
- Profundidad máxima que puede ser dragada: 35 m
- Altura máxima de ola para la operación: 2,0 m (para dragas grandes)
- Altura máxima de oleaje (swell) para la operación: 1,0 m (para dragas grandes)
- Máxima contracorriente: 2,0 nudos
- Tamaño máximo de partículas: 500 mm (para dragas grandes)
- Máxima resistencia a la compresión del material que puede ser dragado: 10-20 Mpa

## (2) Dragas de Succión en Marcha (Trailing Suction Hopper Dredger: TSHD)

### 1) Resumen

TSHD es una embarcación de dragado equipada con una tolva para cargar el material dragado y tiene una tubería de succión levantada por una estructura de soporte a lo largo del casco. Un cabezal de arrastre está instalado en el extremo inferior del tubo de succión, y el material dragado queda succionado desde el cabezal de arrastre por una bomba centrífuga y otras bombas de apoyo, mientras que la embarcación está en marcha. Una foto y un esquema conceptual de una típica TSHD se presentan en la Figura C.40 y la Figura C.41. La mayoría de las TSHD está equipada con un sistema de propulsión bimodal y un propulsor de proa para permitir un manejo de precisión. El material dragado cargado en la tolva se vierte normalmente desde la apertura inferior de la tolva, o el material dragado se descarga con la tubería de descarga conectada en la costa. Para fines de regeneración de playas a lo largo de la costa, el material dragado a veces se descarga impulsándolo a través de una tobera en la proa (esta actividad se llama “arco iris o rainbow” por la órbita parabólica del material dragado impulsado). Aproximadamente el 80 % de TSHD cuenta con tolvas cuya capacidad es de entre 750 y 5.000 m<sup>3</sup>, aunque la capacidad disponible de tolva alcanza 20.000 m<sup>3</sup> como máximo.



Figura C.40 Foto de una TSHD

(Fuente: “TSHD Glenn Edwards 10,000m<sup>3</sup>” The art of dredging.com)

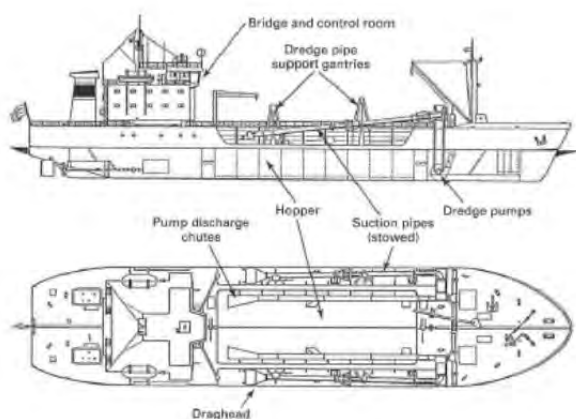


Figura C.41 Esquema conceptual de la TSHD

(Fuente: “Dragado; Manual de ingenieros” R N Bray et al.)

## 2) Método de Dragado

El método de dragado de TSHD es un dragado hidráulico con un cabezal de arrastre que trabaja mientras la embarcación está en marcha con una velocidad de 1 a 5 nudos. El suelo del fondo marino disgregado alrededor del cabezal de arrastre se succiona dentro del mismo por la diferencia de la presión de agua entre el interior y el exterior de la tubería de succión. Los dispositivos de apoyo como el chorro de agua de alta presión y raspador pueden ser utilizados para un fondo marino duro. El nivel del cabezal de arrastre se ajusta con un torno con la ayuda de un sistema de ajuste de presión de contacto con el fondo marino, llamado “compensador de oleaje/swell”, para que el movimiento vertical del cabezal de arrastre pueda ser compensado por el movimiento vertical del cuerpo del casco.

El material dragado se carga en una tolva autopropulsada. El agua que se queda en la punta de la tolva después de la sedimentación en la tolva del material dragado se descarga a través de un tubo de drenaje desde el fondo del casco. La altura del drenaje puede ser ajustada de acuerdo con las características del material dragado. En caso de un suelo de partículas finas, la operación de carga se suspende una vez empezado el drenaje, puesto que las partículas pequeñas no se sedimentan rápidamente y una operación continua no produce diferencia. En caso de un suelo con partículas gruesas como la arena gruesa y grava, la densidad del material en la tolva llega a ser alta, por lo que la TSHD carga normalmente el 80 % de la capacidad de la tolva en volumen. Por consiguiente, en este caso, el nivel de drenaje puede ser ajustado para ser bajo. La forma de la tolva está diseñada de manera que la turbulencia interna sea mínima.

Un modelo reciente de TSHD está equipado con el sistema de LMOB (Light Mixture Overboard: Mezcla Ligera Arrojada al Mar) o ALMOB (Automatic Light Mixture Overboard: Mezcla Ligera Automáticamente Arrojada al Mar), que consiste en desviar y descargar el material succionado que no contenga suficientes sólidos antes de cargarlo a la tolva, con el propósito de mejorar la eficiencia. Sin embargo, estos sistemas de descarga tipo bypass junto con la tolva de drenaje son la causa principal de provocar la turbiedad en este método de dragado.

Cuando la tolva se llena, los tubos de succión se guardan en el casco y la embarcación se autopropulsa hacia el botadero y vierte el material dragado por la apertura inferior de la tolva. Luego, vuelve al área de dragado para seguir el procedimiento de dragado.

El vertido del suelo por la apertura inferior de la tolva necesita solamente unos minutos; por el contrario, el vertido de suelo utilizando la tubería de descarga requiere una hora aproximadamente.

La parte principal de la embarcación está ocupada por la tolva. La bomba centrífuga está ubicada en el fondo del casco; no obstante, las bombas sumergibles a veces están instaladas en los tubos de succión.

### **Ciclo Operativo**

El ciclo operativo se presenta en la Figura C.42:

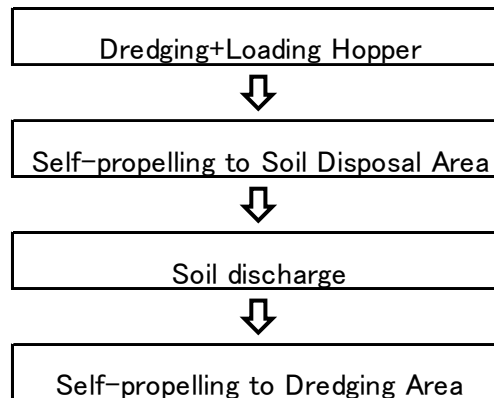


Figura C.42 Diagrama de flujo de la operación de TSHD

### **Método de Deposición de Suelo**

Para el vertido oceánico: Vertido desde la apertura inferior de la tolva

Para la regeneración de playas: Relleno hidráulico mediante una tubería de descarga o impulsando el material con una tobera en la proa

#### **3) Ventajas**

- TSHD es viable en un amplio alcance de condiciones marítimas por la estructura del casco de la embarcación y el sistema estabilizador del cabezal de arrastre
- Máxima independencia de operación sin necesidad de embarcaciones de apoyo
- Gran capacidad de transporte de material dragado por una larga distancia
- Productividad relativamente alta
- Movilización fácil y, por tanto, económica por la estructura del casco de la embarcación con un sistema autopropulsor

#### **4) Desventajas**

- No es aplicable para fondos marinos duros
- Sensible a la concentración de grava, guijarros, etc.
- El contenido de sólidos es bajo al igual que el del dragado de succión con cabezal cortador (El contenido de sólidos en el botadero es un poco mayor que el del dragado de succión con cabezal cortador, ya que el agua que queda en la tolva se descarga por el drenaje)
- La productividad baja al nivel del dragado de succión con cabezal cortador cuando existen desechos difícil de mover en el área de dragado

## 5) Límite Operativo

Los límites operativos económicos de la TSHD son normalmente los siguientes:

- Alcance de la capacidad de dragado: de 4 a 45 m
- Velocidad máxima de navegación: 17 nudos
- Diámetro mínimo de retorno: 75 m
- Altura máxima de ola: 5 m
- Máxima contracorriente: 3,0 nudos
- Tamaño máximo de partículas: 300 mm
- Máximo esfuerzo cortante del material que puede ser dragado (arcilla): 75 kPa

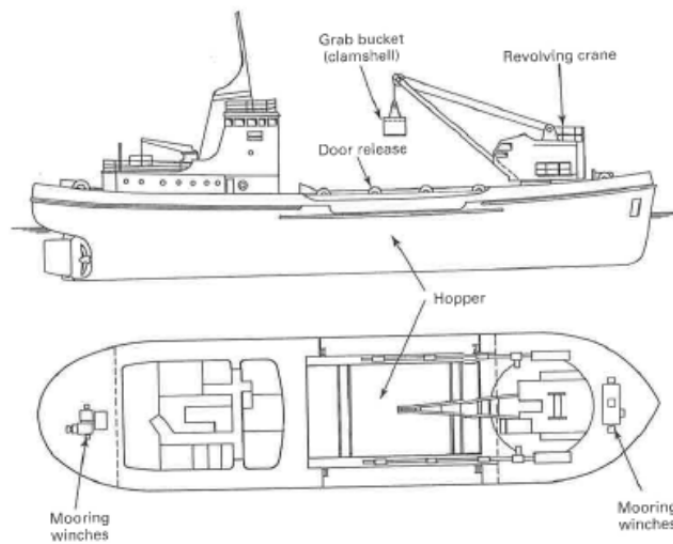
### (3) Draga de Cuchara (Grab Hopper Dredger: GD)

#### 1) Resumen

Una draga de cuchara está equipada con una grúa con pluma giratoria y una cuchara conectada (tipo bivalva), que puede agarrar el material del fondo marino y luego elevarlo y cargarlo a la tolva sobre su casco. Además de la draga de cuchara bivalva, existe la draga de cuchara montada sobre pontón, que no tiene su propia tolva. Una draga de cuchara montada sobre pontón carga el material dragado en la tolva de barcas transportadoras de material dragado. Los esquemas y fotos de las mismas se presentan en la Figura C.43 (a), (b) y la Figura C.44 (a), (b). La draga de cuchara se posiciona mediante cables y anclas, por tanto, el movimiento de la embarcación debido al oleaje es fácil de absorber, razón por la cual ésta puede trabajar en un rango de condiciones marítimas mucho más amplio que el de la draga de succión con cabezal cortador. La draga de cuchara montada sobre pontón también se posiciona con cables y anclas o perforadoras. Esta sección describe particularmente la draga de cuchara.



(a) Fuente: “Draga de cuchara CRANE” Axeonalias, RC Groups.com

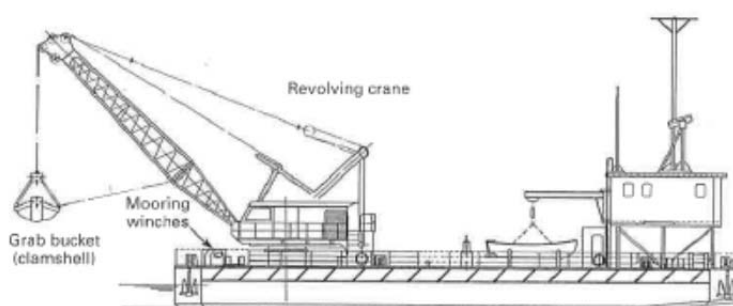


(b) Fuente: “Dragado; Manual de ingenieros” R N Bray et al.  
Figura C.43 Foto y esquema conceptual de la draga de cuchara





(a) Fuente: “Proceso cerrado de dragado con cuchara bivalva en arena saturada de agua” Dr. ir. S.A. Miedema et al.



(b) Fuente: “Dragado; Manual de ingenieros” R N Bray et al.

Figura C.44 Foto y esquema conceptual de una draga de cuchara (tipo de pontón)

El método de dragado consiste en excavar el fondo marino con una cuchara de agarre (bivalva) como una operación de cuchara bivalva en tierra. El material excavado se carga en una tolva equipada en la embarcación. Una vez llena la tolva, se alzan las anclas y la draga navega por autopropulsión hacia el área de deposición del suelo. En el área de deposición, el material dragado se vierte desde la apertura inferior de la tolva. Después del vertido, la draga regresa al área de dragado, se echan las anclas y se reinicia el dragado después de posicionarse en el punto correspondiente.

### **Características**

Las principales características de la draga de cuchara son las siguientes:

- Embarcación con sistema de autopropulsión en la estructura del casco
- Sistema de posicionamiento con cables y anclas
- Tolva equipada en su embarcación
- Dragado mecánico con cuchara

## **Ciclo Operativo**

El ciclo operativo se presenta en la Figura C.45.

## **Método de Deposición de Suelo**

El método de deposición de suelo de la draga de cuchara consiste en transportar el material dragado en la tolva al botadero y verterlo desde el fondo abierto, que es similar al de TSHD.

### **2) Ventajas**

- La alteración en el fondo marino es comparativamente baja y el contenido de sólidos en el material dragado es mucho mayor que el del dragado de succión con cabezal cortador y el de TSHD
- Aplicable a una amplia gama de material dragado. Especialmente, se puede operar fácilmente con guijarros, rocas y desechos duros como los cables de acero y barras de acero de refuerzo; por lo que es adecuado para un dragado de mantenimiento de dársenas de puertos viejos utilizadas por largos años
- Aplicable a amplias condiciones del mar debido a la estructura del casco de la embarcación y al sistema de posicionamiento con cables y anclas
- Alta independencia de la operación sin necesidad de otras embarcaciones
- Gran capacidad de transporte de material dragado a una larga distancia
- El dragado se puede hacer a grandes profundidades, ya que el mayor componente limitante es solamente la capacidad del cable
- Fácil movilización debido a la estructura del casco de la embarcación y al sistema de autopropulsión
- Adecuado para las áreas de dragado comparativamente angostas

### **3) Desventajas**

- La precisión del nivel de dragado acabado es comparativamente baja. Por tanto, se requiere un dragado adicional para cubrir su tolerancia
- La productividad es relativamente baja (porque la operación de excavación no es continua, se necesita un dragado adicional y tarda cierto tiempo el posicionamiento del anclaje requerido en cada retorno desde el área de disposición de suelo)
- El nivel del fondo marino existente tiene que tener cierta profundidad para la operación ya que se trata de una embarcación con una estructura de casco

### **4) Límite Operativo**

Los límites operativos económicos de las dragas de cuchara son normalmente los siguientes:

- Profundidad mínima requerida para la operación: 3 m
- Profundidad máxima para el dragado: 45 m
- Altura máxima de ola para la operación: 2,0 m
- Máxima contracorriente: 1,5 nudos
- Máximo esfuerzo cortante (arcilla): 100 kPa

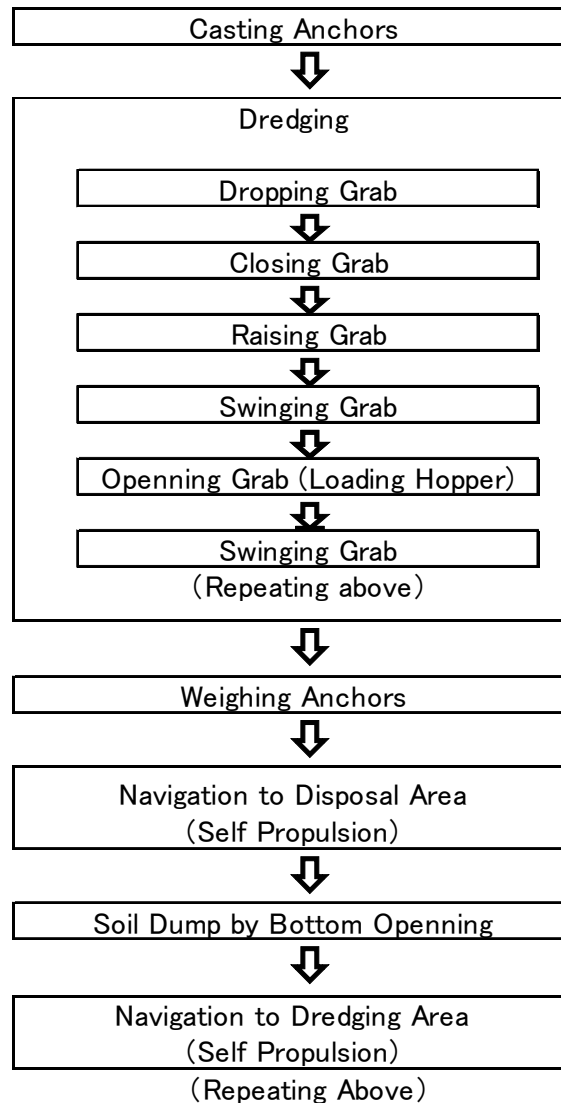


Figura C.45 Diagrama de flujo de la operación de la draga de cuchara

#### (4) Dragadora Retroexcavadora no autopropulsada (Backhoe Dredger: BHD)

##### 1) Resumen

La dragadora retroexcavadora es una embarcación equipada con una retroexcavadora (pala hidráulica); equipo normal de construcción sobre la tierra instalado en un pontón (puede que sea solamente la estructura superior de carga o el equipo entero). La dragadora retroexcavadora es para excavar el fondo marino con una

pala retroexcavadora. Está normalmente equipada con 2 ó 3 juegos de perforadoras para posicionarse y resistirse a la fuerza de excavación de la pala. Una foto y esquema conceptual de una típica draga retroexcavadora se presentan en la Figura C.46y la Figura C.47.

Entre las dragas retroexcavadoras, hay las que tienen autopropulsión y/o una propia tolva para una alta independencia del trabajo como las dragas de cuchara. No obstante, puesto que las dragas retroexcavadoras normalmente disponibles son dragas de tipo pontón sin propulsión, el resumen ulterior debería ser sobre este tipo pontón. Por tanto, barcasas de carga de material dragado con remolcadores se requieren normalmente como complementos de las dragas retroexcavadoras. El número de las barcasas de carga de material dragado y remolcadores requeridos depende de la distancia del botadero y debe ser determinado para evitar el tiempo de espera de la operación de dragado. Cuando las barcasas de carga de material están equipadas con un sistema de vertido desde el fondo, el vertido de material es fácil sobre el mar; al contrario, se requerirá de otro juego de draga para manejar el material dragado en el botadero.

El método de maniobra de la draga retroexcavadora consiste en oscilar el cuerpo del pontón alrededor de una perforadora por la misma retroexcavadora o por los cables de anclaje, y luego manejar otras perforadoras para mover el cuerpo del pontón arrastrando el fondo marino con la pala. Otra forma es elevar todas las perforadoras y mover el cuerpo del pontón arrastrando el fondo marino con la pala y luego manejar todas las perforadoras para la operación de excavación. Para la primera forma, la sección de la perforadora tiene que ser redonda para permitir la rotación alrededor del pontón. A veces se cuenta con cables de anclaje para apoyar el posicionamiento.



Figura C.46 Foto de la draga retroexcavadora  
(Fuente: "Mimar Sinan" Jan De Nul Group)

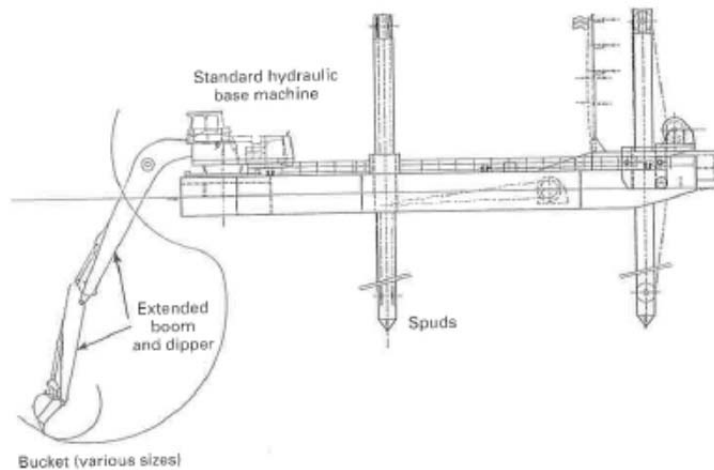


Figura C.47 Esquema conceptual de la draga retroexcavadora  
(Fuente: "Mimar Sinan" Jan De Nul Group)

## 2) Método de Dragado

El método de dragado consiste en excavar el fondo marino con la pala retroexcavadora como la operación de excavación de retroexcavadora sobre la tierra. El material excavado se carga en la tolva de la barcaza de carga de material amarrada a la draga retroexcavadora. Una vez que se llena la tolva, el remolcador (o puede ser barco empujador) se conecta a la barcaza de carga de material con una cuerda para tirar. Luego las cuerdas de amarre entre la barcaza de carga de material y la draga retroexcavadora se aflojan. La barcaza de carga de material se remolca al botadero por un remolcador. Después de que se haya ido una barcaza de carga de material, otra barcaza tiene que ser amarrada a la draga retroexcavadora, para que pueda continuar la operación de dragado sin tiempo de espera. Esta operación de maniobra de barcazas de carga de material será posible solamente sobre el mar calmado por seguridad.

### Características

Las principales características de draga retroexcavadora son las siguientes:

- Estructura pontón
- Sistema de posicionamiento con perforadoras
- Transporte de material necesita de otras barcazas de carga de material
- Dragado mecánico con retroexcavadora

### Ciclo Operativo

El ciclo operativo se presenta en la Figura C.48.

### Método de Deposición de Suelo

El método de deposición de suelo de una draga retroexcavadora consiste en transportar material dragado en la tolva de otras barcazas de carga de material (puede que sea de conducción autónoma o con

remolcadores) que navegan al botadero y vierten el material desde la apertura inferior, en caso de que las barcas tengan la función de apertura inferior, sino de otras formas.

### **3) Ventajas**

- Parecidas a las de dragado con cuchara, las alteraciones en el fondo marino son relativamente pocas. El contenido de sólidos en el material dragado es mucho mayor que el del dragado hidráulico (succión con cabezal cortador, TSHD)
- Aplicable a una amplia gama de materiales a dragar, especialmente desechos difíciles de dragar pueden ser manejados con facilidad
- El impedimento de tráfico de embarcaciones de alrededor es poco, si no se utilizan cables de anclaje
- En comparación con la cuchara de una draga con cuchara del mismo tamaño, la pala retroexcavadora es más productiva
- Posible trabajar en áreas de dragado angostas
- Alta precisión de dragado (el brazo hidráulico puede ser operado con precisión)
- Puede romper el suelo rocoso utilizando un accesorio de martillo

### **4) Desventajas**

- Difícil trabajar cuando el mar está agitado debido a la estructura de perforadoras
- La productividad es menor que la de la draga hidráulica (pero más que la de la draga con cuchara)
- La draga retroexcavadora no puede trabajar para un dragado muy profundo o cuando el fondo marino es profundo
- La movilización no es fácil en caso de una navegación en alta mar

### **5) Límite Operativo**

Los límites operativos económicos de las dragas retroexcavadoras son normalmente los siguientes:

- Profundidad mínima requerida para la operación: 2 m
- Profundidad máxima para el dragado: 24 m
- Altura máxima de ola para la operación: 1,5 m
- Altura máxima de oleaje (swell): 1,0 m
- Máxima contracorriente: 2,0 nudos
- Tamaño máximo de partículas a dragar: 500 mm o más
- Máxima resistencia a la compresión del suelo (roca): 10 MPa

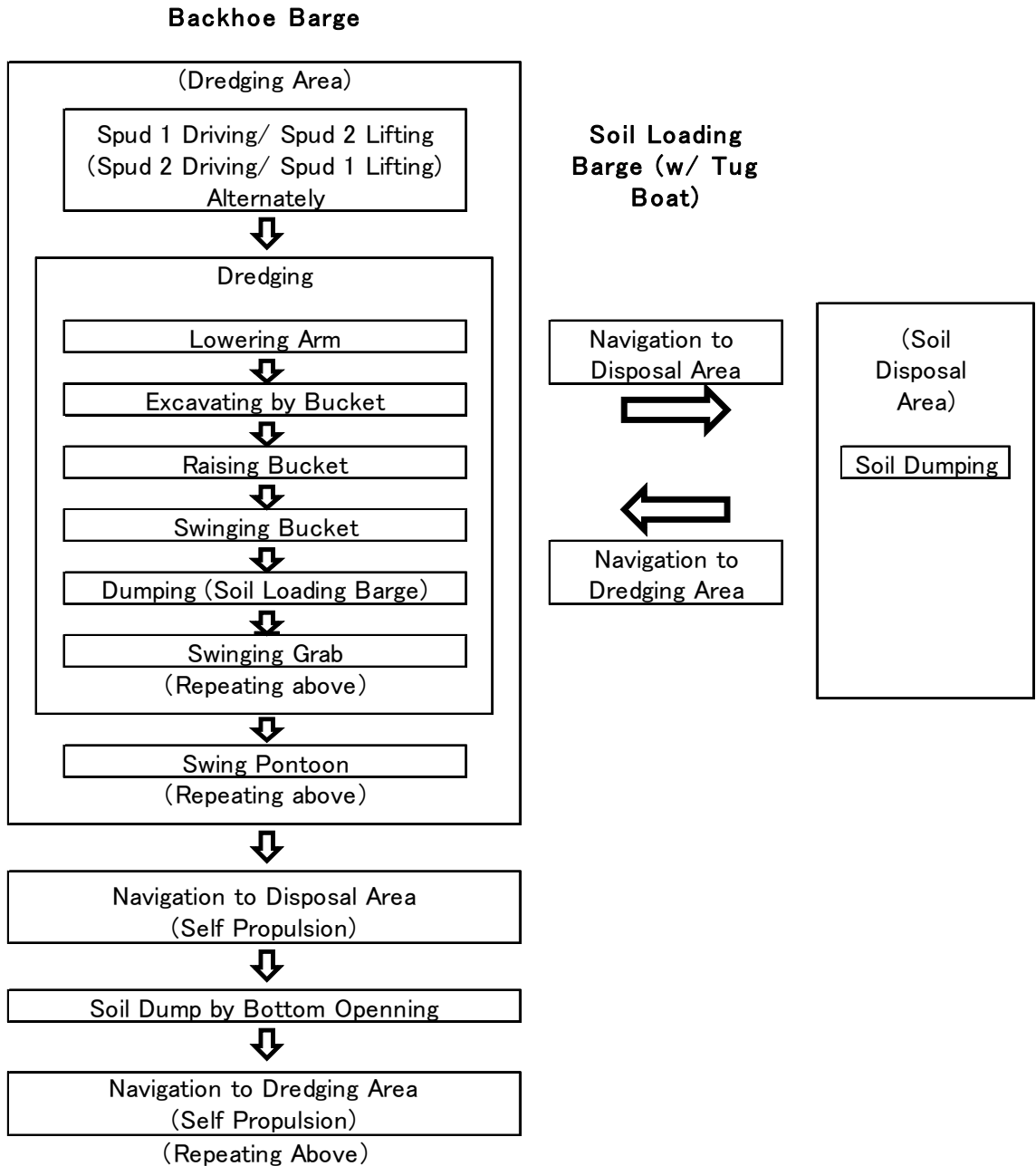


Figura C.48 Diagrama de flujo de operación de la draga retroexcavadora

## C.5.2 Método de Dragado Apropriado

### (1) Comparación de Métodos de Dragado

La selección de métodos de dragado y equipos apropiados para el trabajo de dragado particular se hará teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Características del suelo a dragar
- 2) Condiciones del área de dragado
- 3) Área de deposición del material dragado
- 4) Factores medioambientales

Primeramente, de las condiciones del límite operativo pueden excluirse algunos tipos de dragas cuyo límite operativo no concuerden con los 4 puntos arriba mencionados sobre el trabajo de dragado correspondiente. Luego, la comparación de métodos de dragado debe realizarse conforme a las ventajas, desventajas y condiciones operativas de cada tipo de draga, para evaluar la productividad, costo operacional y costo unitario del trabajo de cada método de dragado. Así, se escoge generalmente el método más económico. Sin embargo, a veces debe escogerse el método de máxima productividad, en caso de que la velocidad del proyecto sea lo más importante. Los puntos arriba considerados se revisan a continuación.

#### **1) Características del suelo a dragar**

Las características del suelo a dragar son normalmente el factor más importante para la selección de método de dragado. Por tanto, es importante desempeñar satisfactoriamente un estudio geotécnico del sitio para explorar las características del suelo antes del trabajo de dragado.

Capas de suelo muy duro, suelo de grava y suelo con muchos desperdicios como los materiales de acero, requieren métodos de dragado mecánico; por ejemplo, una draga con cuchara o una draga retroexcavadora. En otros casos, dragas hidráulicas como la draga de succión con cabezal cortador y la TSHD pueden ser escogidas desde el punto de vista de la productividad de dragado.

Para el dragado de mantenimiento, el material a dragar será el sedimento en canales de navegación y fondeaderos durante un tiempo limitado, y tiene las siguientes características:

- No existen capas rocosas en el dragado de mantenimiento
- Suelo de partículas finas que normalmente son fáciles de mover (arena fina, limo, arcilla, etc.)
- Las características actuales de los sedimentos pueden ser adquiridas con una prueba de muestras actuales en la fase de mantenimiento, aunque se estiman según las fuentes potenciales y el mecanismo de transporte; por ejemplo, erosión, transporte y sedimentación, en la fase de planificación portuaria



El trabajo de dragado a estudiar en este proyecto es en primer lugar el re-dragado (dragado de mantenimiento intensivo) y en segundo lugar, el dragado de mantenimiento continuo. En el caso de re-dragado, los sedimentos se habrán consolidado a cierto nivel y obtenido resistencia hasta cierta medida. Sin embargo, a pesar de ello, el método de dragado no se limita con la resistencia del material a dragar. Y, puesto que no se han encontrado desperdicios difíciles de dragar en el área de dragado en este caso, una draga hidráulica como la de succión con cabezal cortador o la TSHD se consideran apropiadas por su eficiencia. Si se considera la aplicación de WID, el re-dragado y el dragado de mantenimiento continuo pueden ser distintos. Esto será estudiado en un capítulo posterior.

## **2) Condiciones del área de dragado**

En cuanto a las condiciones del área de dragado, serán evaluados los siguientes puntos:

### **Acceso al área de dragado**

El acceso al área de dragado en caso de movilización es un punto importante para seleccionar equipo de dragado. Por ejemplo, cuando un área de dragado esté ubicada en un embalse de una presa hidráulica en una montaña alta sin canales navegables apropiados, los equipos de dragado deberán ser transportados vía terrestre. En este caso, la draga tendrá que ser separada en módulos o segmentos para poder ser transportada con un tráiler, y después estos tendrán que ser montados sobre el agua del embalse. Algunas áreas de dragado en ríos, inclusive en la costa, pueden ser angostas y puede ser que los canales navegables de acceso tengan una profundidad suficiente sólo en la temporada de lluvias o crecidas. En este caso, será muy limitado el tiempo disponible para la movilización.

En el Puerto de La Unión, esta cuestión no prevalece, ya que el tirante de agua existente es alrededor de 7 m, con el cual no se interrumpe el trabajo de los principales tipos de draga. Asimismo, la ocurrencia de las condiciones del mar de velocidad de viento de más de 10 m/s y altura de ola de más de 2 m, se estima que sea menor de 10 días; por tanto no hay una interferencia grande al acceso de las dragas.

### **Tirante de agua**

Serán considerados normalmente los siguientes puntos:

- Profundidad máxima de dragado proyectada
- Profundidad existente y calado de draga
- Posibilidad para el avance de la draga mientras está dragando

En este proyecto, si la profundidad de canal proyectada es 14 m, la profundidad de dragado proyectada será de 15 a 16 m, que sería bastante profunda para una draga retroexcavadora, por lo que sólo un limitado número de dragas retroexcavadoras tendría capacidad de dragar con un brazo estándar y aun así, no sería muy alta la eficiencia. Por consiguiente, la draga retroexcavadora no es muy apropiada, a menos que el área de dragado necesite un dragado de alta precisión por razones tales como la que las instalaciones portuarias existen cerca del área de dragado. Otros métodos de dragado serán aplicables sin límites para este proyecto.

## **Longitud de la configuración del área de dragado**

Puesto que la TSHD es una draga que trabaja mientras está navegando hacia delante, cuanto más larga el área de dragado, más alta la eficiencia. En cambio, cuando el área de dragado es corta, la TSHD tendrá una notable pérdida de trabajo debido a la detención del dragado mientras la embarcación retorna. En general, una longitud mayor de 1.000 m es considerada como económicamente aceptable. En este proyecto, tanto el canal interno como el externo son suficientemente largos para adaptar la TSHD.

## **Ancho de la configuración del área de dragado**

La TSHD necesita cierta anchura del área con una profundidad suficiente al final del área de dragado para darse vuelta (normalmente el ancho debe ser como mínimo 4 veces mayor que la eslora total (LOA) de la TSHD). Cuando la TSHD está equipada con un propulsor de proa, el ancho deberá ser por lo menos 2,5 veces mayores que la eslora total de la TSHD. En este proyecto, el área exterior del límite del área de dragado tiene suficiente profundidad, siendo de más de 6 m. Por tanto, este tema no es una limitación para la TSHD. Para las demás dragas, la anchura no constituye un problema.

## **Espesor de dragado, etc.**

Por lo general, la eficiencia baja independientemente de los métodos de dragado cuando el espesor de dragado es menor de cierto límite. También la eficiencia baja en caso de que el nivel de precisión requerido para el acabado del dragado es alto; por ejemplo, donde existen estructuras atracadas o estructuras subterráneas en las proximidades del área de dragado. En este proyecto, para el caso de re-dragado (dragado de mantenimiento intensivo), el espesor del dragado será suficientemente grueso para mantener alta eficiencia. Para el caso de dragado de mantenimiento, el espesor del dragado depende de la frecuencia de la operación de dragado y la eficiencia es, en cualquier caso, más baja que la del dragado intensivo debido a que el espesor de dragado es menor.

## **Viento**

Las dragas se ven obligadas a balancearse cuando les sopla viento por un costado. En ese momento, las perforadoras y/o anclas dependiendo del tipo de draga, deben soportar la fuerza del viento para mantener sus posiciones. En caso de la TSHD, ésta se balancea por la fuerza del viento de costado; sin embargo, puede resistir con mayor flexibilidad al viento, ya que no cuenta con perforadoras o anclas. En este proyecto, vientos fuertes son muy poco frecuentes, por tanto no es necesario tenerlos en cuenta.

## **Oleaje**

En el caso de dragado en un canal de navegación en alta mar, normalmente la influencia del oleaje es un punto importante a considerar. Los límites operativos sobre el oleaje dependen del sistema de posicionamiento de las dragas. En el caso de posicionamiento con perforadoras de dragas retroexcavadoras y de dragas de succión con cabezal cortador, las perforadoras y sus soportes, deben soportar las fuerzas generadas por el viento entre las perforadoras y el cuerpo del casco, y entre las perforadoras y el fondo marino. En caso de posicionamiento con anclas de dragas de cuchara, se puede

tener mayor flexibilidad al movimiento de la embarcación. Asimismo, para las dragas retroexcavadoras, en cuyo costado deben ser amarradas las barcasas de carga de material, es peligrosa la operación de amarre en el mar agitado. En caso de la TSHD y las dragas de cuchara, éstas tienen una estructura de casco diseñada para la navegación en alta mar, por lo que pueden soportar rangos más amplios de condiciones de oleaje. Un modelo moderno de la TSHD está equipado con las funciones para estabilizar la profundidad del cabezal de arrastre contra el movimiento del cuerpo del casco principal debido al oleaje. Y, normalmente cuanto más grande la TSHD, mejor soporta el efecto del oleaje.

## **Corrientes**

Las dragas de cuchara son relativamente fáciles de mover por las corrientes con el posicionamiento de anclas. En caso de dragas de succión con cabezal cortante, los tubos de descarga flotantes sobre la superficie del agua tienden a arrastrarse, por tanto, deben ser fijados con cables y anclas.

## **Tráfico de otras embarcaciones**

En el caso de un dragado principal en la construcción de un nuevo puerto, no hay que preocuparse por el tráfico de otras embarcaciones. En cambio, en el caso del dragado de mantenimiento, la navegación de otras embarcaciones en el área de dragado no se puede ignorar. El índice de interrupción a causa del tráfico de otras embarcaciones está relacionado con el sistema de posicionamiento de las dragas. Las dragas de cuchara utilizan cables y anclas que pueden interrumpir el tráfico de otras embarcaciones que pasan cerca. Las dragas de cuchara tendrían que aflojar los cables de anclaje para asegurar una profundidad suficiente para el calado de las embarcaciones que pasan sobre los mismos y así se necesitaría suspender la operación de dragado en ese momento. El sistema de perforadoras afecta poco el tráfico de embarcaciones. La TSHD también afecta poco el tráfico de embarcaciones, ya que no tiene anclas. En el caso de las dragas de succión con cabezal cortador, si las tuberías de descarga se encuentran flotando sobre el agua, pueden bloquear el canal de navegación. Para evitarlo, las tuberías de descarga deben ser colocadas en el fondo marino, necesitando así más esfuerzo de trabajo.

### **3) Área de Deposición**

El área de deposición de material dragado o batadero puede ser tanto sobre la tierra como sobre el mar. En ambos casos, el propósito del botadero puede ser por ejemplo, ganar terreno al mar para un futuro uso o solamente la deposición, dependiendo del objetivo del proyecto. Por otra parte, las formas de transporte de materiales dragados se clasifican en las 3 siguientes categorías:

- Transporte hidráulico
- Mediante la tolva de draga autopropulsada
- Mediante la tolva de otras embarcaciones al costado de la draga

Además de estos, hay una forma de transporte que aprovecha corrientes naturales. Ésta será descrita en un capítulo más adelante.

En el caso del transporte con la tolva, la forma de descarga es el vertido desde la apertura inferior de la tolva o sacando el material desde la tolva con otras dragas en el botadero. Especialmente en el caso de un área de regeneración de playas por la TSHD, ésta puede impulsar el material dragado desde la tobera instalada en la proa de la draga.

Entre las formas de transporte arriba mencionadas, el transporte hidráulico es el más eficiente y económico, cuando el botadero está cerca del área de dragado y el material es apropiado. Si el botadero está más lejos, las dragas con tolva como la TSHD o dragas de cuchara, o también barcasas de carga de material serán más económicas. En este proyecto, el botadero está ubicado de 15,5 a 26,5 km hacia el mar desde el sitio de dragado, y no está considerada la regeneración de playas. Por consiguiente, el transporte hidráulico no deberá ser considerado.

### C.6 Profundidad y Volumen de Post-Dragado por Segmento

El volumen de mantenimiento por secciones (de L1 a L21 para el canal de acceso y de x1200 a x0200 para el canal del puerto y la dársena) se presenta en las tablas a continuación.

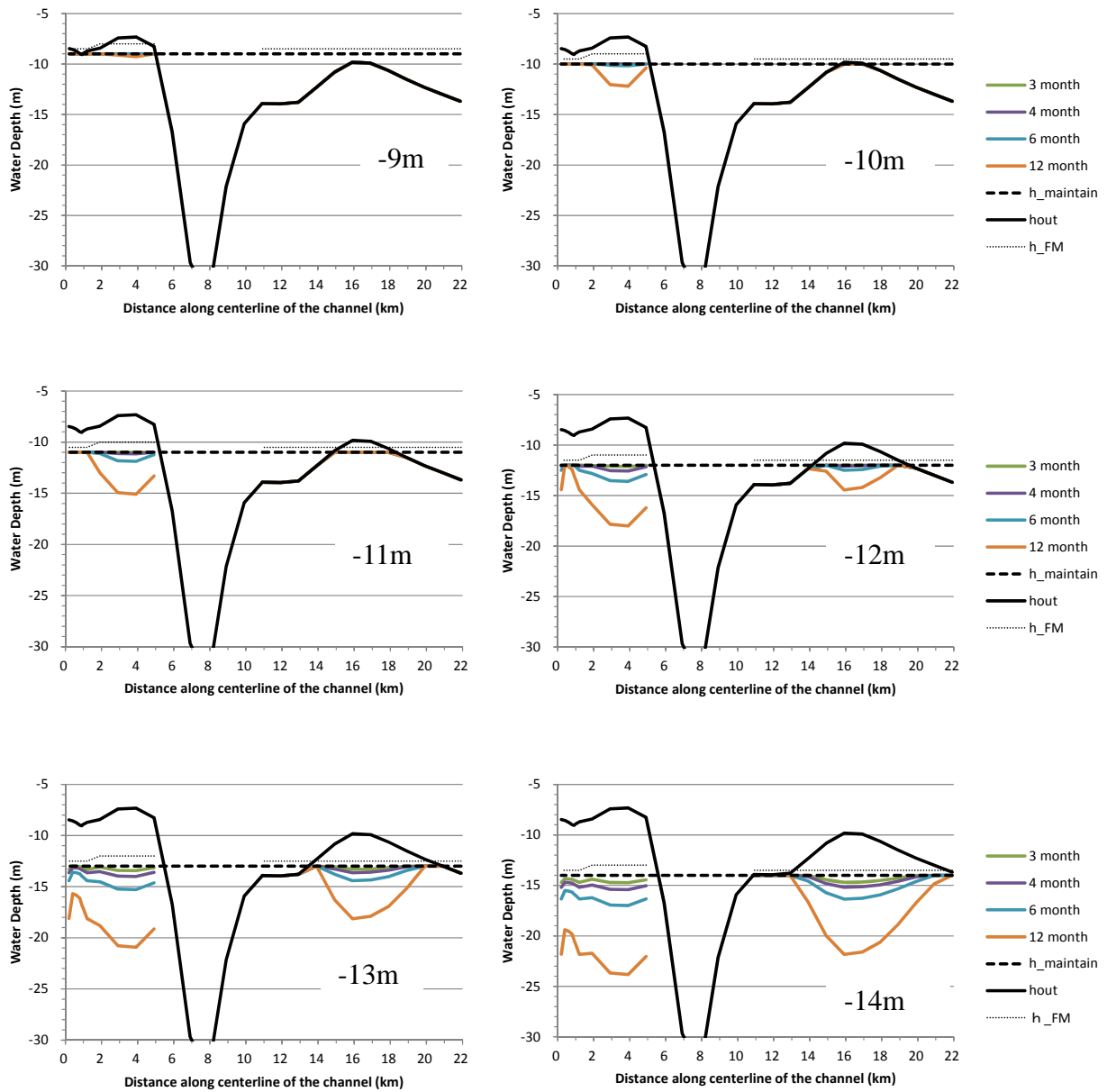


Figura C.49 Profundidad estimada de post-dragado con el modelo exponencial modificado

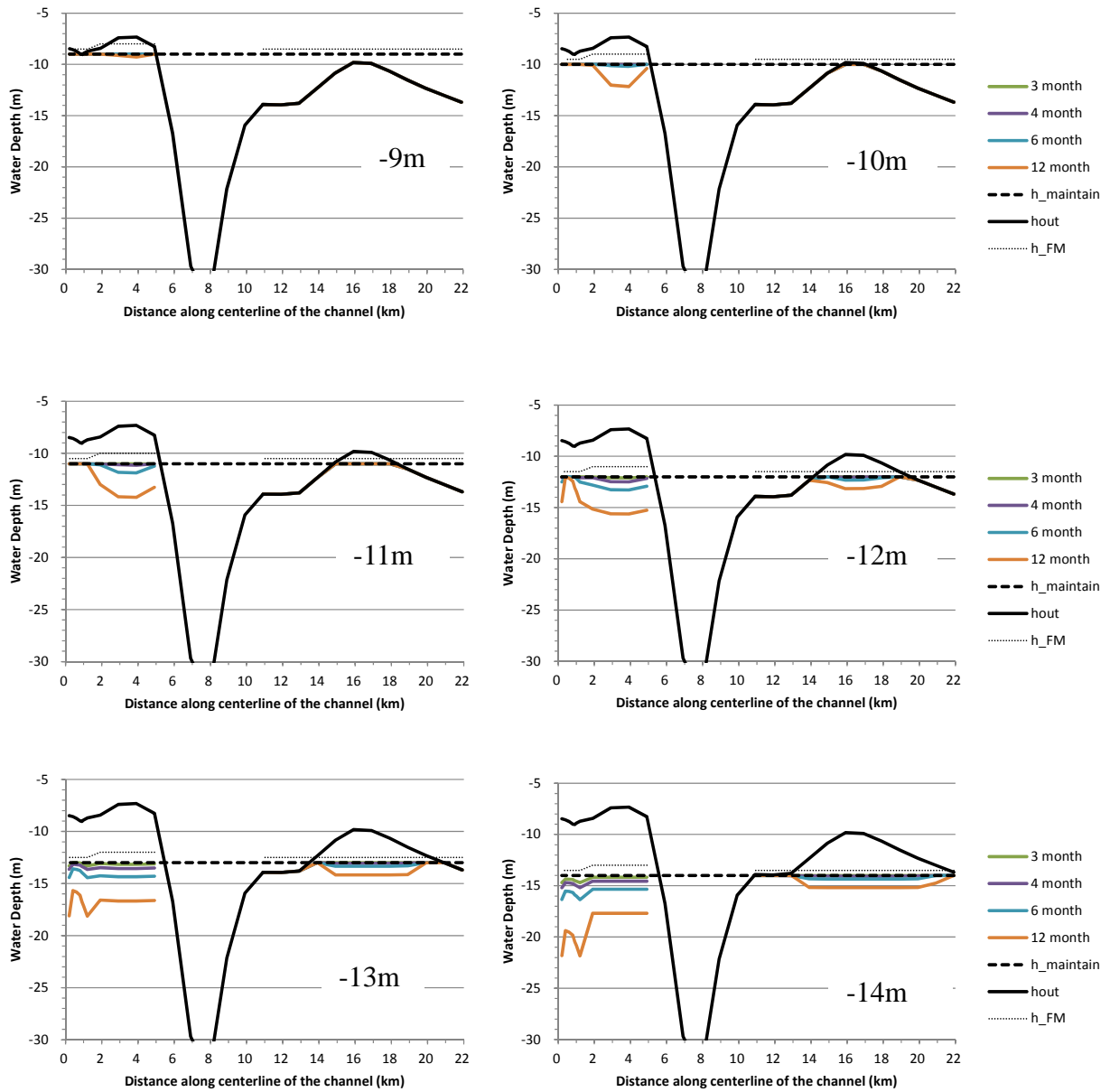


Figura C.50 Profundidad estimada de post-dragado con el modelo lineal

Tabla C.3 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo exponencial modificado para la profundidad objetivo de 11 m

Modelo exponencial modificado

Prof. objetivo = 11m		Altura de dragado (m) (altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /sección/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo.									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L6	16.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L7	15.91	0.03 (0.00)	0.05 (0.00)	0.08 (0.00)	0.24 (0.00)	5	7	11	33
L8	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno.									
L18	4.91	0.53 (0.00)	0.74 (0.00)	1.22 (0.22)	3.31 (2.31)	73	101	164	409
L19	3.91	0.82 (0.00)	1.14 (0.14)	1.89 (0.89)	5.10 (4.10)	111	153	246	584
L20	2.91	0.79 (0.00)	1.11 (0.11)	1.83 (0.83)	4.94 (3.94)	108	149	239	570
L21	1.91	0.48 (0.00)	0.67 (0.00)	1.11 (0.11)	2.99 (1.99)	66	92	149	374
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.03 (0.00)	0.05 (0.00)	0.08 (0.00)	0.23 (0.00)	1	2	3	10
x1000(P)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(P)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(P)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(P)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(P)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(P)	0.20	0.03 (0.00)	0.04 (0.00)	0.07 (0.00)	0.21 (0.00)	1	2	3	9
x1000(D)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(D)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(D)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

Tabla C.4 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo exponencial modificado para la profundidad objetivo de 12 m

Modelo exponencial modificado

Ubicación		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /sección/ciclo)			
Línea No.	KP	Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
		3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.25 (0.00)	0.35 (0.00)	0.59 (0.09)	1.74 (1.24)	34	48	80	223
L6	16.91	0.39 (0.00)	0.55 (0.05)	0.92 (0.42)	2.70 (2.20)	52	73	122	333
L7	15.91	0.42 (0.00)	0.60 (0.00)	1.01 (0.51)	2.94 (2.44)	57	80	133	360
L8	14.91	0.15 (0.00)	0.22 (0.00)	0.37 (0.00)	1.08 (0.58)	21	30	50	142
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	0.84 (0.00)	1.17 (0.17)	1.93 (0.93)	5.22 (4.22)	114	157	251	594
L19	3.91	1.12 (0.12)	1.57 (0.57)	2.59 (1.59)	7.01 (6.01)	151	207	329	515
L20	2.91	1.10 (0.10)	1.53 (0.53)	2.53 (1.53)	6.85 (5.85)	148	203	323	725
L21	1.91	0.79 (0.00)	1.10 (0.10)	1.81 (0.81)	4.90 (3.90)	107	148	237	566
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.42 (0.00)	0.59 (0.09)	1.00 (0.50)	2.93 (1.43)	18	25	41	117
x1000(P)	1.00	0.28 (0.00)	0.39 (0.00)	0.66 (0.16)	1.94 (1.44)	4	5	9	26
L22(P)	0.91	0.23 (0.00)	0.32 (0.00)	0.54 (0.04)	1.57	3	4	7	21
x0800(P)	0.80	0.13 (0.00)	0.19 (0.00)	0.32 (0.00)	0.93	4	5	9	26
x600(P)	0.60	0.09 (0.00)	0.13 (0.00)	0.21 (0.00)	0.63	3	4	6	17
x0400(P)	0.40	0.07 (0.00)	0.10 (0.00)	0.17 (0.00)	0.49	2	3	5	14
x0200(P)	0.20	0.42 (0.00)	0.59 (0.09)	0.99 (0.00)	2.91	17	24	41	116
x1000(D)	1.00	0.10 (0.00)	0.14 (0.00)	0.23 (0.00)	0.68	2	2	4	12
L22(D)	0.91	0.04 (0.00)	0.06 (0.00)	0.10 (0.00)	0.30	1	1	2	7
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(D)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena



Tabla C.5 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo exponencial modificado para la profundidad objetivo de 13 m

Modelo exponencial modificado

Profundidad objetivo = 13m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.07 (0.00)	0.10 (0.00)	0.18 (0.00)	0.51 (0.01)	10	14	24	69
L4	18.91	0.38 (0.00)	0.54 (0.04)	0.91 (0.41)	2.66 (2.16)	52	72	121	329
L5	17.91	0.64 (0.00)	0.90 (0.40)	1.52 (1.02)	4.43 (3.93)	85	119	196	509
L6	16.91	0.77 (0.00)	1.09 (0.59)	1.85 (1.35)	5.40 (4.90)	103	144	236	594
L7	15.91	0.81 (0.00)	1.14 (0.64)	1.93 (1.43)	5.64 (5.14)	107	150	246	613
L8	14.91	0.54 (0.00)	0.77 (0.27)	1.29 (0.79)	3.78 (3.28)	73	102	169	446
L9	13.91	0.06 (0.00)	0.09 (0.00)	0.15 (0.00)	0.44 (0.00)	9	12	20	59
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	1.14 (0.14)	1.60 (0.60)	2.63 (1.63)	7.13 (6.13)	153	211	334	524
L19	3.91	1.43 (0.43)	2.00 (1.00)	3.30 (2.30)	8.92 (7.92)	190	260	407	649
L20	2.91	1.40 (0.40)	1.96 (0.96)	3.24 (2.24)	8.76 (7.76)	187	255	401	638
L21	1.91	1.09 (0.09)	1.53 (0.53)	2.52 (1.52)	6.81 (5.81)	147	202	321	722
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.81 (0.31)	1.14 (0.64)	1.93 (1.43)	5.63 (5.13)	33	47	78	213
x1000(P)	1.00	0.66 (0.16)	0.94 (0.44)	1.59 (1.09)	4.64 (4.14)	9	13	22	60
L22(P)	0.91	0.61 (0.11)	0.86 (0.36)	1.46 (0.96)	4.27 (3.77)	8	12	20	55
x0800(P)	0.80	0.52 (0.02)	0.74 (0.24)	1.24 (0.74)	3.63 (3.13)	14	20	34	95
x600(P)	0.60	0.48 (0.00)	0.67 (0.17)	1.14 (0.64)	3.33 (2.83)	13	19	31	88
x0400(P)	0.40	0.46 (0.00)	0.65 (0.15)	1.09 (0.59)	3.19 (2.69)	13	18	30	84
x0200(P)	0.20	0.80 (0.30)	1.14 (0.64)	1.92 (1.42)	5.61 (5.11)	33	47	78	212
x1000(D)	1.00	0.48 (0.00)	0.68 (0.18)	1.16 (0.66)	3.38 (2.88)	8	12	20	53
L22(D)	0.91	0.43 (0.00)	0.61 (0.11)	1.03 (0.53)	3.00 (2.50)	10	14	23	65
x0800(D)	0.80	0.28 (0.00)	0.39 (0.00)	0.67 (0.17)	1.95 (1.45)	17	24	40	113
x600(D)	0.60	0.18 (0.00)	0.26 (0.00)	0.44 (0.00)	1.27 (0.77)	16	23	38	110
x0400(D)	0.40	0.06 (0.00)	0.08 (0.00)	0.14 (0.00)	0.41 (0.00)	6	9	15	42
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

Tabla C.6 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo exponencial modificado para la profundidad objetivo de 14 m

Modelo exponencial modificado

Prof. objetivo = 14m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.19 (0.00)	0.27 (0.00)	0.46 (0.00)	1.35 (0.85)	26	37	62	176
L3	19.91	0.46 (0.00)	0.65 (0.15)	1.10 (0.60)	3.21 (2.71)	62	87	144	388
L4	18.91	0.77 (0.27)	1.09 (0.59)	1.83 (1.33)	5.36 (4.86)	102	143	234	591
L5	17.91	1.02 (0.52)	1.44 (0.99)	2.44 (1.94)	7.13 (6.63)	135	187	305	513
L6	16.91	1.16 (0.66)	1.64 (1.14)	2.77 (2.27)	8.09 (7.59)	152	211	341	581
L7	15.91	1.19 (0.69)	1.69 (1.19)	2.85 (2.35)	8.34 (7.84)	157	217	350	598
L8	14.91	0.93 (0.43)	1.31 (0.81)	2.22 (1.72)	6.48 (5.98)	123	171	279	678
L9	13.91	0.45 (0.00)	0.64 (0.14)	1.07 (0.57)	3.14 (2.64)	61	85	141	381
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	1.45 (0.45)	2.02 (1.02)	3.34 (2.34)	9.04 (8.04)	192	228	225	186
L19	3.91	1.74 (0.74)	2.43 (1.43)	4.00 (3.00)	10.83 (9.83)	263	310	306	254
L20	2.91	1.71 (0.71)	2.39 (1.39)	3.94 (2.94)	10.67 (9.67)	412	480	474	399
L21	1.91	1.40 (0.40)	1.95 (0.95)	3.22 (2.22)	8.72 (7.72)	657	783	772	635
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	1.19 (0.69)	1.69 (1.19)	2.85 (2.35)	8.33 (7.83)	49	69	114	298
x1000(P)	1.00	1.05 (0.55)	1.49 (0.99)	2.51 (2.01)	7.34 (6.84)	14	20	34	89
L22(P)	0.91	1.00 (0.50)	1.41 (0.91)	2.38 (1.88)	6.97 (6.47)	14	19	32	85
x0800(P)	0.80	0.91 (0.41)	1.28 (0.78)	2.16 (1.66)	6.33 (5.83)	25	35	58	157
x600(P)	0.60	0.86 (0.36)	1.22 (0.72)	2.06 (1.56)	6.03 (5.53)	24	33	56	151
x0400(P)	0.40	0.84 (0.34)	1.19 (0.69)	2.01 (1.51)	5.89 (5.39)	23	33	54	148
x0200(P)	0.20	1.19 (0.69)	1.68 (1.18)	2.84 (2.34)	8.31 (7.81)	49	69	113	297
x1000(D)	1.00	0.87 (0.37)	1.23 (0.73)	2.08 (1.58)	6.08 (5.58)	15	21	34	88
L22(D)	0.91	0.82 (0.32)	1.15 (0.65)	1.95 (1.45)	5.70 (5.20)	19	26	44	117
x0800(D)	0.80	0.67 (0.17)	0.94 (0.44)	1.59 (1.09)	4.65 (4.15)	40	56	93	257
x600(D)	0.60	0.57 (0.07)	0.80 (0.30)	1.36 (0.86)	3.97 (3.47)	50	70	117	332
x0400(D)	0.40	0.45 (0.00)	0.63 (0.13)	1.06 (0.56)	3.11 (2.61)	46	65	109	314
x0200(D)	0.20	0.34 (0.00)	0.48 (0.00)	0.80 (0.30)	2.35 (1.85)	52	74	125	359

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

Tabla C.7 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 9 m

Modelo lineal

Prof. objetivo = 9m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L6	16.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L7	15.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L8	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L19	3.91	0.21 (0.00)	0.29 (0.00)	0.47 (0.00)	1.28 (0.28)	29	40	65	171
L20	2.91	0.18 (0.00)	0.25 (0.00)	0.42 (0.00)	1.13 (0.13)	25	35	57	151
L21	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x1000(P)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(P)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(P)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(P)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(P)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(P)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x1000(D)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(D)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(D)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado

Tabla C.8 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 10 m

Modelo lineal

Prof. objetivo = 10m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. ojetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L6	16.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L7	15.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L8	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	0.22 (0.00)	0.31 (0.00)	0.52 (0.00)	1.40 (0.40)	31	43	71	186
L19	3.91	0.51 (0.00)	0.71 (0.00)	1.18 (0.18)	3.17 (2.17)	70	98	158	393
L20	2.91	0.49 (0.00)	0.68 (0.00)	1.12 (0.12)	3.03 (2.03)	67	93	151	378
L21	1.91	0.17 (0.00)	0.24 (0.00)	0.40 (0.00)	1.08 (0.08)	24	34	55	146
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x1000(P)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(P)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(P)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(P)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(P)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(P)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x1000(D)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(D)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(D)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado

Tabla C.9 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 11 m

Modelo lineal

Prof. objetivo = 11m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x103 m3/km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L6	16.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L7	15.91	0.03 (0.00)	0.05 (0.00)	0.08 (0.00)	0.24 (0.00)	5	7	11	33
L8	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	0.53 (0.00)	0.74 (0.00)	1.22 (0.22)	3.26 (2.26)	73	101	164	404
L19	3.91	0.82 (0.00)	1.14 (0.14)	1.88 (0.88)	4.22 (3.22)	111	153	246	502
L20	2.91	0.79 (0.00)	1.11 (0.11)	1.83 (0.83)	4.17 (3.17)	108	149	239	497
L21	1.91	0.48 (0.00)	0.67 (0.00)	1.11 (0.11)	2.99 (1.99)	66	92	149	374
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.03 (0.00)	0.05 (0.00)	0.08 (0.00)	0.23 (0.00)	1	2	3	10
x1000(P)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22(P)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(P)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(P)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(P)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(P)	0.20	0.03 (0.00)	0.04 (0.00)	0.07 (0.00)	0.21 (0.00)	1	2	3	9
x1000(D)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L22DB)	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600(D)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado

Tabla C.10 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 12 m

Modelo lineal

Prof. objetivo = 12m		Altura de dragado (m) (Altura de dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L4	18.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L5	17.91	0.25 (0.00)	0.35 (0.00)	0.59 (0.09)	1.43 (0.93)	34	48	80	186
L6	16.91	0.38 (0.00)	0.52 (0.02)	0.80 (0.30)	1.64 (1.14)	52	70	107	212
L7	15.91	0.40 (0.00)	0.54 (0.04)	0.82 (0.32)	1.66 (1.16)	54	73	109	214
L8	14.91	0.15 (0.00)	0.22 (0.22)	0.37 (0.00)	1.07 (0.57)	21	30	50	140
L9	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	0.84 (0.00)	1.17 (0.17)	1.92 (0.92)	4.26 (3.26)	114	157	250	506
L19	3.91	1.11 (0.11)	1.50 (0.50)	2.28 (1.28)	4.62 (3.62)	149	198	293	540
L20	2.91	1.09 (0.09)	1.48 (0.48)	2.26 (1.26)	4.60 (3.60)	146	196	291	538
L21	1.91	0.79 (0.00)	1.10 (0.10)	1.81 (0.81)	4.15 (3.15)	107	148	237	495
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.42 (0.00)	0.59 (0.09)	1.00 (0.50)	2.93 (2.43)	18	25	41	117
x1000(P)	1.00	0.28 (0.00)	0.39 (0.00)	0.66 (0.16)	1.94 (1.44)	4	5	9	26
L22(P)	0.91	0.23 (0.00)	0.32 (0.00)	0.54 (0.04)	1.57 (1.07)	3	4	7	21
x0800(P)	0.80	0.13 (0.00)	0.19 (0.00)	0.32 (0.00)	0.93 (0.43)	4	5	9	26
x600(P)	0.60	0.09 (0.00)	0.13 (0.00)	0.21 (0.00)	0.63 (0.13)	3	4	6	17
x0400(P)	0.40	0.07 (0.00)	0.10 (0.00)	0.17 (0.00)	0.49 (0.00)	2	3	5	14
x0200(P)	0.20	0.42 (0.00)	0.59 (0.09)	0.99 (0.49)	2.91 (2.41)	17	24	41	116
x1000(D)	1.00	0.10 (0.00)	0.14 (0.00)	0.23 (0.00)	0.68 (0.18)	2	2	4	12
L22(D)	0.91	0.04 (0.00)	0.06 (0.00)	0.10 (0.00)	0.30 (0.00)	1	1	2	7
x0800(D)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x600DB)	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0400(D)	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado

Tabla C.11 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 13 m

Modelo lineal

Prof. objetivo = 13m		Altura de dragado (m) (Altura de dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen de dragado(x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L3	19.91	0.07 (0.00)	0.10 (0.00)	0.18 (0.00)	0.51 (0.01)	10	14	24	69
L4	18.91	0.38 (0.00)	0.52 (0.02)	0.80 (0.30)	1.64 (1.14)	51	70	106	211
L5	17.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L6	16.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L7	15.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L8	14.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L9	13.91	0.06 (0.00)	0.09 (0.00)	0.15 (0.00)	0.44 (0.00)	9	12	20	59
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	1.12 (0.12)	1.51 (0.51)	2.29 (1.29)	4.63 (3.63)	150	200	294	541
L19	3.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
L20	2.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
L21	1.91	1.08 (0.08)	1.47 (0.47)	2.25 (1.25)	4.59 (3.59)	146	195	290	538
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	0.81 (0.31)	1.14 (0.64)	1.93 (1.43)	5.63 (5.13)	33	47	78	213
x1000(P)	1.00	0.66 (0.16)	0.94 (0.44)	1.59 (1.09)	4.64 (4.14)	9	13	22	60
L22(P)	0.91	0.61 (0.11)	0.86 (0.36)	1.46 (0.96)	4.27 (3.77)	8	12	20	55
x0800(P)	0.80	0.52 (0.02)	0.74 (0.24)	1.24 (0.74)	3.63 (3.13)	14	20	34	95
x600(P)	0.60	0.48 (0.00)	0.67 (0.17)	1.14 (0.64)	3.33 (2.83)	13	19	31	88
x0400(P)	0.40	0.46 (0.00)	0.65 (0.15)	1.09 (0.59)	3.19 (2.69)	13	18	30	84
x0200(P)	0.20	0.80 (0.30)	1.14 (0.64)	1.92 (1.42)	5.61 (5.11)	33	47	78	212
x1000(D)	1.00	0.48 (0.00)	0.68 (0.18)	1.16 (0.66)	3.38 (2.88)	8	12	20	53
L22(D)	0.91	0.43 (0.00)	0.61 (0.11)	1.03 (0.53)	3.00 (2.50)	10	14	23	65
x0800(D)	0.80	0.28 (0.00)	0.39 (0.00)	0.67 (0.17)	1.95 (1.45)	17	24	40	113
x600(D)	0.60	0.18 (0.00)	0.26 (0.00)	0.44 (0.00)	1.27 (0.77)	16	23	38	110
x0400(D)	0.40	0.06 (0.00)	0.08 (0.00)	0.14 (0.00)	0.41 (0.00)	6	9	15	42
x0200(D)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado

Tabla C.12 Altura y volumen de dragado de mantenimiento (post-dragado) estimado con el modelo lineal para la profundidad objetivo de 14 m

Modelo lineal

Prof. objetivo =14m		Altura de dragado (m) (Altura de post-dragado debajo de la prof. objetivo, m)				Volumen dedragado (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km/ciclo)			
Ubicación		Ciclo de dragado				Ciclo de dragado			
Línea No.	KP	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses	3 meses	4 meses	6 meses	12 meses
Canal externo									
L1	21.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L2	20.91	0.19 (0.00)	0.27 (0.00)	0.46 (0.00)	1.25 (0.75)	26	37	62	164
L3	19.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	56	75	111	216
L4	18.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L5	17.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L6	16.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L7	15.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L8	14.91	0.42 (0.00)	0.56 (0.06)	0.84 (0.34)	1.68 (1.18)	57	75	112	216
L9	13.91	0.41 (0.00)	0.55 (0.05)	0.83 (0.33)	1.67 (1.17)	56	74	111	215
L10	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L11	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
L12	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
Canal interno									
L18	4.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
L19	3.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
L20	2.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
L21	1.91	1.17 (0.17)	1.56 (0.56)	2.34 (1.34)	4.68 (3.68)	157	206	300	546
Canal del puerto y dársena									
X1200(P)	1.20	1.19 (0.69)	1.69 (1.19)	2.85 (2.35)	8.33 (7.83)	49	69	114	298
x1000(P)	1.00	1.05 (0.55)	1.49 (0.99)	2.51 (2.01)	7.34 (6.84)	14	20	34	89
L22(P)	0.91	1.00 (0.50)	1.41 (0.91)	2.38 (1.88)	6.97 (6.47)	14	19	32	85
x0800(P)	0.80	0.91 (0.41)	1.28 (0.78)	2.16 (1.66)	6.33 (5.83)	25	35	58	157
x600(P)	0.60	0.86 (0.36)	1.22 (0.72)	2.06 (1.56)	6.03 (5.53)	24	33	56	151
x0400(P)	0.40	0.84 (0.34)	1.19 (0.69)	2.01 (1.51)	5.89 (5.49)	23	33	54	148
x0200(P)	0.20	1.19 (0.69)	1.68 (1.18)	2.84 (2.34)	8.31 (7.81)	49	69	113	297
x1000(D)	1.00	0.87 (0.37)	1.23 (0.73)	2.08 (1.58)	6.08 (5.58)	15	21	34	88
L22(D)	0.91	0.82 (0.32)	1.15 (0.65)	1.95 (1.45)	5.70 (5.20)	19	26	44	117
x0800(D)	0.80	0.67 (0.17)	0.94 (0.44)	1.59 (1.09)	4.65 (4.15)	40	56	93	257
x600(D)	0.60	0.57 (0.07)	0.80 (0.30)	1.36 (0.86)	3.97 (3.47)	50	70	117	332
x0400(D)	0.40	0.45 (0.00)	0.63 (0.13)	1.06 (0.56)	3.11 (2.61)	46	65	109	314
x0200(D)	0.20	0.34 (0.00)	0.48 (0.00)	0.80 (0.30)	2.35 (1.85)	52	74	125	359

\*) (P):Canal del puerto, (D):Dársena

\*\*\*) Valores del canal del puerto y la dársena estimados con el modelo exponencial modificado



### C.7 Post-dragado en el Canal externo hacia el Oeste

De acuerdo con lo señalado en la Sección 4.3.3, en el canal externo, el transporte de sedimento en la dirección Este ha sido implícito con el análisis de datos batimétricos. En el talud occidental, el material grueso con alta velocidad de caída se ha acumulado; mientras que el sedimento con alta fluidez, como el lodo líquido, se ha depositado en el lado Este del canal.

Como el transporte de sedimento en la dirección Este y la acumulación en el talud occidental hacen que el ancho del canal sea más estrecho, es necesario un post-dragado hacia el Oeste para mantener su ancho. Para calcular el volumen necesario del post-dragado hacia el Oeste, el volumen de sedimento que entra al canal por el Oeste ha sido estimado por el cambio batimétrico de las secciones transversales L5, L6, L7 y L8.

La Figura C.51 muestra el proceso de sedimentación idealizado observado en el canal externo. Tal como se describe en la Sección 4.3.3, el proceso de sedimentación en el canal externo puede ser dividido en dos etapas sucesivas; es decir, la sedimentación rápida en pocos meses justamente después del dragado y la sedimentación lenta en el periodo siguiente. La Figura C.51 ilustra la situación idealizada de sedimentación lenta en la segunda etapa. Del diagrama, el volumen de sedimentación de material grueso se puede calcular por la diferencia de volumen de sedimentación entre la mitad Oeste del canal y la mitad Este del mismo.

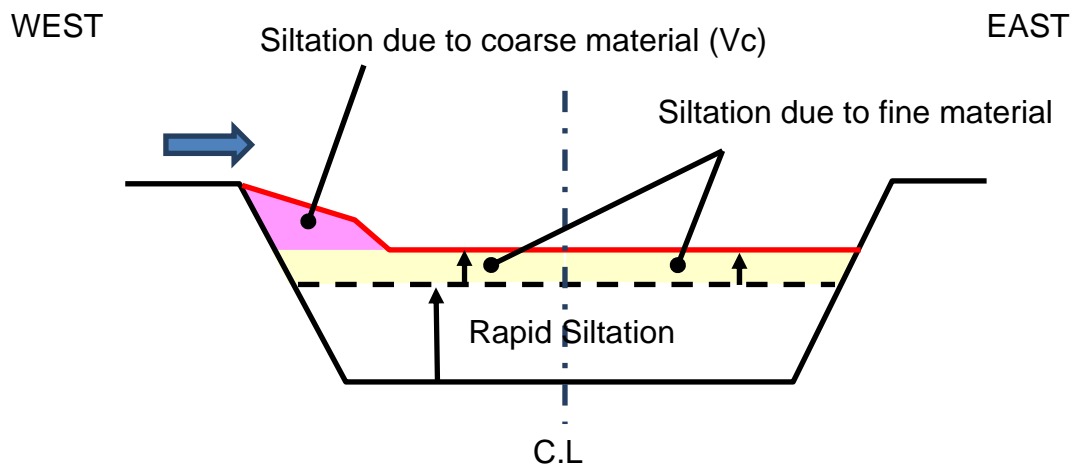


Figura C.51 Proceso idealizado observado en el canal externo

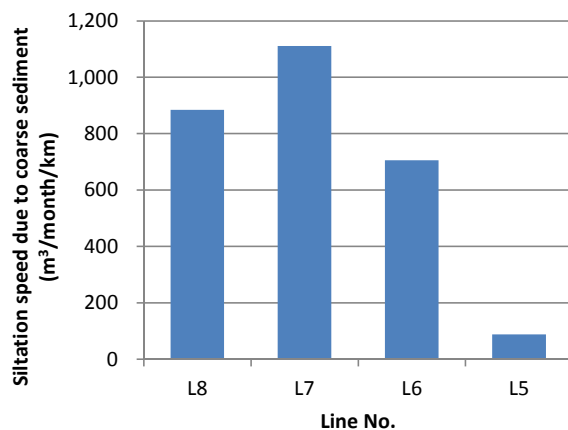


Figura C.52 Velocidad de sedimentación estimada debida al material grueso

Utilizando los datos batimétricos medidos sólo en la sedimentación lenta de L5, L6, L7 y L8, la velocidad de sedimentación de material grueso ha sido estimada como se muestra en la Figura C.52.

A continuación, consideramos la situación en la que el dragado de mantenimiento se lleva a cabo continuamente. Suponiendo que no se produce la sedimentación rápida durante la etapa del dragado de mantenimiento, como se describe en la Sección 4.3.3, se espera que el proceso de sedimentación sea como se muestra en la Figura C.53. Ya que se considera que la velocidad de sedimentación debida al material grueso es igual a la que se muestra en la Figura C.52, la velocidad de desplazamiento del talud occidental puede calcularse como,

$$v_w = V_{coarse} / \Delta h \quad (C.1)$$

donde  $v_w$  es la velocidad de desplazamiento del talud occidental (m/mes),  $V_{coarse}$  es la velocidad de sedimentación debida al material grueso (m³/mes/m) estimada con los datos batimétricos, y  $\Delta h$  es la profundidad de dragado.

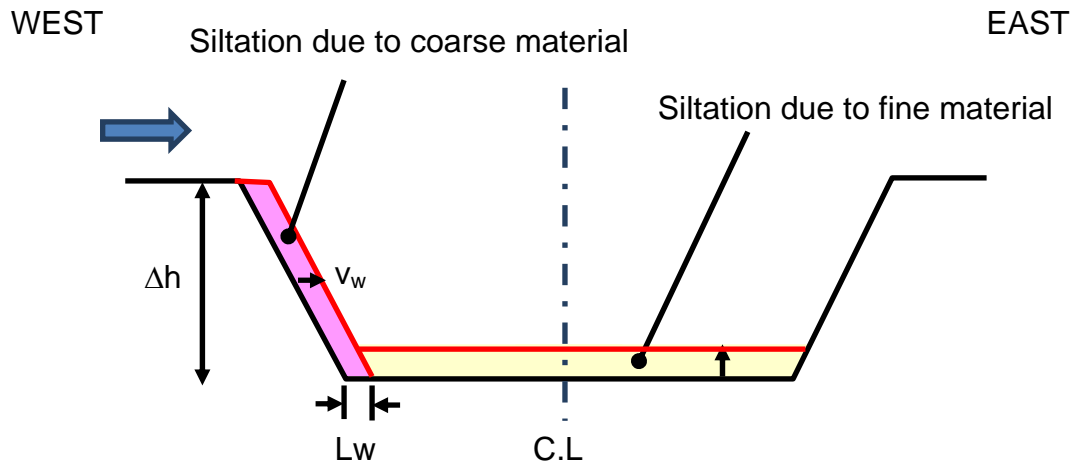


Figura C.53 Proceso idealizado de sedimentación en el canal externo para la etapa del dragado de mantenimiento

La Figura C.54 muestra la velocidad de desplazamiento del talud occidental calculada con la Ec. (C.1). La velocidad de desplazamiento disminuye a medida que se incrementa la profundidad de dragado porque la velocidad de sedimentación es constante debido al material grueso.

Los índices de sobredragado hacia el Oeste respecto a la profundidad están resumidos en la Tabla C.13. Considerando la velocidad de desplazamiento del talud occidental, se recomienda que el sobredragado hacia el Oeste para L6, L7 y L8 se lleve a cabo una o dos veces al año, como se indica en la Tabla C.13.

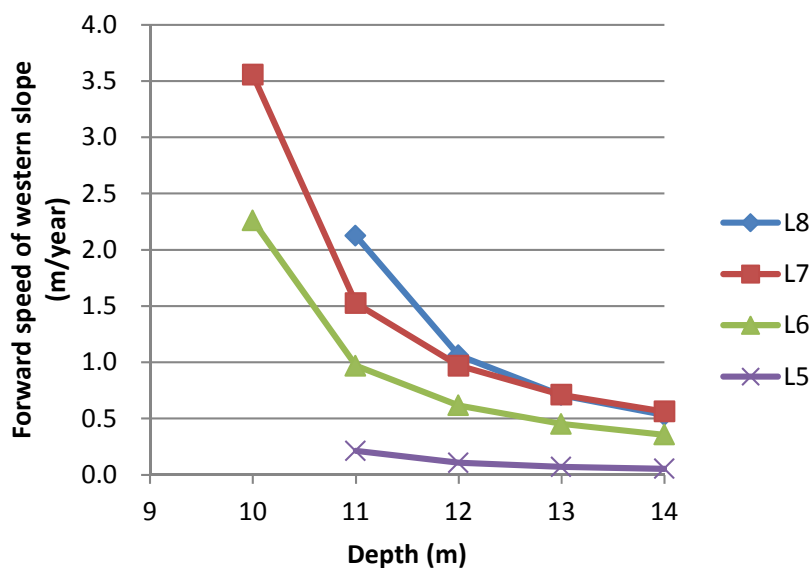


Figura C.54 Velocidad de desplazamiento para el talud occidental estimada con la profundidad

Tabla C.13 Velocidad de desplazamiento estimada y ciclo recomendado de dragado para el talud occidental

Línea No.	Profundidad sobre el talud (m)	Vel. de sedimentación (mtl. grueso) (m <sup>3</sup> /mes/km)	Profundidad deseada (m)	Vel. de desplazamiento del talud occidental		Ciclo recomendado de dragado para el talud occidental
				(m/mes)	(m/año)	
L8	10,00	885	10	-	-	
			11	0,177	2,1	1,1m /6 meses
			12	0,089	1,1	1,1m /1 año
			13	0,059	0,7	1,4m /2 años
			14	0,044	0,5	1,0m /2 años
L7	9,25	1.111	10	0,296	3,6	1,8m /6 meses
			11	0,127	1,5	1,5m /1 año
			12	0,081	1,0	1,1m /1 año
			13	0,059	0,7	1,4m /2 años
			14	0,047	0,6	1,2m /2 años
L6	9,25	706	10	0,188	2,3	1,2m /6 meses
			11	0,081	1,0	1,0m /1 año
			12	0,051	0,6	1,2m /2 años
			13	0,038	0,5	1,0m /2 años
			14	0,030	0,4	1,2m /3 años
L5	10,00	89	10	-	-	
			11	0,018	0,2	1,0m / 5 años
			12	0,009	0,1	1,0m / 10 años
			13	0,006	0,1	1,0m / 10 años
			14	0,004	0,1	1,0m / 10 años

## C.8 Cálculo del Volumen de Re-Dragado

### C.8.1 Volumen Re-Dragado por ECOH

El volumen re-dragado por ECOH se calcula mediante la integración del volumen de cada segmento, cuya longitud es de 1 km, como se muestra en la Figura C.55. Para el cálculo de dicho volumen, se supone que la sección transversal del canal es de forma trapezoidal, como se muestra en la Figura C.56 , y no incluye “overbreak”.

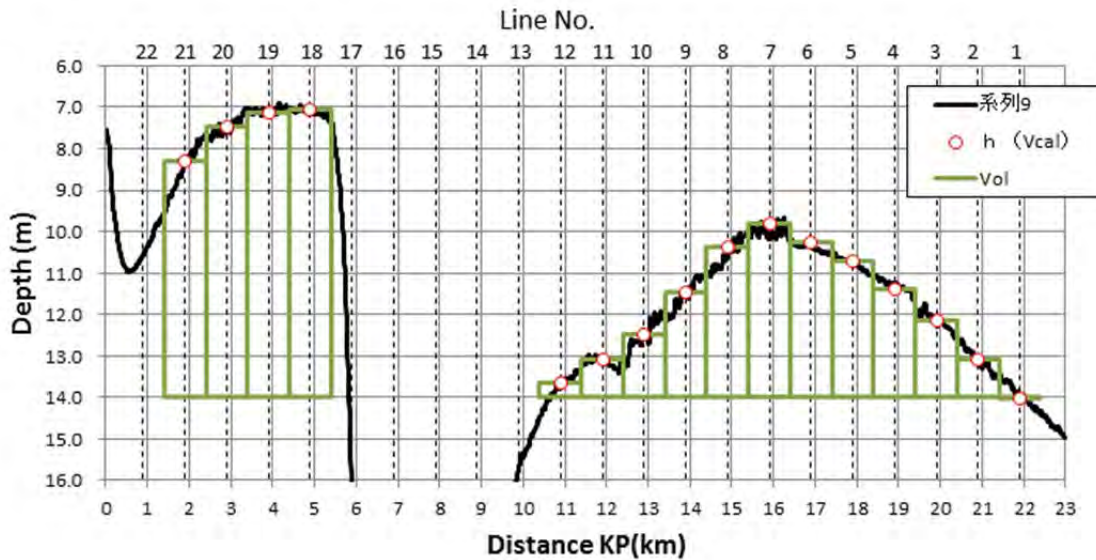


Figura C.55 Perfil longitudinal y segmentos para el cálculo del volumen

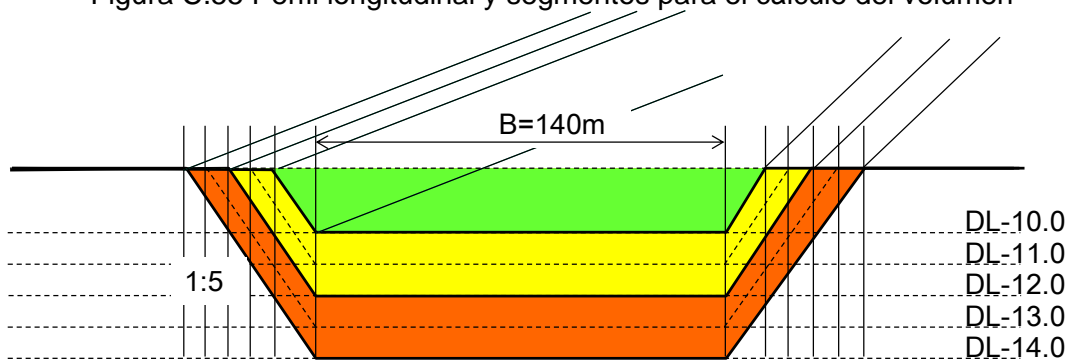


Figura C.56 Forma del canal para el cálculo del volumen de re-dragado

Tabla C.14 Volumen de re-dragado estimado (unidades: 1000 m<sup>3</sup>)

Profundidad	Canal externo	Canal interno	Dársena	Total
D. L. -9,0	0	895	0	895
D. L. -10,0	25	1.535	59	1.619
D. L. -11,0	404	2.215	344	2.964
D. L. -12,0	1.161	2.936	798	4.895
D. L. -13,0	2.284	3.696	1.471	7.452
D. L. -14,0	3.882	4.496	2.186	10.565

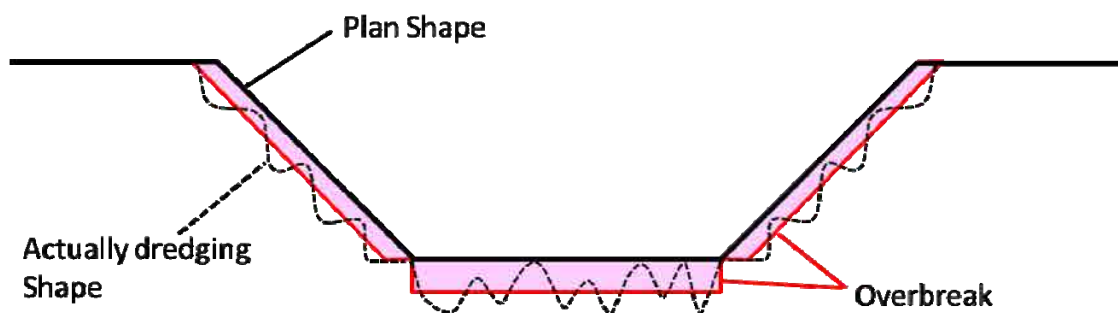


Figura C.57 Definición de "overbreak" en el dragado del canal

Ahora, introducimos el término "overbreak". Como se muestra en la Figura C.57, el overbreak se define como una porción extra de dragado para hacer el nivel del fondo más profundo que el planeado, ya que la forma del canal no puede dragarse perfectamente uniforme.

Por otra parte, ya hemos definido el término de sobre-dragado en el Informe Final, como el dragado en exceso para hacer frente a la sedimentación. Por favor, tenga en cuenta que en nuestro estudio, el "overbreak" no significa lo mismo que el sobre-dragado.

### C.8.2 Volumen Re-Dragado por TOPONORT

Según el informe de TOPONORT, el volumen re-dragado por profundidades se calcula como se muestra en la Tabla C.15. Utilizando los datos de la Tabla C.14 y Tabla C.15, el volumen re-dragado calculado por ECOH se compara con el calculado por TOPONORT, como se muestra en la Figura C.58, donde la comparación se hace para los canales interno y externo. (A causa de la topografía compleja, se excluye el volumen del área de la dársena en la comparación.) De acuerdo con la Figura C.58, se encuentra ciertamente que el volumen re-dragado por ECOH es mucho menor que el re-dragado por TOPONORT.

Tabla C.15 Volumen de re-dragado por profundidades calculado por TOPONORT

ZONA	COTA 9,5 (M3)	COTA 10 (M3)	COTA 11 (M3)	COTA 12 (M3)	COTA 13 (M3)	COTA 14 (M3)
<b>DARSENA DE PASAJEROS Y MULTIPROPÓSITO</b>	430.311	533.734	891.888	1.506.807	2.295.487	3.173.792
<b>CANAL INTERNO</b>	1.921.359	2.406.047	3.392.821	4.389.925	5.394.936	6.407.227
<b>CANAL EXTERNO</b>	30.688	109.705	637.150	1.744.329	3.289.747	5.386.543

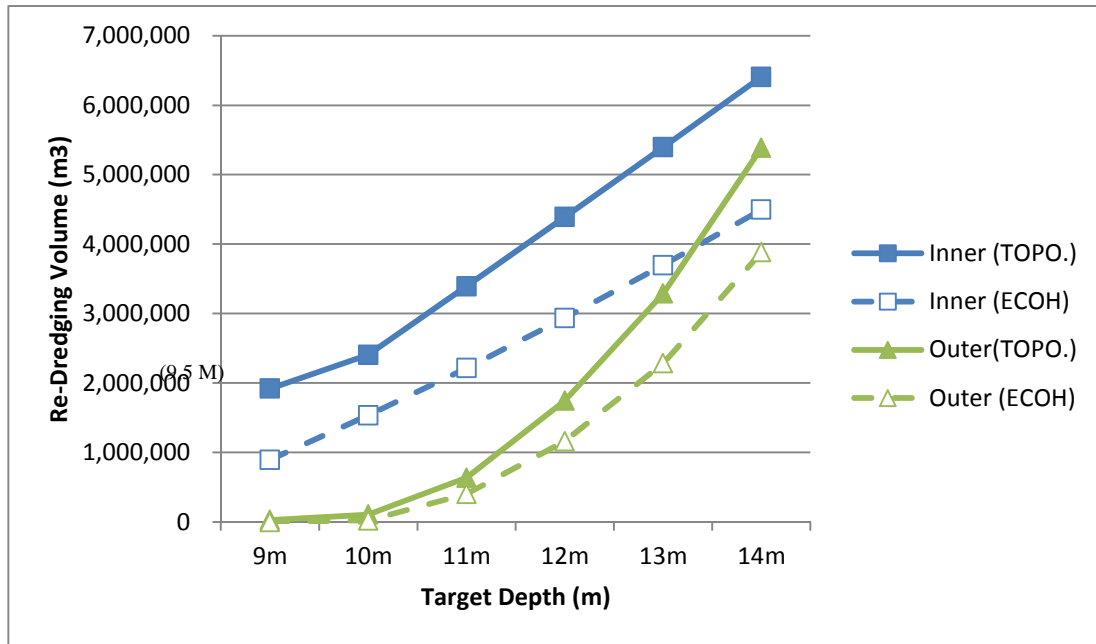


Figura C.58 Comparación entre el volumen re-dragado por TOPONORT y ECOH

### C.8.3 Diferencia de volúmenes de re-dragado

Con el fin de examinar la razón por la cual el volumen re-dragado por ECOH es menor que el re-dragado por TOPONORT, hemos calculado de nuevo este volumen para que coincida con el resultado obtenido por TOPONORT, tomando en cuenta el volumen de “overbreak”. Los puntos de modificación para el cálculo del volumen son los siguientes:

- Cambio de 9,0 m de profundidad objetivo a 9,5 m para que coincida con la condición del cálculo
- Agregar **+0,5 m** de overbreak para el canal externo
- Agregar **+1,0 m** de overbreak para el canal interno

El resultado es como se muestra en la Figura C.59. Mediante la modificación descrita anteriormente, el volumen re-dragado por ECOH se volvió del mismo orden que el re-dragado por TOPONORT. Por lo tanto, suponemos que TOPONORT calcula el volumen re-dragado incluyendo el volumen de outbreak. Nosotros pensamos que CEPA debe confirmar la forma del canal para el cálculo del volumen hecho por TOPONORT y si el volumen de overbreak está incluido o no en el cálculo del volumen re-dragado.

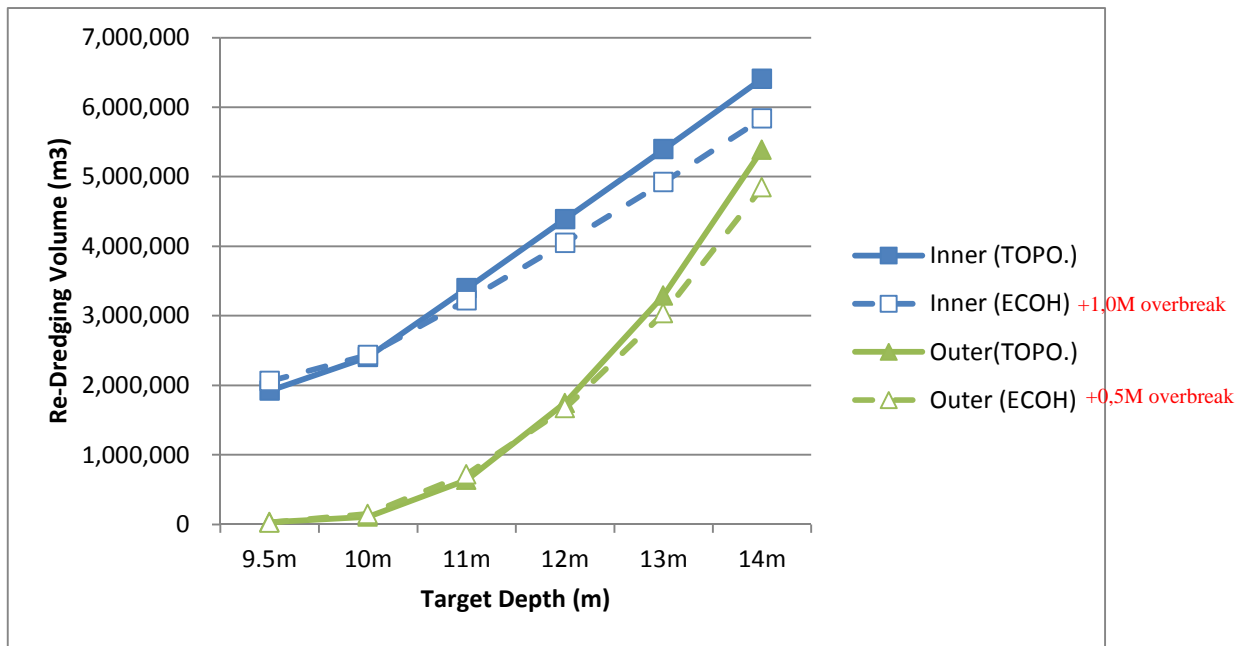


Figura C.59 Comparación entre el volumen re-dragado por TOPONORT y ECOH, calculado mediante la inclusión de 0,5 m de overbreak para el canal exterior y 1.0 m para el canal interior



ANEXO D Tópicos relacionados con el estudio económico para el puerto de La Unión

ANEXO D

TÓPICOS RELACIONADOS CON EL ESTUDIO ECONÓMICO PARA EL PUERTO DE LA UNIÓN

<b>ANEXO D TÓPICOS RELACIONADOS CON EL ESTUDIO ECONÓMICO PARA EL PUERTO DE LA UNIÓN</b>	<b>D-1</b>
D.1 PUERTOS EN LOS PAÍSES COLINDANTES	D-2
D.1.1 Guatemala	D-2
D.1.2 Honduras	D-15
D.1.3 Nicaragua	D-25
D.1.4 Costa Rica	D-30
D.2 DETALLE DEL SUBMODELO DE TRANSPORTE MARÍTIMO	D-40
D.2.1 Concepto básico del modelo	D-40
D.2.2 Definición de la función del costo del nexo	D-41
D.2.3 Solución	D-43
D.2.4 Tiempo de transporte marítimo	D-43
D.2.5 Costo monetario de tiempo del transporte marítimo	D-43
D.2.6 Puertos en el modelo	D-45
D.2.7 Red de transporte marítimo	D-50
D.2.8 Resultados de la estimación del submodelo de transporte marítimo	D-52
D.3 ENTREVISTAS Y ENCUESTAS JUNTO CON LOS MIEMBROS DEL EQUIPO ECONÓMICO DE LA CEPA...	D-55
D.4 MANUAL DE OPERACIONES DE COMPUTACIÓN DEL MODELO DE RECALADA DE BUQUES	D-66
D.4.1 Idea general y precondition	D-66
D.4.2 Archivos a ser incluidos en el programa de computación	D-66
D.4.3 Procedimiento del cálculo de computación	D-72
D.4.4 Descripción de los archivos de salida (output files)	D-75

## D.1 Puertos en los Países Colindantes

### D.1.1 Guatemala

#### (1) Perspectiva general de Guatemala

La República de Guatemala mira hacia el Océano Pacífico y hacia el Mar Caribe y tiene fronteras con los Estados Unidos Mexicanos, la República de El Salvador, la República de Honduras y Belice. Su territorio es de 108.889 km<sup>2</sup> y con una población de 14,71 millones en 2011. La Ciudad de Guatemala es su capital, Puerto Quetzal mira hacia el Océano Pacífico aunque los puertos de Santo Tomás y Barrios miran hacia el Mar Caribe.

Las industrias principales son la agricultura y los textiles. El PIB es de US\$46.910 millones y su Per Cápita es de US\$3.188 en 2011 y ha venido aumentando continuamente por 2–3% al año en últimos años.

Las exportaciones ascendieron a US\$10.450 millones y las importaciones a US\$16.128 millones en 2011. Las principales mercancías de exportación consisten en prendas de vestir, productos de trabajo textil y de tejido, café, piedras preciosas, metales preciosos, azúcar y banano, así como que las principales mercancías de importación consisten en productos alimenticios, mineral, manufacturas genéricas, manufacturas electrónicas, productos químicos y productos de trabajo textil y de tejido. Sus principales socios comerciales son los EE.UU., los países de América Central, la UE, México y Panamá para la exportación, y los EE.UU., México, China, los países de América Central y la UE para la importación.

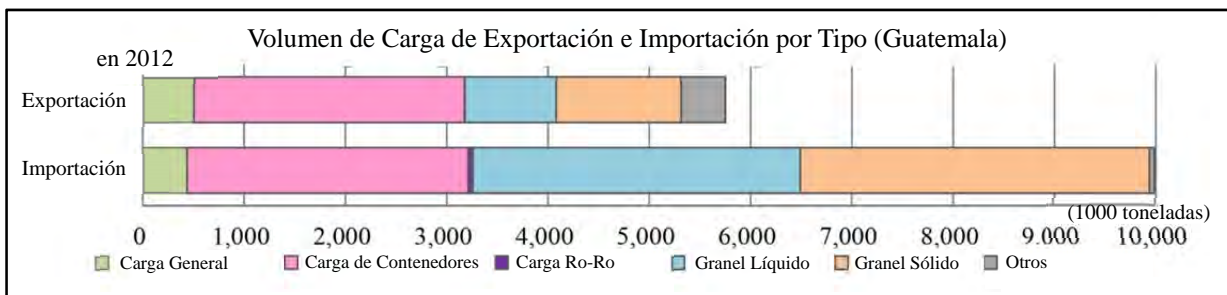
#### (2) Puertos en Guatemala

El Puerto Quetzal desempeña un papel de puerta de entrada al Océano Pacífico y el Puerto Santo Tomás de Castilla juega un papel de puerta de entrada al Mar Caribe. Además de estos dos puertos, está Puerto Barrios que se encuentra cerca de Puerto Santo Tomás Castilla, utilizándose principalmente para exportar frutas.

Tabla D.1 Principales Puertos de Guatemala

Lado del Pacífico	Puerto Quetzal, Boyas de San José
Lado del Mar Caribe	Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios

En 2012, la recalada de buques en estos puertos ascendió a 2.723 y el volumen de carga mediante estos puertos fue de 15.738.000 toneladas. Un desglose de carga de importación y exportación por clase se muestra en la Figura D.1. La carga de contenedores representa el 27,8% de carga de importación y 46,5% de carga de exportación. La Tabla D.2 muestra la tendencia de recalada de barcos y el volumen de carga de los puertos de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.1 Carga de Exportación e Importación de los Puertos de Guatemala  
 Tabla D.2 Tendencia de Recalada de Barcos y Manejo de Carga de Principales Puertos de Guatemala

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Recalada de Barcos	3,546	3,370	3,263	3,501	3,328	2,723	
Volumen de Carga (1.000 toneladas)	Exportación	5,755	5,922	6,27	6,468	7,057	5,751
	Importación	11,121	9,938	9,703	10,408	11,244	9,987
	Total	16,876	15,860	15,978	16,876	18,301	15,738

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

### (3) Puerto Quetzal

#### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 13°55' de latitud Norte y 90°47'03" de longitud Oeste en la costa del Pacífico y a 98 km SE de la Ciudad de Guatemala. Se sitúa a 430 km de Puerto Barrios y Puerto Santo Tomás de Castilla en el lado del Mar Caribe yendo por tierra. Por otro lado, se ubica a 1.618 km al Sur del puerto de Manzanillo (México) y a 150 km al Norte del Puerto de Acajutla yendo por mar. La red de carreteras está conectando a estas ciudades y el puerto, así como también a los países vecinos de América Central.

El puerto es un puerto multipropósito y una puerta de entrada al Océano Pacífico.

El puerto es gestionado por Empresa Portuaria Quetzal (EPQ) que es una entidad estatal descentralizada y autónoma.

#### 2) Instalaciones portuarias

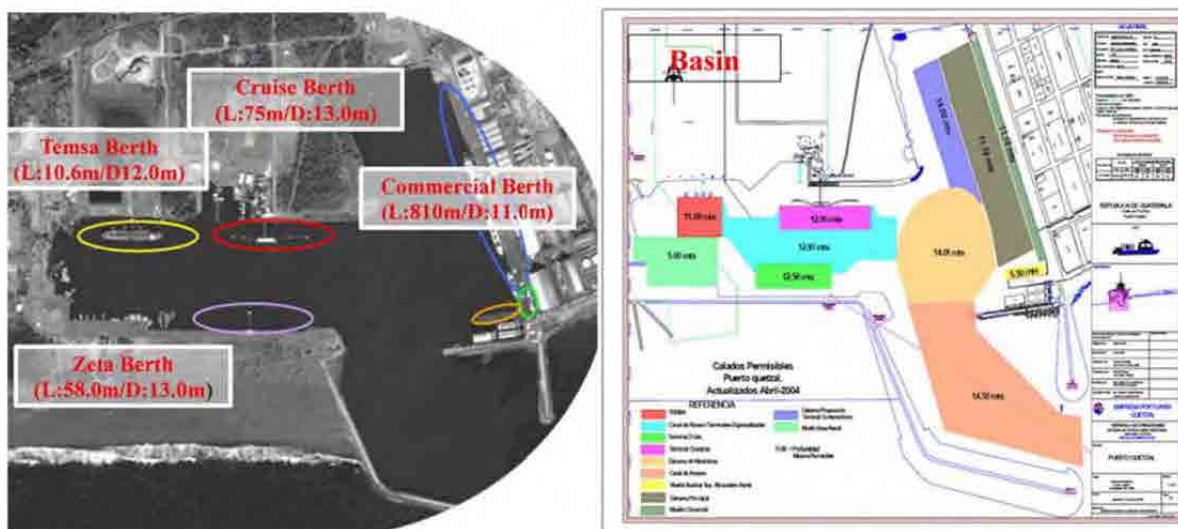
La profundidad del canal varía entre 14,0 m y 16,0 m. El ancho en la boca de rompeolas es de 210 m.

El muelle principal tiene un muelle marginal de 810 m de largo que se divide en cuatro (4) atraques con una profundidad de 12 m. Dos (2) atraques son para carga general y contenedores, y dos (2) atraques son para carga general a granel seco y carga líquida. El otro lado del área portuaria tiene una cuenca grande para acomodar un terminal de Cruceros (profundidad 12 m), un terminal de Carbón (profundidad 14 m) y un terminal de GLP (profundidad 13 m).

El puerto tiene un problema de sedimentación debido a la arena en movimiento a causa del oleaje del Océano Pacífico.

El tamaño máximo de los buques de contenedores que el puerto recibe tiene un calado de 11,1 m en MLSW según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

La Figura D.2 muestra la disposición de instalaciones portuarias aunque un esquema de instalaciones principales se presenta en la Tabla D.3.



Fuente: elaborado del sitio web de EPQ

Figura D.2 Disposición del Puerto Quetzal

Tabla D.3 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Quetzal

Canal	Profundidad: 14,0 m–16,0 m, Ancho (entre rompeolas): 210 m
Muelle	Atraque Comercial (4 atraques)/Longitud: 810 m, Profundidad: 11 m Atraque Cruceros/Longitud 75,0 m, Profundidad 1,0 m Atraque Temsa/Longitud: 10,6 m, Profundidad: 12,0 m Atraque Zeta/Longitud 58,0 m, Profundidad 13,0 m

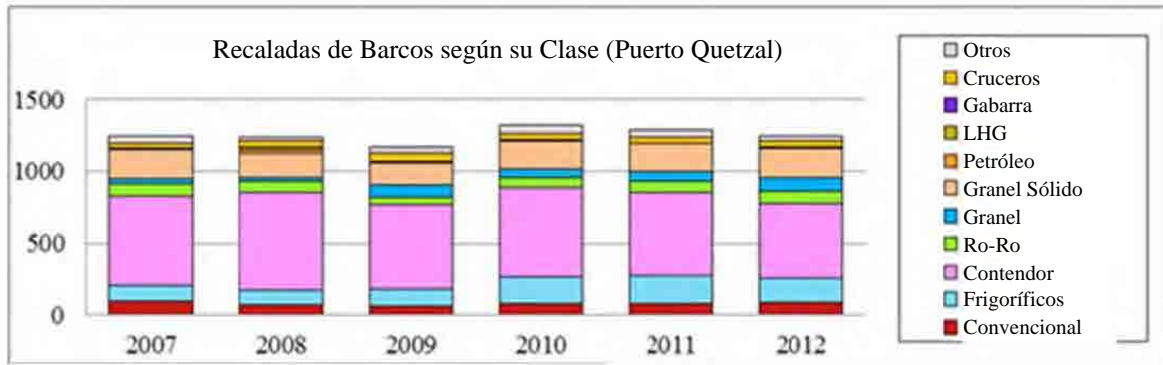
Fuente: elaborado del sitio web de EPQ

### 3) Actividades portuarias

Puerto Quetzal recibió 1.247 buques y manejó aproximadamente 8,5 millones de toneladas de carga (5,8 millones de toneladas de carga de importación y 2,7 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

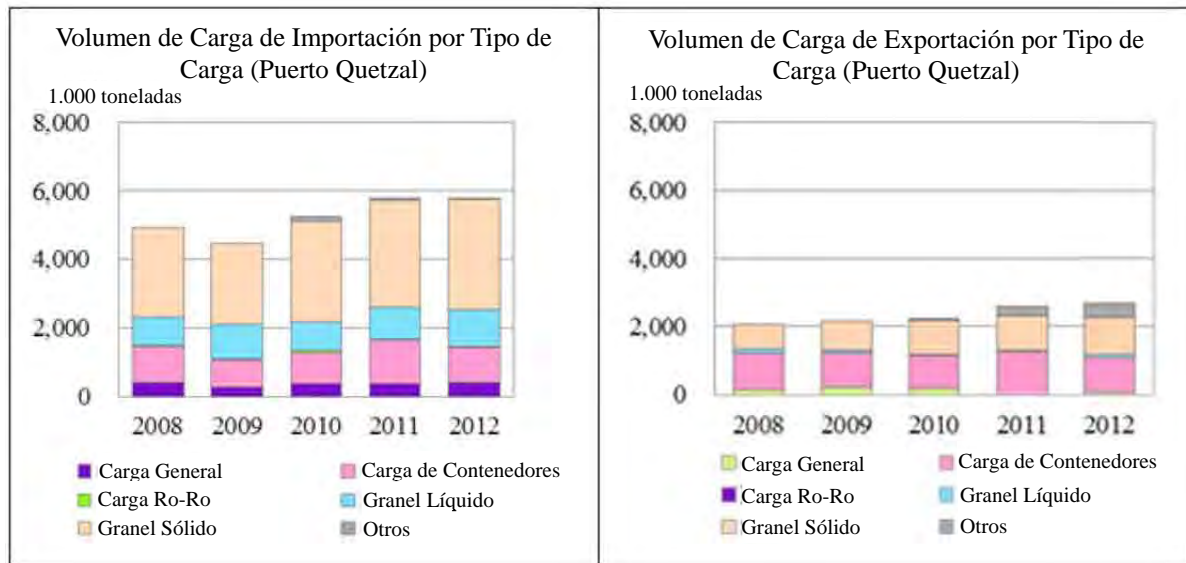
El desglose de los buques por clase es de 85 buques convencionales, 174 buques frigoríficos, 517 buques portacontenedores, 84 buques Ro-Ro, 94 buques a granel líquido, 204 buques a granel sólido, 9 LHG y otras 42 clases de buques. La Figura D.3 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 399.000 toneladas de carga general, 1.024.000 toneladas de carga de contenedores, 44.000 de toneladas de carga Ro-Ro, 1.074.000 toneladas de carga a granel líquido, 3.207.000 toneladas de carga a granel sólido y 49.000 toneladas de otras cargas. El desglose del volumen de carga de exportación es de 66.000 toneladas de carga general, 1.020.000 toneladas de carga de contenedores, 2.000 toneladas de carga Ro-Ro, 113.000 toneladas de carga a granel líquido, 1.060.000 toneladas de carga a granel sólido y 437.000 toneladas de otras cargas. La Figura D.4 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.3 Recaladas de barcos del Puerto Quetzal según su Clase



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.4 Carga de Importación y Exportación del Puerto Quetzal por Tipo

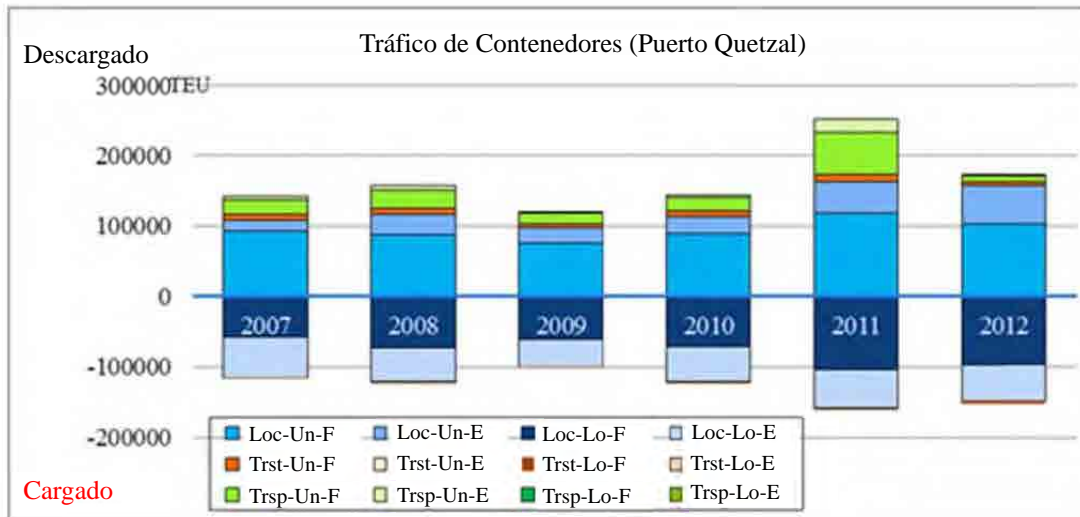
#### 4) Manejo de Contenedores

El Puerto Quetzal manejó un total de 324.506 TEU de contenedores (218.806 TEU de contenedores llenos y 105.700 TEU de contenedores vacíos) en 2012. El 97,3% del total, es decir 305.589 TEU, son de contenedores locales mientras que 8.804 TEU (2,7%) son de contenedores de tránsito y 10.114 TEU (3,1%) son de contenedores de transbordo. De 158.269 TEU de contenedores locales descargados, 103.846 TEU (65,6%) son de contenedores llenos y 54.423 TEU (34,4%) de contenedores vacíos. De 147.320 TEU de contenedores locales cargados, 96.744 TEU (65,7%) son de contenedores llenos y 50.576 TEU (34,3%) son de contenedores vacíos. Todos los contenedores de tránsito (3.793 TEU de contenedores descargados y 5.011 TEU de contenedores cargados) así como también 9.413 TEU de contenedores de transbordo descargados están llenos, aunque 701 TEU de contenedores de transbordo descargados están vacíos y ningún contenedor de transship está cargado. La Tabla D.4 y la Figura D.5 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Quetzal de 2007 a 2012.

Tabla D.4 Tráfico de Contenedores del Puerto Quetzal

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno	92,728	88,314	75,417	88,604	117,633	103,846
		Vacío	16,264	28,724	21,720	24,059	45,937	54,423
	Carga	Lleno	57,576	71,995	60,566	71,613	103,039	96,744
		Vacío	57,089	49,230	38,599	49,317	55,374	50,576
Tránsito	Descarga	Lleno	7,090	8,143	5,076	9,553	9,530	3,793
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	892	970	311	471	1,916	5,011
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	21,519	24,879	16,042	18,556	60,371	9,413
		Vacío	4,131	8,026	1,645	2,984	18,554	701
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total	Lleno	179,806	194,300	157,410	188,798	292,488	218,806	
	Vacío	77,485	85,981	61,964	76,359	119,865	105,700	
TOTAL			257,291	280,281	219,374	265,157	412,353	324,506

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



<Nota> **Loc-Un-F:** Local/Descarga/Lleno, **Loc-Un-E:** Local/Descarga/Vacío,  
**Loc-Lo-F:** Local/Carga/Lleno, **Loc-Lo-E:** Local/Carga/Vacío,  
**Trst-Un-F:** Tránsito/Descarga/Lleno, **Trst-Un-E:** Tránsito/Descarga/Vacío,  
**Trst-Lo-F:** Tránsito/Carga/Lleno, **Trst-Lo-E:** Tránsito/Carga/Vacío,  
**Trsp-Un-F:** Transbordo/Descarga/Lleno, **Trsp-Un-E:** Transbordo/Descarga/Vacío,  
**Trsp-Lo-F:** Transbordo/Carga/Lleno, **Trsp-Lo-E:** Transbordo/Carga/Vacío

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.5 Tráfico de Contenedores del Puerto Quetzal

### 5) Desarrollo

Un nuevo terminal de contenedores está planificado en el lado opuesto al atraque comercial existente y el Grupo TCB (Barcelona) implementará el desarrollo del terminal a través de un contrato de concesión. El período de la concesión es de 25 años y la empresa invertirá US\$250 millones.

Se estima que el tráfico de contenedores será de 150.000 TEU entre 2 y 3 años después y de 450.000 a 600.000 TEU de cinco a diez años después. El terminal está compuesto por dos atraques sobre un muelle de 540 m de longitud con una profundidad de 14 m a 15 m, y el mismo contará con cuatro grúas pórtico que corresponden a buques tamaño Post-Panamax, introduciendo las grúas RTG para la operación del terminal. El proyecto se llevará a cabo en 2 fases. Está previsto que un muelle de 300 m de longitud con una profundidad de 12,5 m y un área de patio de 13 ha será construido e inaugurado en 2015 como proyecto de Fase 1. Sin embargo, la ejecución del proyecto está atrasada.

Además del desarrollo del terminal de contenedores, la EPQ tiene un plan de mejorar el atraque comercial existente a un atraque multipropósito de 400 m de longitud.



Fuente: EMPRESA PORTUARIA QUETZAL

Figura D.6 Ubicación del Nuevo Terminal de Contenedores

#### (4) Puerto Barrios

##### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 15°44'03" de latitud Norte y 88°36'21" de longitud Oeste en la costa del Mar Caribe y a 295 km por carretera o 320 km por ferrocarril desde la Ciudad de Guatemala. Se sitúa a 430 km del Puerto Quetzal por tierra. La red de carreteras está conectando a estas ciudades y el puerto, así como también a los países vecinos de América Central.

El puerto está sirviendo principalmente para la exportación de frutas (Banano, entre otros) a cuenta de Chiquita y Dole así como también café. El puerto es gestionado por Compañía Bananera Guatemalteca Independiente SA (Cobigua) que es una asociación de productores frutícolas principales impulsada por Chiquita.

##### 2) Instalaciones portuarias

La longitud, profundidad y ancho del canal son de 19,7 km, 11,0 m y 90 m respectivamente. Este canal se comparte con el Puerto Santo Tomás de Castilla. La amplitud de marea en el puerto es de 0,3 m.

El muelle principal es una estructura tipo espigón con 303,6 m de longitud y 15,21 m de ancho. Tiene cuatro amarres: el muelle N° 1 con 155 m de longitud, el muelle N° 2 con un muelle de 140 m de longitud en el lado Sur, el muelle N° 3 con 175 m de longitud y el muelle N° 4 con 65 m de longitud en el lado Norte.

El buque de contenedores de tamaño máximo que el puerto recibe tiene un calado de 9,5 m según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

Tabla D.5 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Barrios

Canal	Longitud: 19,7 km, Profundidad: 11,0–16,0 m, Ancho: 90 m
Muelle	Longitud: 303,6 m, Atraque: 4, Profundidad: 9,5 m Tres atraques de ellos prestan servicio a buques de contenedores



### 3) Actividades portuarias

El puerto recibió 611 buques y manejó aproximadamente 2,6 millones de toneladas de carga (1,22 millones de toneladas de carga de importación y 1,38 millones de toneladas de carga de exportación) en 2011.

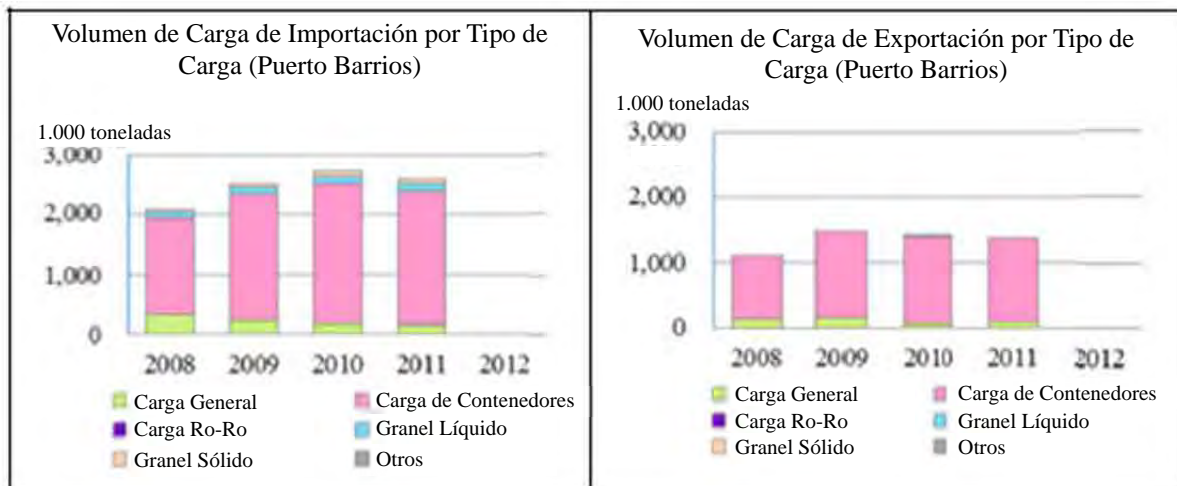
El desglose de los buques por clase es de 33 buques convencionales, 25 buques frigoríficos, 282 buques portacontenedores, 74 buques Ro-Ro, 12 buques a granel líquido, 112 buques a granel sólido y otras 71 clases de buques. La Figura D.7 muestra la tendencia de recaladas de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 69.000 toneladas de carga general, 940.000 toneladas de carga de contenedores, 132.000 toneladas de carga a granel líquido y 79.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 82.000 toneladas de carga general y 1.301.000 toneladas de carga de contenedores. La Figura D.8 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2007 a 2011.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.7 Recaladas de Barcos del Puerto Barrios por Tipo de Barco



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.8 Carga de Importación/Exportación de Puerto Barrios por Tipo de Carga  
4) Manejo de contenedores

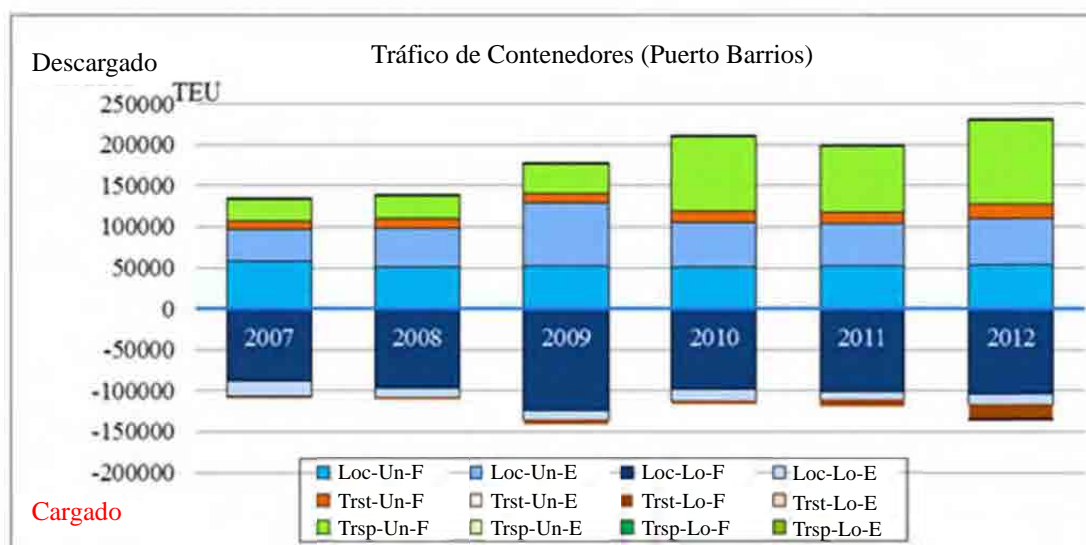
El Puerto Barrios manejó 365.242 TEU de contenedores (298.878 TEU de contenedores llenos y 71.364 TEU de contenedores vacíos) en 2012. El 62,3% del total, es decir 226.361 TEU, son de contenedores locales mientras que 35.505 TEU (9,5%) son de contenedores de tránsito y 103.833 TEU (28,4%) son de contenedores de transbordo. De 109.980 TEU de los contenedores locales descargados, 53.313 TEU (48,5%) son de contenedores llenos y 56.667 TEU (51,5%) son de contenedores vacíos. De 116.381 TEU de contenedores locales cargados, 103.171 TEU (88,6%) son de contenedores llenos y 13.210 TEU (11,4%) son de contenedores vacíos. Todos los contenedores de tránsito (17.392 TEU de contenedores descargados y 17.657 TEU de contenedores cargados) así como también 102.347 TEU de contenedores de transbordo descargados están llenos, aunque 1.486 TEU de contenedores de transbordo descargados están vacíos y ningún contenedor de transship está cargado. La Tabla D.6 y la Figura D.9 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Barrios de 2007 a 2012.

Tabla D.6 Tráfico de Contenedores del Puerto Barrios

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno	57,916	50,674	52,603	50,273	52,396	53,313
		Vacío	39,321	47,373	75,806	54,831	51,278	56,667
	Carga	Lleno	88,408	96,445	124,402	98,472	100,453	103,171
		Vacío	18,441	11,298	10,828	13,841	10,272	13,210
Tránsito	Descarga	Lleno	10,125	11,820	12,361	14,130	13,944	17,392
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	1,962	2,893	5,760	4,190	8,212	17,657
		Vacío	0	0	0	0	0	1
Transbordo	Descarga	Lleno	26,472	28,278	35,824	91,090	80,287	102,347
		Vacío	58	18	62	8	961	1,486
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total		Lleno	184,883	190,109	230,950	258,155	255,293	293,878
		Vacío	57,820	58,690	86,696	68,679	62,511	71,364
TOTAL			242,703	248,799	317,646	326,834	317,804	365,242

Fuente: COCATRAM

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.9 Tráfico de Contenedores del Puerto Barrios

## 5) Desarrollo

El puerto se sitúa en el centro de la ciudad del Puerto Barrios y esto dificulta ampliar las instalaciones libremente.

### (5) Santo Tomás de Castilla

#### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 15°42' de latitud Norte y 88°37' de longitud Oeste al fondo de la Bahía de Amatique de la costa del Mar Caribe y a 320 km desde la Ciudad de Guatemala. Se sitúa a 430

km del Puerto Quetzal por tierra. Por otro lado, se ubica a 1.789 km al Sur del Puerto de Veracruz (México) y a 117 km al Norte del Puerto Cortés por mar.

La red de carreteras está conectando estas ciudades y el puerto así como también los países vecinos de América Central.

El puerto es un puerto multipropósito y una puerta de entrada al Mar Caribe.

El puerto es gestionado por Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla que es una entidad estatal semiautónoma.

## 2) Instalaciones portuarias

La profundidad del canal es de 11,0 m aunque la longitud es de 90 m. La amplitud de marea en el puerto es de 0,54 m.

El muelle principal tiene un muelle marginal de 914,52 m de largo que se divide en seis (6) atraques con una profundidad promedio de 9,5m.

Los buques de contenedores de tamaño máximo que el puerto recibe tienen un calado de 9,14 m y una LOA de 229 m según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

Tabla D.7 Principales Instalaciones Portuarias de Santo Tomás de Castilla

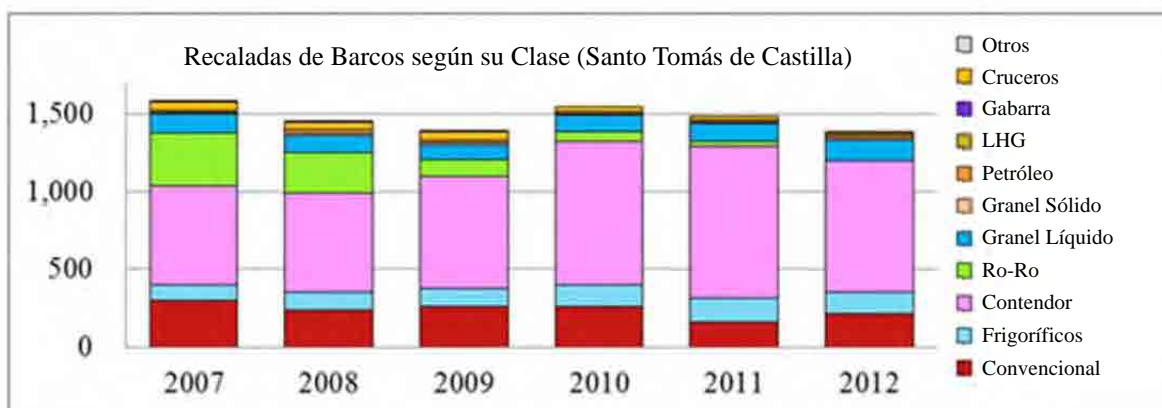
Canal	Profundidad: 11,0 m de calado, Longitud: 90 m
Muelle	Longitud: 914,52 m, Atraque: 6, Profundidad: 9,5 m en promedio

## 3) Actividades portuarias

El puerto recibió 1.380 buques y manejó aproximadamente 5,5 millones de toneladas de carga (2,64 millones de toneladas de carga de importación y 2,86 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

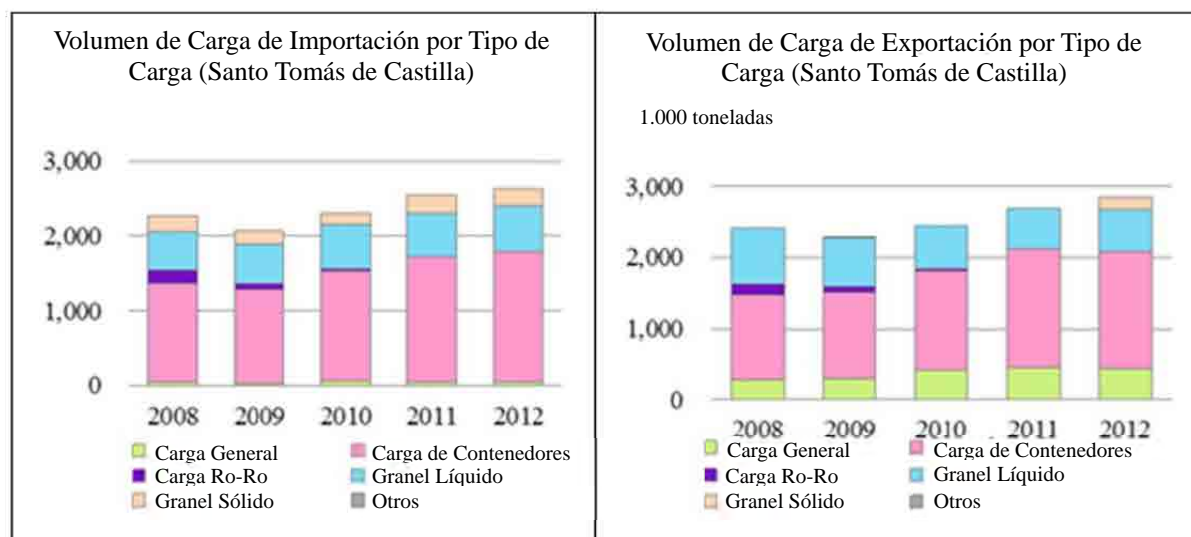
El desglose de los buques por clase es de 215 buques convencionales, 144 buques frigoríficos, 837 buques portacontenedores, 2 buques Ro-Ro, 128 buques a granel líquido, 18 buques a granel sólido, 13 petroleros y otras 23 clases de buques. La Figura D.10 muestra la tendencia de recaladas de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 39.000 toneladas de carga general, 1.752.000 toneladas de carga de contenedores, 800 toneladas de carga Ro-Ro, 603.000 toneladas de carga a granel líquido y 241.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 439.000 toneladas de carga general, 1.651.000 toneladas de carga de contenedores, 1.000 toneladas de carga Ro-Ro, 594.000 toneladas de carga a granel líquido y 174.000 toneladas de carga a granel sólido. La Figura D.11 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.10 Recaladas de barcos de Santo Tomás de Castilla por Tipo de Barco



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.11 Carga de Importación y Exportación de Santo Tomás de Castilla por Tipo de Carga  
4) Manejo de contenedores

El Puerto Santo Tomás de Castilla manejó un total de 365.242 TEU de contenedores (298.878 TEU de contenedores llenos y 71.364 TEU de contenedores vacíos) en 2012.

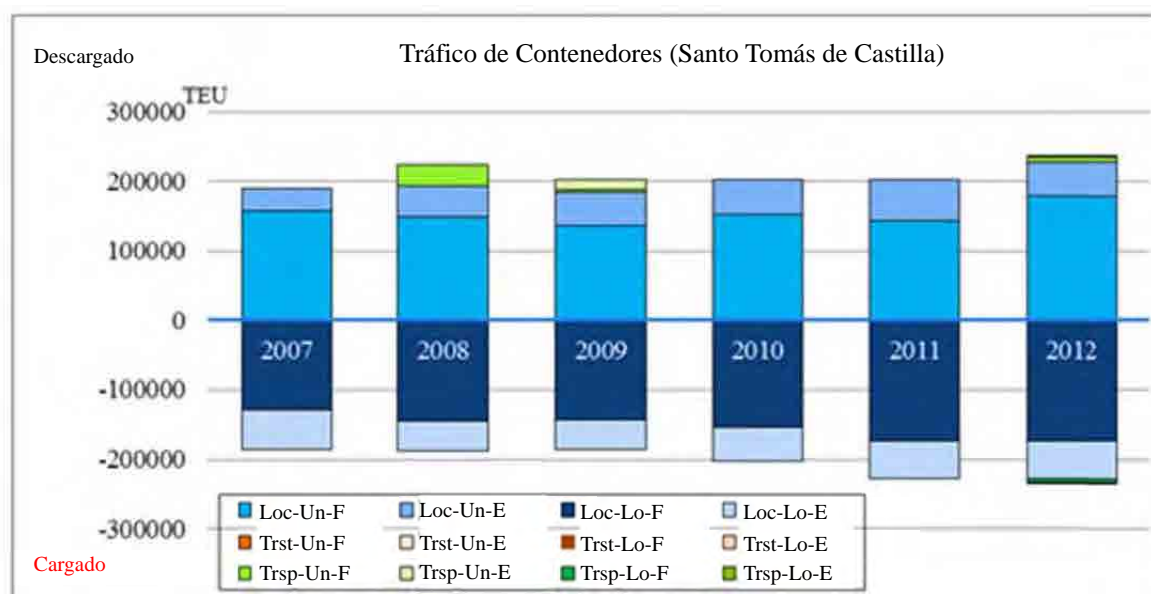
El 97,3% del total, es decir 468.734 TEU, son de contenedores locales mientras que 12.842 TEU (2,7%) son de contenedores de transbordo. De 228.339 TEU de contenedores locales descargados, 179.616 TEU (78,7%) son de contenedores llenos y 48.723 TEU (21,3%) son de contenedores vacíos. De 227.555 TEU de contenedores locales cargados, 173.697 TEU (78,7%) son de contenedores llenos y 53.853 TEU (23,7%) son de contenedores vacíos. De 6.518 TEU de contenedores de transbordo descargados, 5.576 TEU (90,5%) son de contenedores llenos y 582 TEU (9,45%) son de contenedores vacíos, aunque de 6.684 TEU de contenedores de transbordo cargados, 5.547 TEU (83,0%) son de contenedores llenos y 1.137 TEU (17%) son de contenedores vacíos. La Tabla D.8 y la Figura D.12 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Santo Tomás de Castilla de 2007 a 2012.

Tabla D.8 Tráfico de Contenedores de Santo Tomás de Castilla

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno	157,199	148,246	135,296	15,1255	143,056	179,616
		Vacío	32,557	44,308	49,883	50,891	60,053	48,723
	Carga	Lleno	128,926	144,334	142,977	154,412	174,178	173,697
		Vacío	57,333	43,418	43,413	48,245	53,950	53,858
Tránsito	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	0	30,643	2,705	0	0	5,576
		Vacío	0	0	13,947	0	0	582
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	5,547
		Vacío	0	0	0	0	0	1,137
Total	Lleno	286,125	323224	280,978	305,667	317,233	364,435	
	Vacío	89890	87,726	107,243	99,137	114,002	104,299	
TOTAL			376,015	410,950	388,221	404,804	431,235	468,734

Fuente: COCATRAM

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.12 Tráfico de Contenedores de Santo Tomás de Castilla

### 5) Desarrollo

El puerto tiene un plan de modernizar las instalaciones portuarias a fin de corresponder al tráfico de contenedores en aumento. Cuatro nuevos terminales especializados se construirán entre 2008 y 2012 y empezarán a funcionar. US\$300 millones se invertirán en los cuatro terminales y en el área logística-industrial. Además, un terminal moderno de cruceros con capacidad para dos grandes cruceros comenzará a funcionar en 2012. Se estima que el costo de proyecto es de US\$40 millones. (Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla)

## D.1.2 Honduras

### (1) Perspectiva general de Honduras

La República de Honduras mira hacia el Océano Pacífico y hacia el Mar Caribe y tiene fronteras con la República de Guatemala, la República de Honduras y Nicaragua. Su superficie terrestre es de 112.492 km<sup>2</sup> y con una población de 7,75 millones en 2011. Tegucigalpa es la capital.

Sus industrias principales consisten en industrias de agricultura, silvicultura, pesca y ganadería (café, banano y camarón). Su PIB es de US\$17.200 millones y su Per Cápita es de US\$2.015 en 2011. La economía nacional que fue dañada por la catástrofe de un huracán sin precedentes se ha recuperado, sin embargo, el país está clasificado como uno de los países de la Iniciativa HIPC.

Las exportaciones ascendieron a US\$7.204,3 millones y las importaciones a US\$10.337,6 millones en 2011. Las principales mercancías de exportación consisten en café, banano, camarón cultivado y peces de agua dulce cultivados, y sus principales mercancías de importación consisten en combustibles, maquinaria, productos electrónicos y productos químicos. Los principales socios comerciales son los EE.UU., los países de América Central, y la UE.

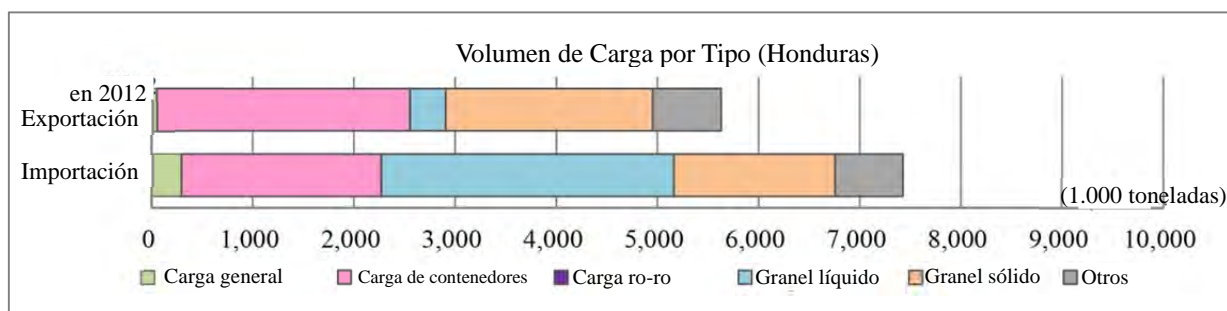
### (2) Puertos de Honduras

El Puerto Cortés y el Puerto Castilla se encuentran en el Mar Caribe. Además de estos dos puertos, Puerto San Lorenzo se ubica en la Bahía de Fonseca en la costa del Pacífico. Estos puertos se gestionan por la Empresa Nacional Portuaria (ENP) que es una agencia estatal descentralizada. Todos los puertos en Honduras aplican una tarifa portuaria unificada.

Tabla D.9 Puertos Principales de Honduras

Lado Pacífico	San Lorenzo
Lado del Mar Caribe	Puerto Cortés, Puerto Castilla, Tela, La Ceiba

En 2012, la recalada de buques en estos puertos asciende a 2.165 y el volumen de carga mediante estos puertos fue de 1.347.000 toneladas. Un desglose de carga de importación y exportación por clase se muestra en la Figura D.13. La carga de contenedores representa el 26,6% de carga de importación y el 44,6% de carga de exportación. La Tabla D.10 muestra la tendencia de recaladas de barcos y el volumen de carga de estos tres puertos de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.13 Volumen de Carga de Principales Puertos de Honduras

Tabla D.10 Tendencia de Recaladas de Barcos y Manejo de Carga de los Principales Puertos de Honduras

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
Recalada de Barcos		2,547	2,456	2,328	2,252	2,570	2,165
Volumen de Carga (1.000 toneladas)	Exportación	3,193	3,486	3,162	3,783	4,844	5,630
	Importación	6,626	6,990	6,289	6,798	7,293	7,427
	Total	9,819	10,476	9,450	10,582	12,137	13,057

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

### (3) Puerto Cortés

#### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 16°30'10" de latitud Norte y 88°24'00" de longitud oeste en la costa del Mar Caribe y a 400 km NE de la Ciudad de Tegucigalpa. Se sitúa a 117 km al Este del Puerto Santo Tomás de Castilla y 1.144 km al Norte del Puerto Limón por mar.

La vía de tren de 11 km se extiende en el área portuaria con doble vía en el atraque. El puerto está conectado por ferrocarril y carretera con varios otros centros y una carretera principal conduce a la ciudad capital, Tegucigalpa.

El puerto es un puerto multipropósito y una puerta de entrada al Mar Caribe.

#### 2) Instalaciones portuarias

El canal de aproximación es de 1.200 m de largo, 400 m de ancho con un calado promedio de 14 m. La amplitud de marea en el puerto no es más que 0,3 m.

La longitud total del muelle es de 1.157 m. El puerto tiene tres atraques para Contenedores y Carga General. El muelle N° 3 tiene un atraque de carga general, Ro-Ro y de contenedores, con una longitud de 198 m y una profundidad de 9 m a 12 m. El muelle N° 4 tiene dos atraques de carga general, Ro-Ro y de contenedores, con una longitud de 325 m y una profundidad de 8 m a 9,2 m. El muelle N° 5 tiene tres atraques de contenedores generales con una longitud de 476 m y una profundidad de 9 m a 11 m. Además de estos muelles, se encuentran dos atraques Ro-Ro con una profundidad de 10,6 m.



Los muelles están equipados con dos grúas pórtico de capacidad de 45 toneladas, una grúa móvil (montada en un camión) de capacidad de 12,5 toneladas y cinco grúas móviles de una capacidad de 12,5 a 15 toneladas.

El buque de contenedores de tamaño máximo que el puerto recibe tiene un calado de 12,0 m en MLW según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

El esquema de principales instalaciones se muestra en la Tabla D.11.

Tabla D.11 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Cortés

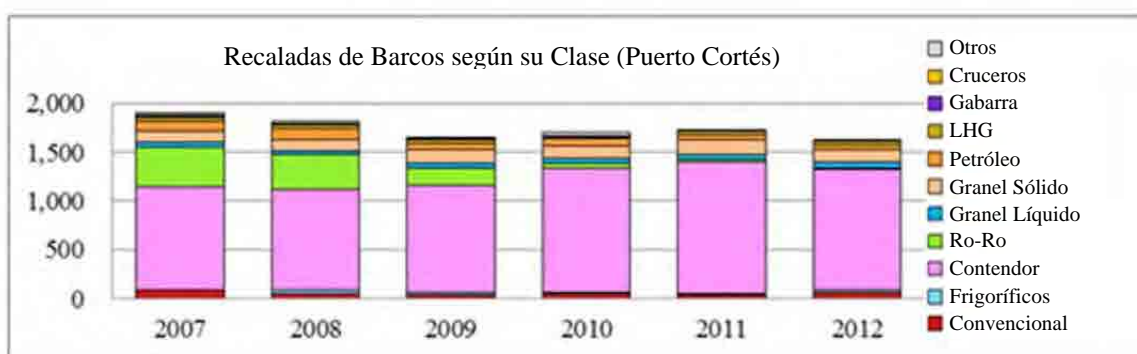
Canal	Longitud: 1.200 m, ancho: 400 m, Calado (promedio): 14,0 m
Muelle	Longitud total: 1.157 m/un atraque de 198 m de largo con una profundidad de 9 m a 12 m, un atraque de 325 m de largo con una profundidad de 8 m a 9,2 m, un atraque de 476 m de largo con una profundidad de 9 m a 11 m y un atraque Ro-Ro con una profundidad de 10,6 m

### 3) Actividades portuarias

El Puerto Cortés recibió 1.630 buques y manejó aproximadamente 9,6 millones de toneladas de carga (6,1 millones de toneladas de carga de importación y 3,5 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

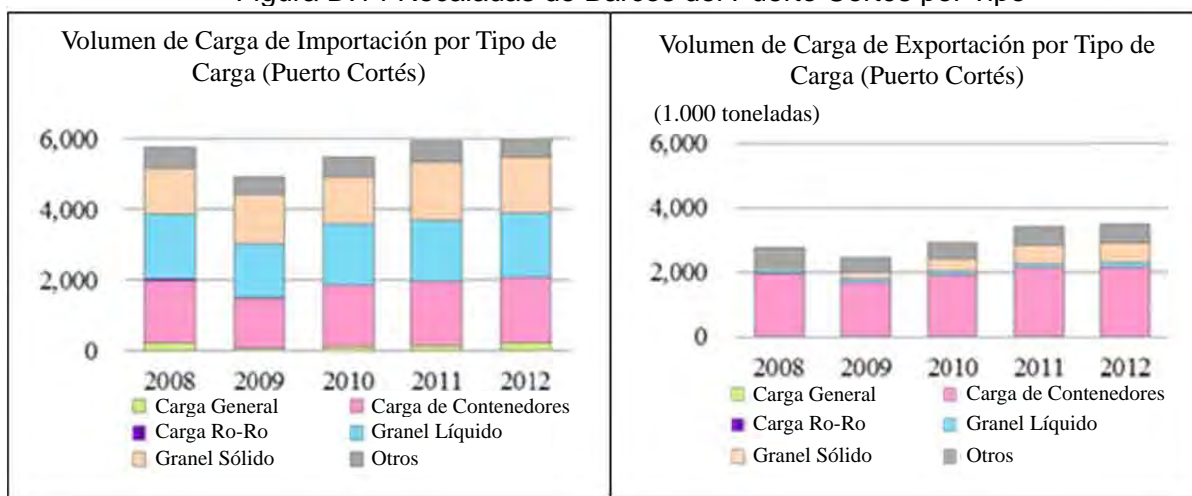
El desglose de los buques por clase es de 68 buques convencionales, 1.171 buques frigoríficos, 1.243 buques portacontenedores, 13 buques Ro-Ro, 57 buques a granel líquido, 131 buques a granel sólido, 54 petroleros, 33 LHG y otras 14 clases de buques. La Figura D.14 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 227.000 toneladas de carga general, 1.806.000 toneladas de carga de contenedores, 2.000 toneladas de carga Ro-Ro, 1.818.000 toneladas de carga a granel líquido, 1.563.000 toneladas de carga a granel sólido y 588.000 toneladas de otras cargas. El desglose del volumen de carga de exportación es de 27.000 toneladas de carga general, 2.137.000 toneladas de carga de contenedores, 2.000 toneladas de carga Ro-Ro, 148.000 toneladas de carga a granel líquido, 598.000 toneladas de carga a granel sólido y 589.000 toneladas de otras cargas. Figura D.15 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.14 Recaladas de Barcos del Puerto Cortés por Tipo



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.15 Carga de Importación y Exportación del Puerto Cortés por Tipo

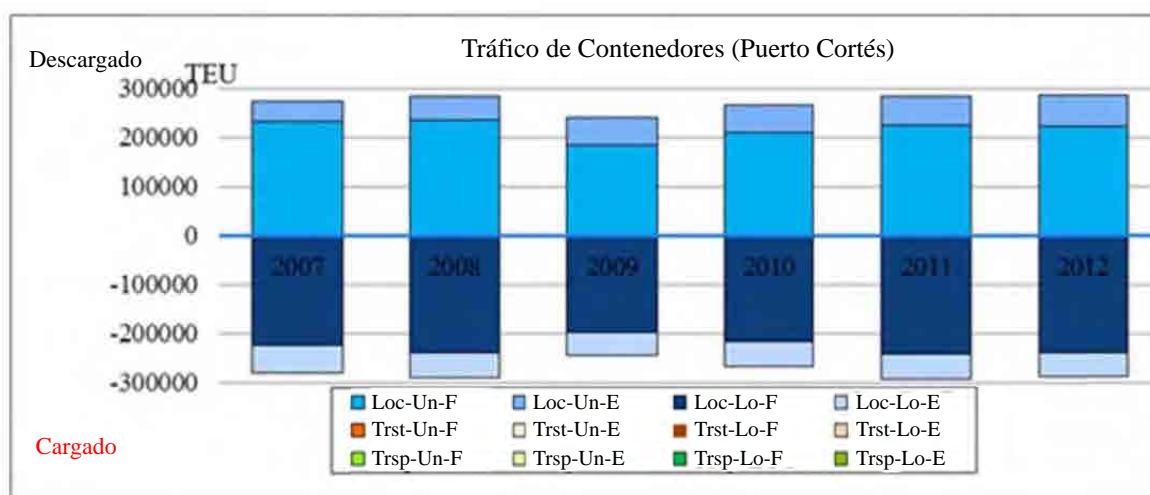
#### 4) Manejo de contenedores

El Puerto Cortés manejó un total de 573.322 TEU de contenedores (461.571 TEU de contenedores llenos y 111.751 TEU de contenedores vacíos) en 2012. Todos los contenedores que se manejan en el puerto son contenedores locales. De 285.465 TEU de los contenedores locales descargados, 221.882 TEU (77,7%) son de contenedores llenos y 63.585 TEU (22,3%) son de contenedores vacíos. De 287.858 TEU de contenedores locales cargados, 239.961 TEU (83,3%) son de contenedores llenos y 48.167 TEU (16,7%) son de contenedores vacíos. La Tabla D.12 y la Figura D.16 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Cortés de 2007 a 2012.

Tabla D.12 Tráfico de Contenedores del Puerto Cortés

Año			2,007	2,008	2,009	2,010	2,011	2,012
Local	Descarga	Lleno	232,199	235,735	184,004	210,231	225,140	221,882
		Vacío	41,760	46,883	55,618	55,177	59,217	63,583
	Carga	Lleno	223,279	239,730	198,915	216,082	241,803	239,691
		Vacío	55,899	50,032	45,611	50,340	50,451	48,167
Tránsito	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total	Lleno	455,477	475,466	382,919	426,314	466,942	461,571	
	Vacío	97,660	96,913	101,228	105,517	109,669	111,751	
TOTAL			553,137	572,379	484,147	531,831	576,611	573,322

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.16 Tráfico de Contenedores del Puerto Cortés

### 5) Desarrollo

La ENP tiene un plan de ampliación y modernización del Puerto Cortés. Los objetivos generales del proyecto consisten en mejorar la capacidad y eficacia de la operación portuaria, promover la mejora de las condiciones físicas y contribuir al desarrollo social y económico sostenible de Honduras. Los objetivos específicos son reducir costos operativos para buques y mercancías al desarrollar las operaciones logísticas del terminal de contenedores. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha decidido ofrecer un aporte de US\$135,00 millones (ENP) para el proyecto.

#### (4) Puerto Castilla

##### 1) Perspectiva general

El Puerto Castilla se localiza a 16°00'00" de latitud Norte y 86°01'00" de longitud Oeste en la Costa Atlántica y 400 km NE de la Ciudad de Tegucigalpa. La red de carreteras está conectando con otras partes del país.

El puerto se dedica principalmente a la exportación de banano producido por Dole Food Company Inc.

##### 2) Instalaciones portuarias

El puerto tiene un atraque de 225 m de longitud y 38 m de ancho. La profundidad al costado del atraque es de 10 m. No se tiene ninguna grúa de muelle disponible en el puerto. El puerto cuenta con dos terminales de carga de 3.000 m<sup>2</sup> cada uno.

El buque de tamaño máximo que el puerto es capaz de acomodar tiene una LOA de 225 m y un calado de 10,97 m según la Guía para Entrada en Puertos (edición de 2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

El esquema de instalaciones principales se muestra en la Tabla D.13.

Tabla D.13 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Castilla

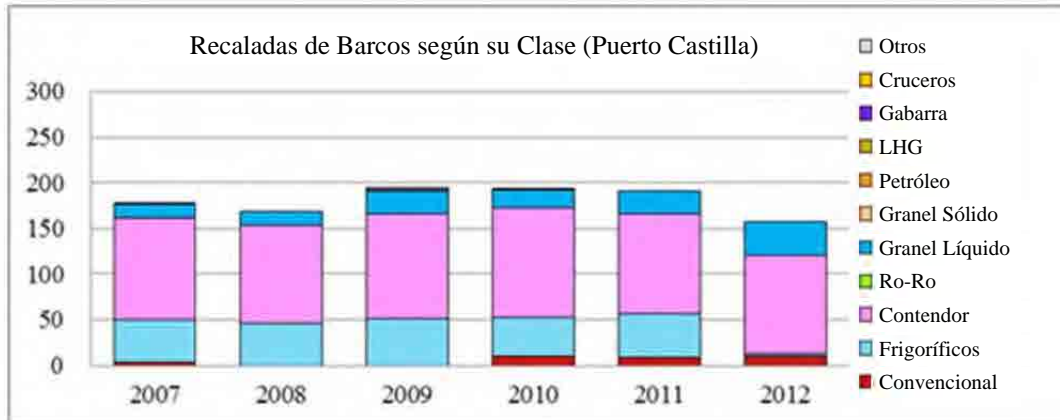
Canal	-
Muelle	Longitud: 225 m, ancho: 38 m, profundidad: aproximadamente 10 m

##### 3) Actividades portuarias

El Puerto Castilla recibió 157 buques y manejó aproximadamente 840.000 toneladas de carga (228.000 toneladas de carga de importación y 614.000 toneladas de carga de exportación) en 2012.

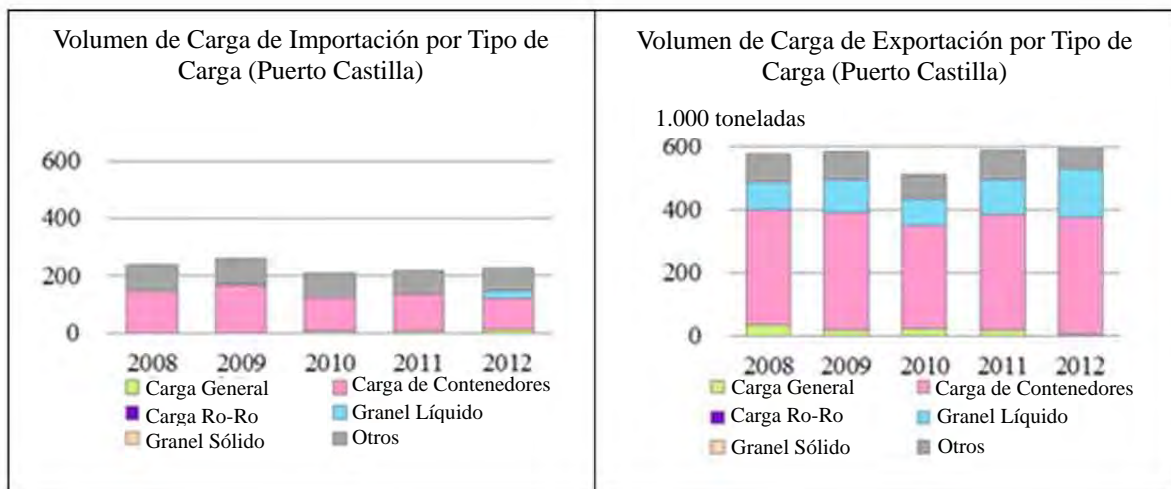
El desglose de los buques por clase es de 10 buques convencionales, 2 buques frigoríficos, 108 buques portacontenedores y 7 buques a granel líquido. La Figura D.17 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es 9.000 toneladas de carga general, 113.000 toneladas de carga de contenedores, 22.000 toneladas de carga a granel líquido y 84.000 toneladas de otras cargas. El desglose del volumen de carga de exportación es de 3.000 toneladas de carga general, 374.000 toneladas de carga de contenedores, 151.000 toneladas de carga a granel líquido y 86.000 toneladas de otra carga. La Figura D.18 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2008 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.17 Recaladas de Barcos del Puerto Castilla según su Clase



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.18 Carga de Importación y Exportación del Puerto Castilla por Tipo

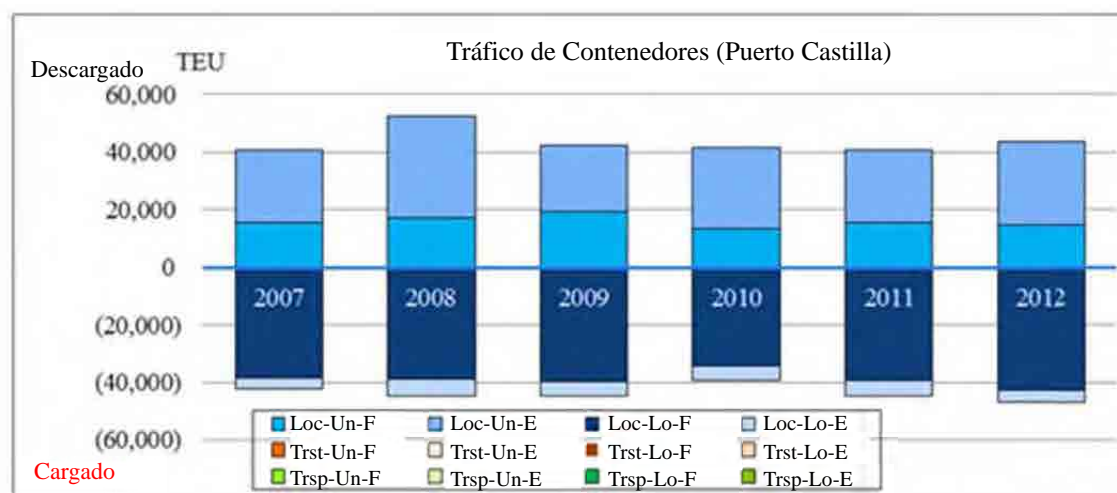
#### 4) Manejo de contenedores

El Puerto Castilla manejó un total de 90.586 TEU de contenedores (57.680 TEU de contenedores llenos y 32.906 TEU de contenedores vacíos) en 2012. Todos los contenedores que se manejan en el puerto son contenedores locales. De 43.774 TEU de contenedores locales descargados, 14.826 TEU (33,9%) son de contenedores llenos y 28.948 TEU (66,1%) son de contenedores vacíos. De 46.812 TEU de contenedores locales cargados, 42.854 TEU (91,5%) son de contenedores llenos y 3.958 TEU (8,5%) son de contenedores vacíos. La Tabla D.14 y la Figura D.19 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Castilla de 2007 a 2012.

Tabla D.14 Tráfico de Contenedores del Puerto Castilla

Año			2,007	2,008	2,009	2,010	2,011	2,012
Local	Descarga	Lleno	15,334	17,160	19,336	13,176	15,518	14,826
		Vacío	25,650	35,246	23,306	28,286	25,446	28,948
	Carga	Lleno	38,730	38,978	39,832	34,330	39,542	42,854
		Vacío	3,582	6,036	5,098	5,222	5,386	3,958
Tránsito	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total	Lleno	54,064	56,138	59,168	47,506	55,060	57,680	
	Vacío	29,232	41,282	28,404	33,508	30,832	32,906	
TOTAL			83,296	97,420	87,572	81,014	85,892	90,586

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.19 Tráfico de Contenedores del Puerto Castilla

## (5) Puerto San Lorenzo

### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 13°24'00" de latitud Norte y 87°25'30" de longitud Oeste en la Bahía de Fonseca en la costa del Pacífico y a 108 km SE de la Ciudad de Tegucigalpa. Se sitúa a 100 km del Puerto de La Unión yendo por tierra. Por otro lado, se ubica a 70 km al Sur del Puerto de La Unión y a 170 km al Norte del Puerto Corinto yendo por mar. La red de carreteras está conectando a otras partes del país así como también a los países vecinos.

El puerto es una puerta de entrada al Océano Pacífico en Honduras. Diversas cargas se importan y exportan a través del puerto. El óxido férrico es una de las cargas principales del puerto.

Las principales mercancías de carga de exportación consisten en óxido férrico con destino a China (2.000 mt/mes), el azúcar y la melaza con destino a R.U. así como también chatarra en contenedores y frutas con destino a Taiwán. Las principales mercancías de carga de importación son el petróleo para una planta de energía cerca del puerto que proviene de Panamá, Perú y Ecuador así como vehículos provenientes de Japón y Corea del Sur y alambre que proviene de los países de América del Sur.

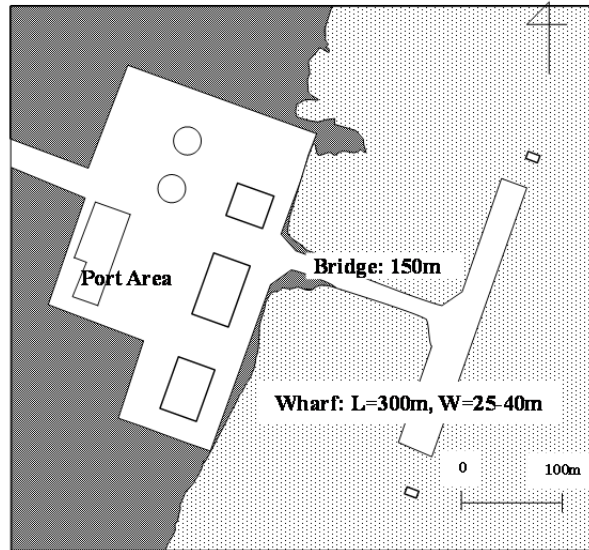
### 2) Instalaciones portuarias

La longitud del canal de aproximación es de 32 km; y el ancho es de 122 m. Los trabajos de dragado para profundizar el canal hasta 10 m se han realizado dos veces hasta hoy: en 1979 cuando el puerto se construyó y en 2004. Según el MANUAL DE PUERTOS DE CENTROAMÉRICA (2010–2011) publicado por la COCATRAM, el calado mínimo en LW es de 10.0 m, sin embargo, la profundidad actual del canal es de 8 m a 10 m de acuerdo a la sucursal de San Lorenzo de la ENP. Actualmente, el buque de tamaño máximo que recalca en el puerto tiene una LOA de 220 m y un calado de 9,5 m. La amplitud de marea es de 2,5 m a 3,0 m. El fondo del mar en el canal es en su mayor parte de arena, sin embargo, se observa roca en algunas partes. La sucursal de San Lorenzo de la ENP espera dragar el canal hasta 11 m.

El muelle de 300 m de largo y 40/25 m de ancho que tiene la forma de T se encuentra en el agua y se conecta con el patio a través de un puente de 160 m de largo y 15 m de ancho. La profundidad del muelle es de 9,0 m a media marea. Dos duques de Alba son instalados a cada lado a fin de amarrar tres buques al mismo tiempo.

El buque de tamaño máximo que el puerto puede acoger tiene una LOA de 220 m y un calado de 9,5 m.

Figura D.20 muestra la disposición de instalaciones portuarias, y el esquema de instalaciones principales se presenta en la Tabla D.15.



Fuente: Equipo de Estudio de la JICA

Figura D.20 Disposición del Puerto San Lorenzo  
 Tabla D.15 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto San Lorenzo

Canal	Longitud: 32 km, Ancho: 122 m, Profundidad 11 m (para ser más exactos de 8 m a 10 m)
Muelle	Longitud del atraque: 300 m, Ancho: 25/40 m Duques de Alba son instalados en cada extremo del atraque

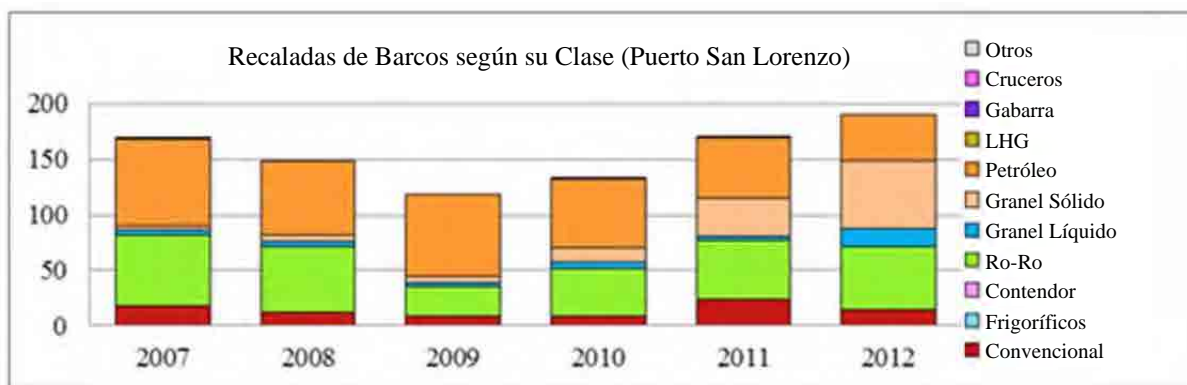
### 3) Actividades portuarias

El Puerto San Lorenzo recibió 190 buques y manejó aproximadamente 2,4 millones de toneladas de carga (0,8 millones de toneladas de carga de importación y 1,5 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

El desglose de los buques por clase es de 14 buques convencionales, 57 buques Ro-Ro, 17 buques a granel líquido, 60 buques a granel sólido y 42 petroleros. La Figura D.21 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

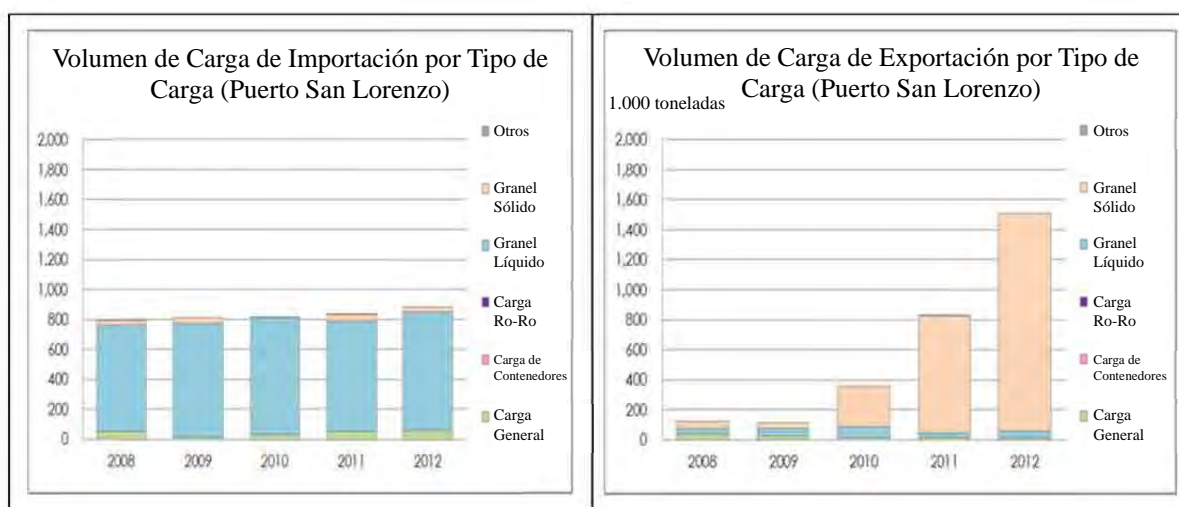
El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 59.000 toneladas de carga general, 790.000 toneladas de carga a granel líquido y 31.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 6.000 toneladas de carga general, 53.000 toneladas de carga a granel líquido y 1.449.000 toneladas de carga a granel sólido. La Figura D.22 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2008 a 2012.





Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.21 Recaladas de Barcos del Puerto San Lorenzo según su Clase



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.22 Carga de Importación y Exportación del Puerto San Lorenzo por Tipo

#### 4) Manejo de contenedores

Según las Estadísticas de COCATRAM, el puerto manejó contenedores en 2011. Todos los contenedores fueron contenedores locales y no fue manejado ningún contenedor de tránsito ni transbordo. El tráfico es de 171 TEU. Se descargaron 141 TEU y se cargaron 30 TEU. Mientras que 118 TEU de los contenedores descargados son llenos, 23 TEU de ellos son vacíos. Aunque 27 TEU de los contenedores cargados son llenos, 3 TEU son vacíos.

#### 5) Futuro desarrollo

La ENP tiene previsto dragar el canal de aproximación hasta 11 m.

### D.1.3 Nicaragua

#### (1) Perspectiva general de Nicaragua

La República de Nicaragua mira hacia el Océano Pacífico y el Mar Caribe y tiene fronteras con Honduras y la República de Costa Rica. Su superficie terrestre es de 129.541 km<sup>2</sup> y con una población de 5,87 millones en 2011. Managua es la capital. El puerto de Corinto mira hacia el Océano Pacífico aunque ningún puerto principal mira hacia el Mar Caribe.

Sus industrias principales consisten en industrias de agricultura y ganadería (café, carne de res, cacahuetes, caña de azúcar, maíz, arroz y banano) así como también la confección cuyos productos se fabrican en maquiladoras. El PIB es de US\$7.287 millones y su Per Cápita es de US\$1.239,2 en 2011. La economía nacional que fue destruida por la guerra civil se ha recuperado a un nivel determinado, sin embargo, el país es uno de los países menos desarrollados en América Central y del Sur.

Las exportaciones ascendieron a US\$4.507 millones y las importaciones a US\$6.125 millones en 2011. Las principales mercancías de exportación son café, carne de res, oro y azúcar, y las principales mercancías de importación consisten en productos al consumidor, materias en proceso y productos petrolíferos. Sus principales socios comerciales son los EE.UU., El Salvador, Venezuela, Honduras y Costa Rica para la exportación y los EE.UU., Venezuela, Costa Rica, México y Guatemala para la importación.

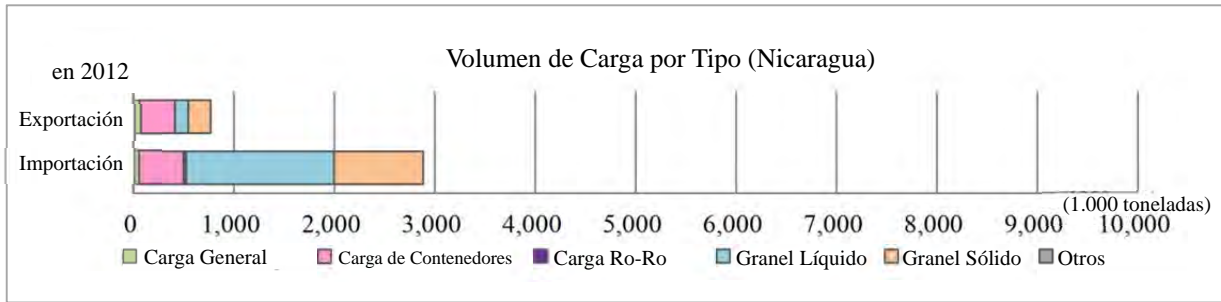
## (2) Puertos de Nicaragua

El Puerto Corinto es una puerta de entrada de Nicaragua al Océano Pacífico. En la costa del Mar Caribe, no se encuentra un puerto satisfactorio que reciba buques al servicio del comercio internacional. El desarrollo de un puerto nuevo en la costa del Mar Caribe de Nicaragua es necesario.

Tabla D.16 Principales Puertos de Nicaragua

Lado del Pacífico	Corinto, Sandino
Lado del Mar Caribe	El Bluff, Cabezas, Arein Siu (El Rama)

En 2012, la recalada de buques en estos puertos ascendió a 569 y el volumen de carga mediante estos puertos fue de 3.651.000 toneladas. Un desglose de carga de importación y exportación por clase se muestra en la Figura D.23. La carga de contenedores representa el 15,8% de carga de exportación y 45,8% de carga de importación. La Tabla D.17 muestra la tendencia de recaladas de barcos y el volumen de carga de estos puertos de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.23 Volumen de Carga de Principales Puertos de Nicaragua

Tabla D.17 Tendencia de Recaladas de Barcos y Manejo de Carga de Principales Puertos de Nicaragua

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Recalada de Barcos	676	673	596	640	642	569	
Volumen de Carga (1.000 toneladas)	Exportación	492	455	484	692	655	768
	Importación	2,446	2,344	2,350	2,317	2,783	2,883
	Total	2,938	2,799	2,834	3,009	3,438	3,651

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

### (3) Puerto Corinto

#### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 12°29' de latitud Norte y 87°11' de longitud Oeste en la boca del estuario de El Realejo en la costa del Pacífico y a 160 km NE de Managua. Se sitúa a 510 km al Norte del Puerto Caldera en Costa Rica y a 170 km al Sur del Puerto San Lorenzo yendo por mar. La red de carreteras está disponible a las principales ciudades del país incluyendo la ciudad capital de Managua.

El puerto es un único puerto internacional de escala completa en Nicaragua y desempeña un papel de puerta de entrada al Océano Pacífico.

El puerto es estatal, bajo gestión de la Empresa Portuaria Nacional (EPN).

#### 2) Instalaciones portuarias

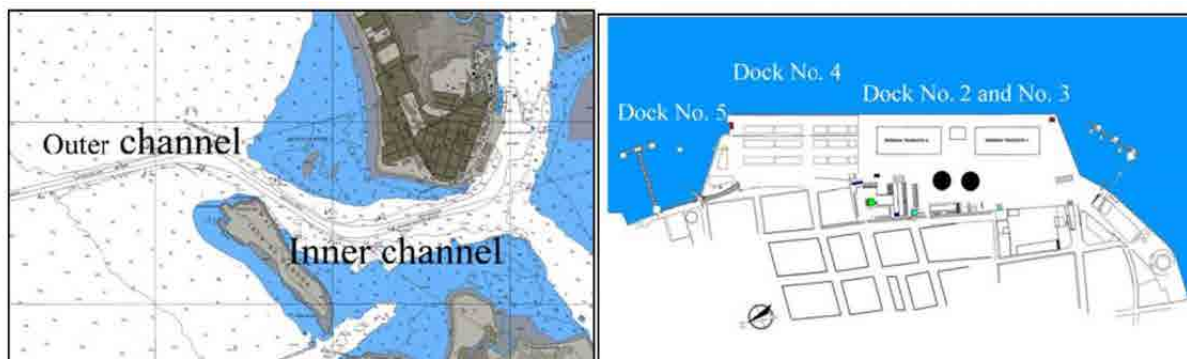
Un buque que pretenda ingresar al puerto necesita pasar por el canal exterior y el canal interior. La longitud, ancho y profundidad del canal exterior son de 3,4 km, 150 m y 14,6 m, y los del canal interior son de 3,1 km, 115 m y 13,35 m. El calado en LW es de 10,95 m en el canal interior y 12,20 m en el canal exterior. La amplitud de marea en el puerto es de 2,27 m en mareas muertas y de 3,11 m en mareas vivas.

El puerto tiene cinco muelles. El muelle N° 1 es un muelle tipo espigón de 110 m de longitud y 10 m de ancho y con un calado de 10,7 m. Los muelles N° 2 y N° 3 son muelles marginales de 370 m de longitud y 24 m de ancho y con un calado de 12,6 m para carga general y para gráneles. El muelle N° 4 es un muelle marginal de 240 m de longitud y 40 m de ancho y con un calado de 13,25 m para contenedores. Una grúa pórtico de 45 t está instalada en este muelle, sin

embargo, está fuera de uso por ahora. El muelle N° 5 es un muelle tipo espigón para manejo de carga líquida.

El tamaño máximo de los buques de contenedores que el puerto recibe tiene 45.000 toneladas de desplazamiento, 200 m de LOA, 32,0 m de viga y 11,15 m de calado, según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

La Figura D.24 muestra la disposición de instalaciones portuarias, y el esquema de instalaciones principales se presenta en la Tabla D.18.



Fuente: Administración Portuaria de Corinto Terminal Marítima Internacional Puerto Corinto ABRIL 2013

Figura D.24 Disposición del Puerto Corinto

Tabla D.18 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Corinto

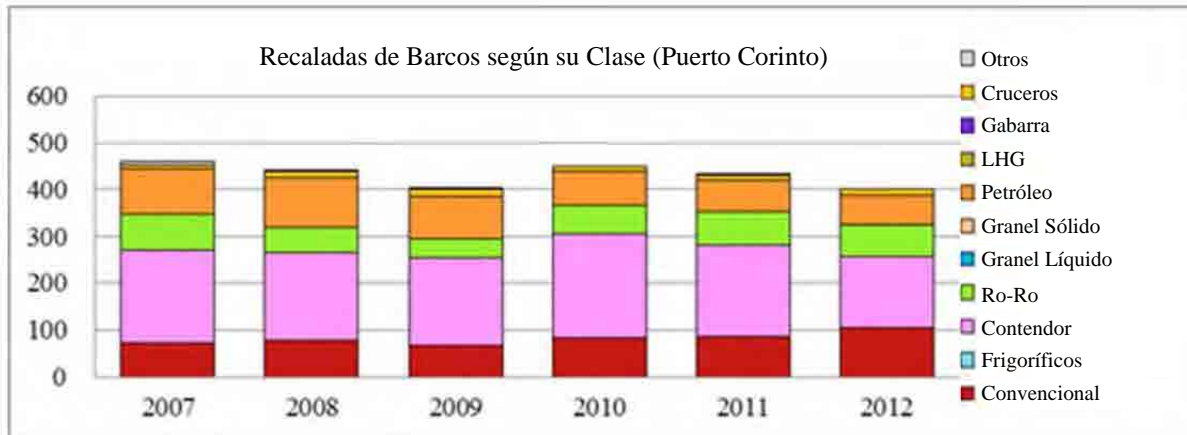
Canal	Canal exterior/ Longitud: 3,4 km, Ancho: 150 m, Profundidad: 14,6 m Canal interior/ Longitud: 3,1 km, Ancho: 110 m, Profundidad: 13,35 m
Muelle	Muelle N°1 / Un muelle tipo espigón, Longitud: 110 m, Ancho: 10 m, Calado: 10,7 m Muelle N°2 y N°3 /Muelles marginales, Longitud: 370 m, Ancho: 24 m, Calado: 12,6 m Muelle N°4 / Un muelle marginal, Longitud: 240 m, Ancho: 40 m, Calado: 13,25 m Muelle N°5 / Un muelle tipo espigón de 115 m

### 3) Actividades portuarias

El Puerto Corinto recibió 402 buques y manejó aproximadamente 2,7 millones de toneladas de carga (0,7 millones de toneladas de carga de importación y 2,0 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

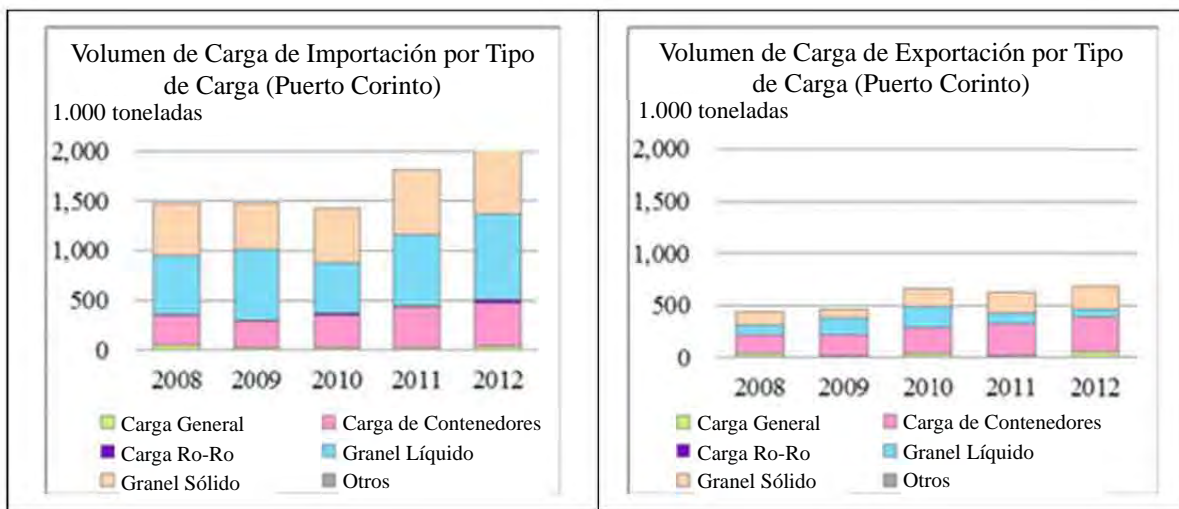
El desglose de los buques por clase es de 106 buques convencionales, 150 buques portacontenedores, 70 buques Ro-Ro, 61 petroleros y 15 cruceros. La Figura D.25 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 36.000 toneladas de carga general, 439.000 toneladas de carga de contenedores, 26.000 toneladas de carga Ro-Ro, 871.000 toneladas de carga a granel líquido y 642.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 48.000 toneladas de carga general, 339.000 toneladas de carga de contenedores, 80.000 toneladas de carga a granel líquido y 233.000 toneladas de carga a granel sólido. La Figura D.26 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.25 Recaladas de Barcos del Puerto Corinto según su Clase



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.26 Carga de Importación y Exportación del Puerto Corinto por Tipo

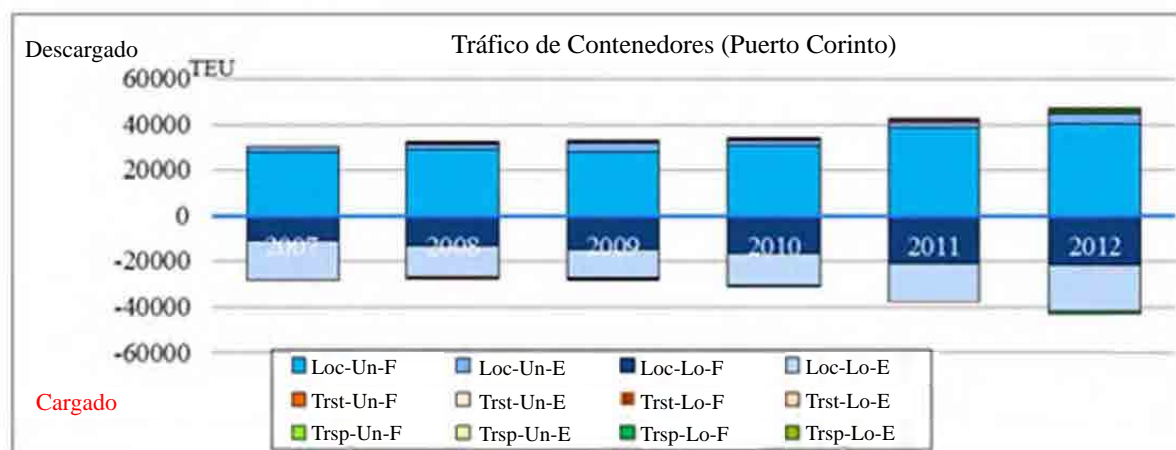
#### 4) Manejo de contenedores

El Puerto Corinto manejó un total de 89.537 TEU de contenedores (64.648 TEU de contenedores llenos y 24.889 TEU de contenedores vacíos) en 2012. El 97,1% del total, es decir 86.937 TEU, son de contenedores locales mientras que 749 TEU (0,8%) son de contenedores de tránsito y 1.852 TEU (2,1%) son de contenedores de transbordo. De 44.725 TEU de contenedores locales descargados, 40.250 TEU (90,0%) son de contenedores llenos y 4.475 TEU (10,0%) son de contenedores vacíos. De 42.212 TEU de contenedores locales cargados, 21.799 TEU (51,6%) son de contenedores llenos y 20.413 TEU (48,3%) son de contenedores vacíos. Casi todos los contenedores de tránsito son contenedores llenos a descargar, aunque 1.074 TEU de contenedores de transbordo descargados son llenos así como 778 TEU de contenedores de transbordo cargados también son llenos. La Figura D.27 y la Tabla D.19 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Corinto de 2007 a 2012.

Tabla D.19 Tráfico de Contenedores del Puerto Corinto

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno	27,662	28,926	27,920	30,851	38,522	40,250
		Vacío	2,479	2,334	4,063	2,104	2,596	4,475
	Carga	Lleno	10,719	13,028	14,828	16,834	21,084	21,799
		Vacío	17,754	13,674	12,695	13,884	16,875	20,413
Tránsito	Descarga	Lleno	0	455	559	828	980	748
		Vacío	0	4	18	206	8	0
	Carga	Lleno	0	455	433	5	54	1
		Vacío	0	4	18	206	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	1,072
		Vacío	0	0	0	0	0	2
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	778
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total		Lleno	38,382	42,864	43,739	48,517	60,641	64,648
		Vacío	20,233	16,016	16,793	16,399	19,479	24,889
TOTAL			58,615	58,880	60,532	64,916	80,120	89,537

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.27 Tráfico de Contenedores del Puerto Corinto

## 5) Desarrollo

La EPN planea dragar el canal exterior del Puerto Corinto en 2014. Se estima que el volumen alcanzará 5,6 millones de m<sup>3</sup>. El costo del dragado fue de US\$12 por m<sup>3</sup> en la obra anterior, sin embargo, se estima que será de US\$5–7 por m<sup>3</sup> esta vez porque el costo de vertido y el costo de movilización de barcos pueden ser menores que la vez anterior. Además del dragado, la EPN desea mejorar el muelle Sur que no se utiliza en el presente. La EPN tiene la intención de reparar la grúa de muelle que está actualmente fuera de servicio. La productividad de la grúa pórtico del muelle es de 18 a 22 cajas por hora. La productividad de un aparejo de barco es de 13 a 15. Sin embargo, debido su alto costo por uso, sólo Maersk utilizó la grúa pórtico. El Puerto Corinto puede introducir un sistema de concesión en el futuro dentro de la nueva ley portuaria.

### D.1.4 Costa Rica

#### (1) Perspectiva general de Costa Rica



La República de Costa Rica mira hacia el Océano Pacífico y el Mar Caribe y tiene fronteras con Nicaragua y Panamá. Su superficie terrestre es de 51.100 km<sup>2</sup> y con una población de 4,72 millones en 2011. San José es la capital. El puerto de Caldera mira hacia el Océano Pacífico y el Puerto Limón-Moín mira hacia el Mar Caribe.

Sus industrias principales son la agricultura (café, banano y piña), manufactura (circuitos integrados y suministros médicos) y el turismo. El PIB es de US\$41.004 millones y su Per Cápita es de US\$8.678 en 2011. Es una nación democrática estable y el país más educado entre los países de CA.

Las exportaciones ascendieron a US\$10.408 millones y las importaciones a US\$16.219,5 millones en 2011. Las principales mercancías de exportación consisten en circuitos integrados, piezas de máquinas de procesamiento automático de datos, banano y piña, y las principales mercancías de importación consisten en combustibles, circuitos integrados y vehículos. Sus principales socios comerciales son los EE.UU., Holanda, China y los países de CA para la exportación, y los EE.UU., México, China y Japón para la importación.

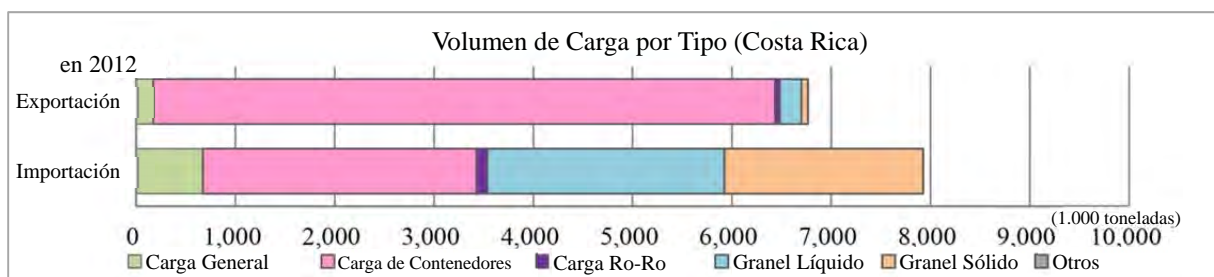
## (2) Puertos de Costa Rica

El Puerto Caldera se encuentra en la costa del Pacífico, y el Puerto Limón-Moín se ubica en la costa del Mar Caribe de Costa Rica. Los puertos sirven como puertas de entrada de Costa Rica al Océano Pacífico o al Mar Caribe. Además de estos dos puertos, varios terminales se localizan en todo el país.

Tabla D.20 Principales Puertos de Costa Rica

Lado del Pacífico	Caldera, Puntarenas, Punta Morales, Terminal Fertica, Quepos, Golfito
Lado del Mar Caribe	Limón-Moín

En 2012, la recalada de buques en estos puertos ascendió a 3.322 y el volumen de carga mediante estos puertos fue de 14.691.000 toneladas. Un desglose de carga de importación y exportación por clase se muestra en la Figura D.28. La carga de contenedores representa el 34,8% de carga de importación y 92,6% de carga de exportación. La Tabla D.21 muestra la tendencia de recaladas de barcos y el volumen de carga de estos puertos de 2007 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.28 Volumen de Carga de Principales Puertos de Costa Rica

Tabla D.21 Tendencia de Recaladas de Barcos y Manejo de Carga de Principales Puertos de Costa Rica

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
Recalada de Barcos		3,215	3,078	3,009	3,136	3,373	3,322
Volumen de Carga (1.000 toneladas)	Exportación	5,761	5,703	5,240	5,851	6,380	6,766
	Importación	7,913	8,233	6,829	7,623	7,827	7,926
	Total	13,674	13,936	12,069	13,474	14,207	14,691

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

### (3) Puerto Caldera

#### 1) Perspectiva general

El puerto se localiza a 9°54' de latitud Norte y 84°4' de longitud Oeste en la Bahía de Caldera en la costa del Pacífico y a 80 km Oeste de San José. Se sitúa a 510 km al Sur del Puerto Corinto en Nicaragua y a 870 km al Norte del Puerto de Balboa en Panamá yendo por mar. La red de carreteras está conectando a estas ciudades y el puerto, así como también a los países vecinos de América Central.

El puerto es un puerto multipropósito y una puerta de entrada al Océano Pacífico. Las principales cargas de importación son granos y contenedores, y las principales cargas de exportación consisten en carga general y frutas en contenedores.

El puerto fue privatizado en 2006 como resultado de los esfuerzos para la modernización de la gestión portuaria. El puerto es gestionado a comisión por la Asociación del Puerto de Caldera y la Asociación del Puerto de Caldera para Carga a Granel. La Sociedad Portuaria de Buenaventura de Colombia invirtió US\$50 millones por una tasa de interés de 51% en la concesión por 20 años. El 49% restante fue adquirido por otras dos empresas. El Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (INCOP) tiene función como regulador del puerto.

#### 2) Instalaciones portuarias

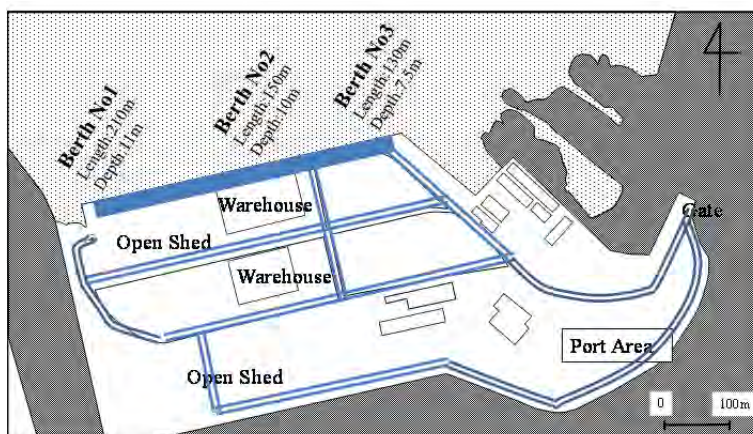
El canal de aproximación y el área de fondeadero tienen una profundidad mínima de 13 m (medida sobre la base del promedio de los más profundos). Las mareas en Puntarenas y Caldera son de 2,5 m (marea alta) y 0,3 m (marea baja) en promedio. En ciertos momentos, la variación puede ser hasta de 3,1 y -0,3 m.

El puerto tiene un muelle marginal de 490 m de largo para carga general y contenedores, que se divide en tres (3) atraques. El atraque N° 1 es utilizado por contenedores y buques de carga general, el atraque N° 2 por buques convencionales y buques portacontenedores así como también el atraque N° 3 por buques convencionales. La profundidad al costado de los atraques varía de 7 a 13 m. El área total de almacenamiento del puerto es de 70.000 m<sup>2</sup> y el almacén abarca 13.200 m<sup>2</sup> para manejar la carga general.

El tamaño máximo de los buques es de 25.000 DWT para el atraque N° 1, 15.000 DWT para el atraque N° 2 y 5.000 DWT para el atraque N° 3.



La Figura D.29 muestra la disposición de instalaciones portuarias, y el esquema de instalaciones principales se presenta en la Tabla D.22.



Fuente: Equipo de Estudio de la JICA

Figura D.29 Disposición del Puerto Caldera

Tabla D.22 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Caldera

Canal	Un canal natural de 13 m de profundidad			
Muelle	Atraque N°1	Longitud: 210 m	Ancho: 11 m	Tamaño máximo: 25.000 DWT
	Atraque N°2	Longitud: 150 m	Ancho: 10 m	Tamaño máximo: 15.000 DWT
	Atraque N°3	Longitud: 130 m	Ancho: 7,5 m	Tamaño máximo: 5.000 DWT
	(Profundidad: en marea baja de menos subida)			

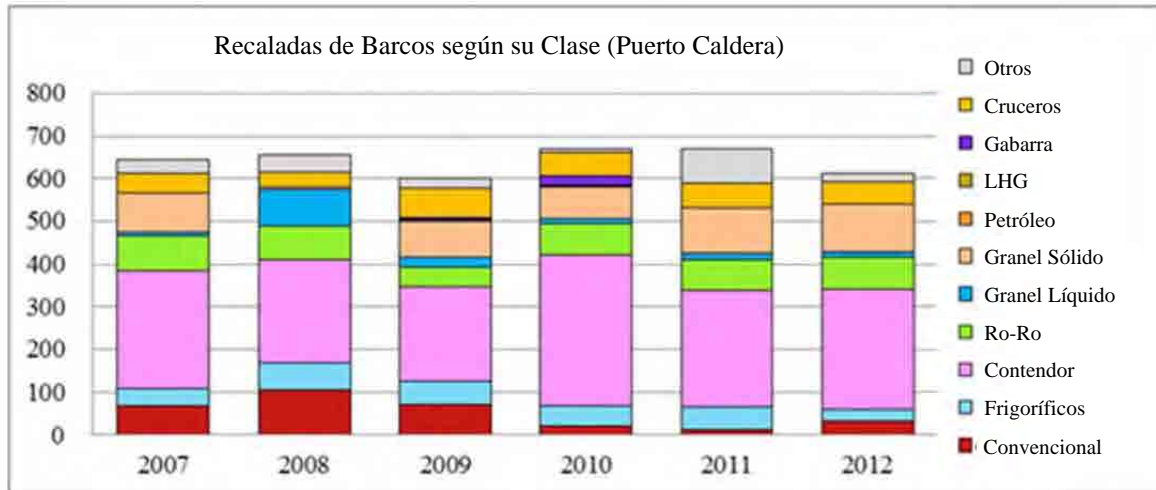
Fuente: sitio web de INCOP

### 3) Actividades portuarias

El Puerto Caldera recibió 611 buques y manejó aproximadamente 3,9 millones de toneladas de carga (3,2 millones de toneladas de carga de importación y 0,7 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

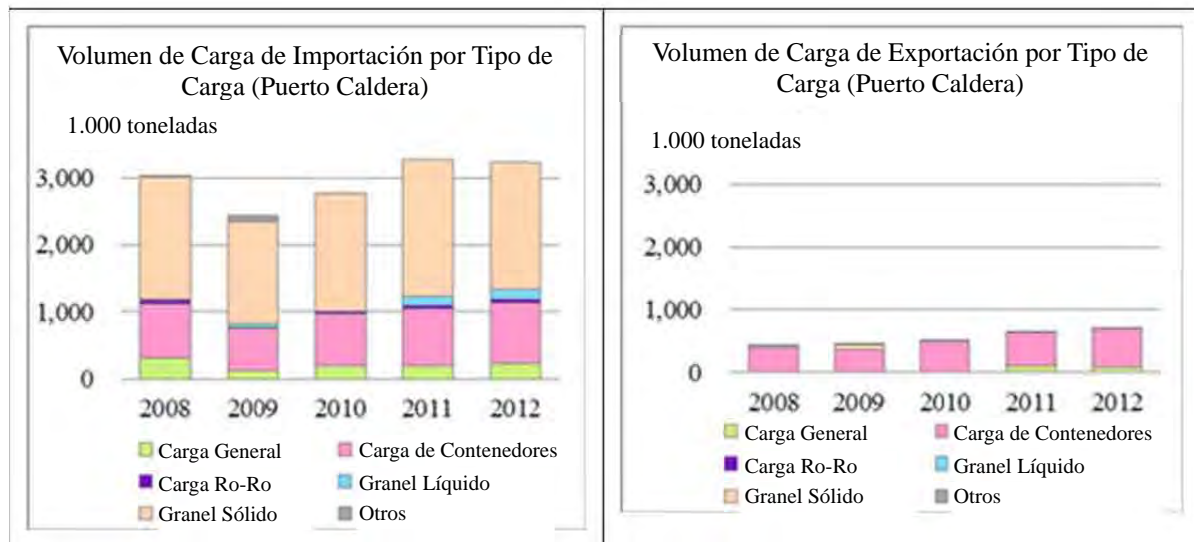
El desglose de los buques por clase es de 32 buques convencionales, 25 buques frigoríficos, 284 buques portacontenedores, 74 buques Ro-Ro, 12 buques a granel líquido, 112 buques a granel sólido, 51 cruceros y otras 20 clases de buques. La Figura D.30 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 225.000 toneladas de carga general, 991.000 toneladas de carga de contenedores, 57.000 toneladas de carga Ro-Ro, 141.000 toneladas de carga a granel líquido y 1.907.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 90.000 toneladas de carga general, 609.000 toneladas de carga de contenedores y 1.000 toneladas de carga a granel líquido. La Figura D.31 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2008 a 2012.



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.30 Recaladas de Barcos del Puerto Caldera según su Clase



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.31 Carga de Importación y Exportación del Puerto Caldera por Tipo

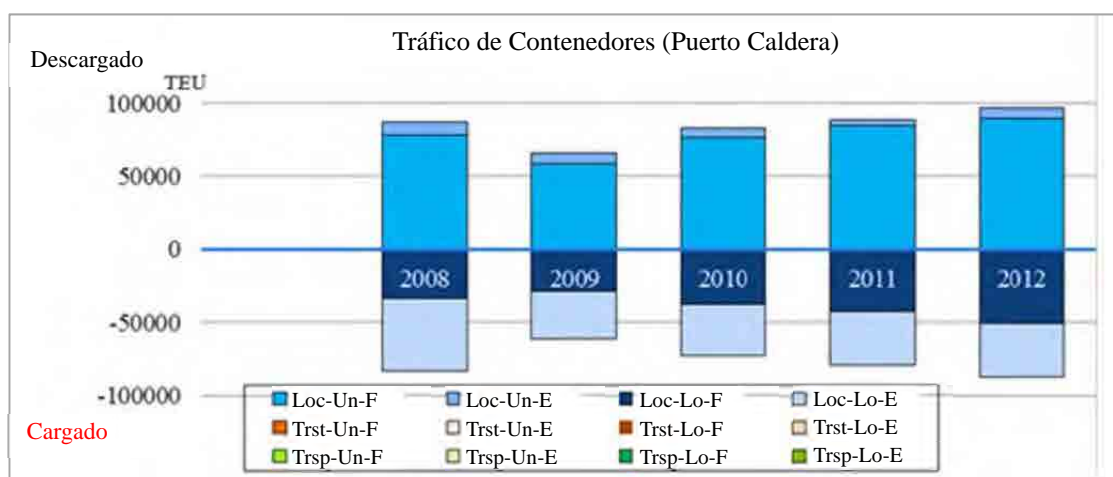
#### 4) Manejo de contenedores

El Puerto Caldera manejó 184.315 TEU de contenedores (139.923 TEU de contenedores llenos y 44.393 TEU de contenedores vacíos) en 2012. Todos los contenedores que se manejan en el puerto son contenedores locales. De 97.210 TEU de contenedores locales descargados, 89.360 TEU (91,9%) son de contenedores llenos y 7.850 TEU (8,1%) son de contenedores vacíos. De 87.105 TEU de contenedores locales cargados, 50.562 TEU (58,0%) son de contenedores llenos y 36.543 TEU (42,0%) son de contenedores vacíos. La Tabla D.23 y la Figura D.32 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Caldera de 2007 a 2012.

Tabla D.23 Tráfico de Contenedores del Puerto Caldera

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno		78,346	58,800	76,597	84,931	89,360
		Vacío		8,440	7,401	6,039	3,745	7,850
	Carga	Lleno		33,695	28,834	37,504	42,586	50,562
		Vacío		49,346	32,623	35,167	36,729	36,543
Tránsito	Descarga	Lleno		0	0	0	0	0
		Vacío		0	0	0	0	0
	Carga	Lleno		0	0	0	0	0
		Vacío		0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno		0	0	0	0	0
		Vacío		0	0	0	0	0
	Carga	Lleno		0	0	0	0	0
		Vacío		0	0	0	0	0
Total	Lleno			112,041	87,634	114,101	127,517	139,922
	Vacío			57,786	40,024	41,206	40,474	44,393
TOTAL				169,827	127,658	155,307	167,991	184,315

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM



Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.32 Tráfico de Contenedores del Puerto Caldera

#### 5) Desarrollo

La SPGC está construyendo un atraque para carga a granel al Noreste del atraque N° 3. El terminal es una estructura tipo delfín cuyas dimensiones son de 180 m de longitud, 13 m de profundidad y de 30 a 40 m de ancho. Está conectado a la punta del atraque N° 3 a través de un puente de 150 m de largo. Es capaz de acomodar un buque a granel de hasta 200 m de LOA y 42.000 DWT.

Uno de los problemas del Puerto Caldera es la congestión que obliga a buques a esperar para atracar. El puerto tiene una política de otorgar prioridad a cruceros que ha motivado quejas de compañías de transporte de contenedores. Sin embargo, buques portacontenedores se ven obligados a esperar no sólo por esto sino también porque ellos compiten con buques a granel para usar los atraques. Por lo tanto, el nuevo atraque para carga a granel mejorará la situación.

#### (4) Puerto Limón-Moín

##### 1) Perspectiva general

El Puerto Limón se localiza a 9°59'30" de latitud Norte y 8°03'48" de longitud Oeste en la costa del Mar Caribe y a 160 km Este de San José. El acceso ferroviario está disponible a San José y el acceso por carreteras está, también, disponible al puerto principal del país. El Puerto Moín se sitúa a 10°01'30" de latitud Norte y 8°05'00" de longitud Oeste y a 7 km del Puerto Limón.

El puerto es un puerto multipropósito y una puerta de entrada al costa del Mar Caribe y maneja el número más grande de contenedores en los países del CA5.

El puerto es gestionado por la Junta de Administración Portuaria y Desarrollo Económica de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA) que es una entidad pública estatal autónoma de Costa Rica.

La JAPDEVA gestiona el Puerto Moín y otros puertos en la costa del Mar Caribe de Costa Rica.

##### 2) Instalaciones portuarias

El Puerto Limón tiene un canal de acceso natural con una profundidad de 11,5 m.

Se encuentran varios muelles en el puerto: el Muelle Setenta que es de 325 m de longitud y tiene un atraque de 17 m de ancho con un calado de 7,5 m, el Muelle N°2-1 con una longitud de 180 m, los muelles N°3-1, 3-2 y 3-3 con una longitud de 300 m, un muelle marginal de contenedores de 450 m de largo con una profundidad de 9,5 m a 10 m y otro muelle con una longitud de 217 m. El atraque de contenedores está equipado con dos grúas pórtico de capacidad de 35 t. El Puerto Limón y el Puerto Moín son gestionados como solo un cuerpo por la JAPDEVA, aunque los contenedores son manejados en ambos puertos, sin embargo, los contenedores son manejados principalmente en el muelle de contenedores en el Puerto Limón.

El buque de tamaño máximo que el puerto recibe tiene un calado de 9,14 m según la Guía para Entrada en Puertos (2013/2014) por Shipping Guides Ltd.

El esquema de instalaciones principales se presenta en la Tabla D.24.

Tabla D.24 Principales Instalaciones Portuarias del Puerto Limón

Canal	Un canal de acceso natural de 11,5 m de profundidad
Muelle	Muelle Setenta/ Longitud: 325 m, Calado: 7,5 m Muelle N°2-1/ Longitud: 180 m, Calado: 7,5 m Muelles N°3-1, 3-2 y 3-3/ Longitud: 300 m, Calado: 10 m Muelle de contenedores/ Longitud: 450 m, Calado: 9,5 m a 10 m

Fuente: sitio web de JAPDEVA

### 3) Actividades portuarias

El Puerto Limón-Moín recibió 2.223 buques y manejó aproximadamente 10,3 millones de toneladas de carga (4,6 millones de toneladas de carga de importación y 5,8 millones de toneladas de carga de exportación) en 2012.

El desglose de los buques por clase es de 204 buques convencionales, 629 buques frigoríficos, 1.131 buques portacontenedores, 54 buques Ro-Ro, 32 buques a granel líquido, 2 buques a granel sólido, 1 petrolero, 115 LHG, 60 cruceros y otras 4 clases de buques. La Figura D.33 muestra la tendencia de recalada de barcos de 2007 a 2012.

El desglose del volumen de carga de importación por tipo de carga es de 446.000 toneladas de carga general, 1.845.000 toneladas de carga de contenedores, 52.000 toneladas de carga Ro-Ro, 2.212.000 toneladas de carga a granel líquido y 1.000 toneladas de carga a granel sólido. El desglose del volumen de carga de exportación es de 45.000 toneladas de carga general, 5.653.000 toneladas de carga de contenedores, 48.000 toneladas de carga Ro-Ro y 22.000 toneladas de carga a granel líquido. La Figura D.34 muestra la tendencia de carga de importación y exportación de 2008 a 2012.

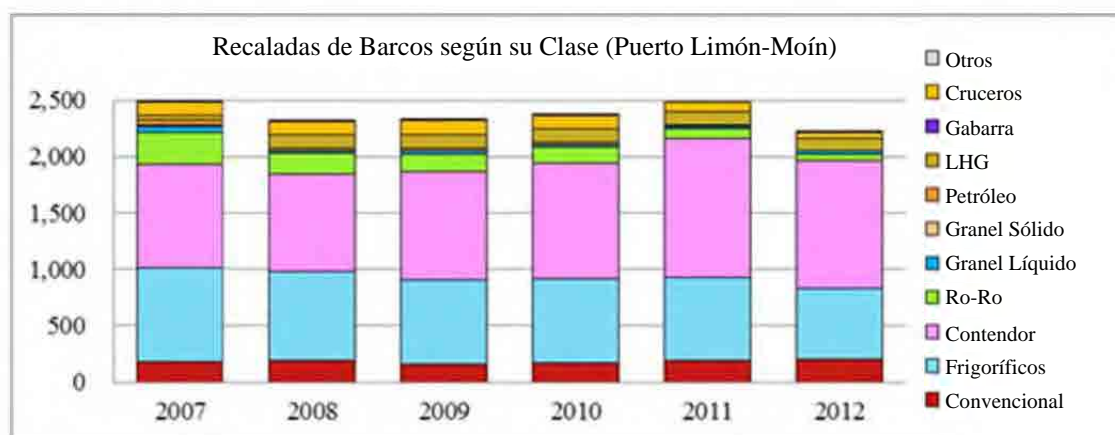


Figura D.33 Recaladas de Barcos del Puerto Limón-Moín según su Clase

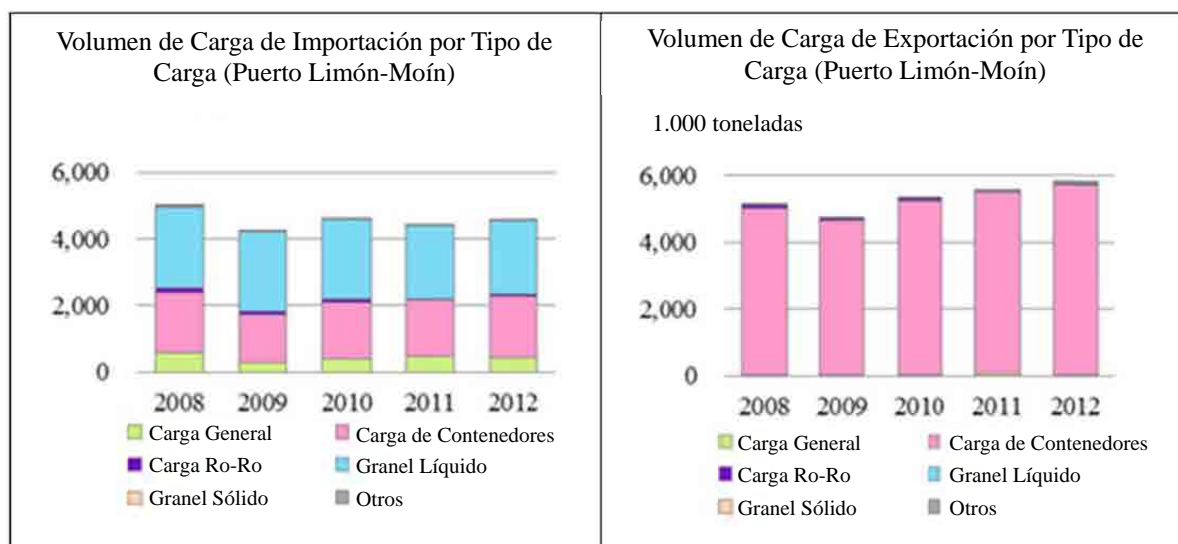


Figura D.34 Carga de Importación y Exportación del Puerto Limón-Moín por Tipo

#### 4) Manejo de contenedores

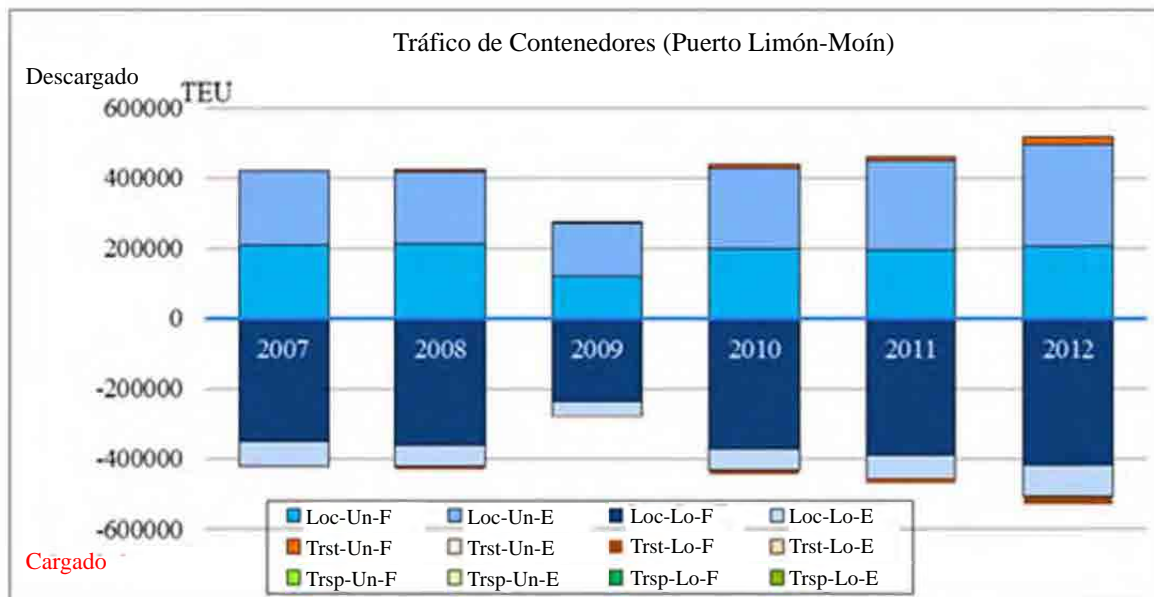
El Puerto Limón-Moín manejó un total de 1.045.215 TEU de contenedores (666.540 TEU de contenedores llenos y 378.675 TEU de contenedores vacíos) en 2012. El 95,8% del total, es decir 1.001.341 TEU, son de contenedores locales mientras que 43.873 TEU (4,2%) son de contenedores de tránsito y ningún contenedor de transbordo es manejado. De 49.231 TEU de contenedores locales descargados, 205.582 TEU (41,7%) son de contenedores llenos y 287.649 TEU (58,3%) son de contenedores vacíos. De 1.508.110 TEU de contenedores locales cargados, 417.085 TEU (82,1%) son de contenedores llenos y 91.025 TEU (17,9%) son de contenedores vacíos. Casi todos los contenedores de tránsito (21.999 TEU de contenedores descargados y 21.874 TEU de contenedores cargados) son contenedores llenos. La Tabla D.26 y la Figura D.35 muestran la tendencia de tráfico de contenedores del Puerto Limón-Moín de 2007 a 2012.

Tabla D.25 Tráfico de Contenedores del Puerto Limón-Moín

Año			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Local	Descarga	Lleno	209,678	211,878	120,371	199,186	197,202	205,582
		Vacío	210,122	205,466	148,390	226,963	249,801	287,649
	Carga	Lleno	351,459	360,798	237,551	370,054	389,600	417,085
		Vacío	71,001	60,729	39,526	62,868	65,760	91,025
Tránsito	Descarga	Lleno	0	7,184	4,469	10,938	12,510	21,999
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	7,188	4,396	10,899	12,577	21,874
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Transbordo	Descarga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
	Carga	Lleno	0	0	0	0	0	0
		Vacío	0	0	0	0	0	0
Total	Lleno	561,135	587,047	366,786	591,075	611,890	666,540	
	Vacío	281,124	266,193	187,916	289,831	315,560	378,675	

Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM





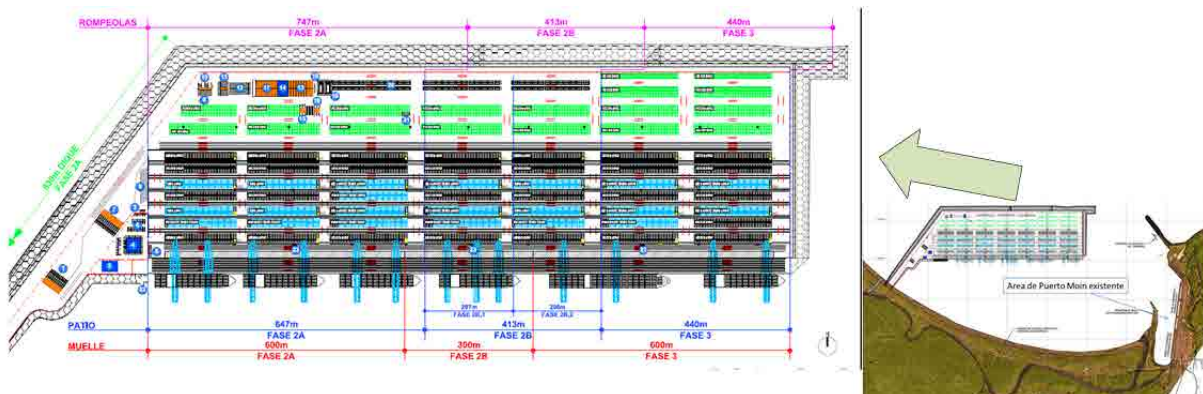
Fuente: elaborado con datos del sitio web de COCATRAM

Figura D.35 Tráfico de Contenedores del Puerto Limón-Moín

### 5) Desarrollo

El Puerto Limón aspira al ciudad-puerto de Limón y el área portuaria existente se reformulará en un terminal de cruceros, un puerto deportivo y un puerto pesquero. El Banco Mundial financia alrededor de US\$80 millones (PUERTO LIMÓN Y PUERTO MOÍN)

Por otro lado, en el área del Puerto Moín, se desarrollarán un terminal de contenedores (TCM), un terminal petrolero y un terminal multipropósito. El proyecto TCM es un proyecto ambicioso que pretende construir un gran terminal de contenedores que tiene un rompeolas de 2,2 km de largo, un muelle de 1,5 km de largo con 13 grúas pórtico y un área total de 79,2 ha. Su capacidad será de 29.000 TEU. El Gobierno de la República promueve la construcción y operación del TEM a través de una concesión de 33 años. El tráfico de contenedores del Puerto Limón-Moín es de más de un millón en 2012 y se estima que aumenta a una tasa del 6,0% anualmente. Según la JAPDEVA, está previsto que se cierre el terminal de contenedores existente después de la inauguración del TCM. La APM ha expresado su interés y ha avanzado con los procedimientos necesarios. Sin embargo, el proyecto está retrasado actualmente.



Fuente: Complejo Portuario Limón-Moín (JAPDEVA)

Figura D.36 Proyecto TCM

## D.2 Detalle del Submodelo de Transporte Marítimo

El tiempo de transporte marítimo,  $TM_{rs}$ , que se presenta en la Ecuación (7) en 9.6.1 se estima a partir del output del submodelo de transporte marítimo que se ha desarrollado por OCDI. El detalle del submodelo de transporte marítimo es como sigue.

### D.2.1 Concepto básico del modelo

El modelo se define como una premisa para asignar la carga de contenedores en la red de transporte marítimo elaborado a partir de la base de datos de MDS como mencionado en 9.5.1. Cada red de transporte marítimo se estructura como se muestra en la Figura D.1. Cada servicio del mismo transportador se conecta a través de *los nexos de carga, descarga y transbordo* en un puerto si los buques de servicio recalán en el mismo puerto. Los contenedores que no se cargan ni se descargan en el puerto pasan por *un nexo de anclaje* en el puerto y se van al próximo puerto a *un nexo de navegación*. Una red similar de transporte de contenedores se estructura por servicio para cada transportador. Cada contenedor del expedidor elegirá un nexo “óptimo” del nodo de origen (nodo O) de un puerto para exportación al nodo de destino (nodo D) de un puerto para importación. Los nodos O y D están establecidos por puerto, pero no por transportador; en otras palabras, los expedidores que desearían transportar un contenedor elegirán un transportador al principio, lo que se describe en la red del modelo como que están pasando por *un nexo de elección de un transportador* al principio y final del transporte.

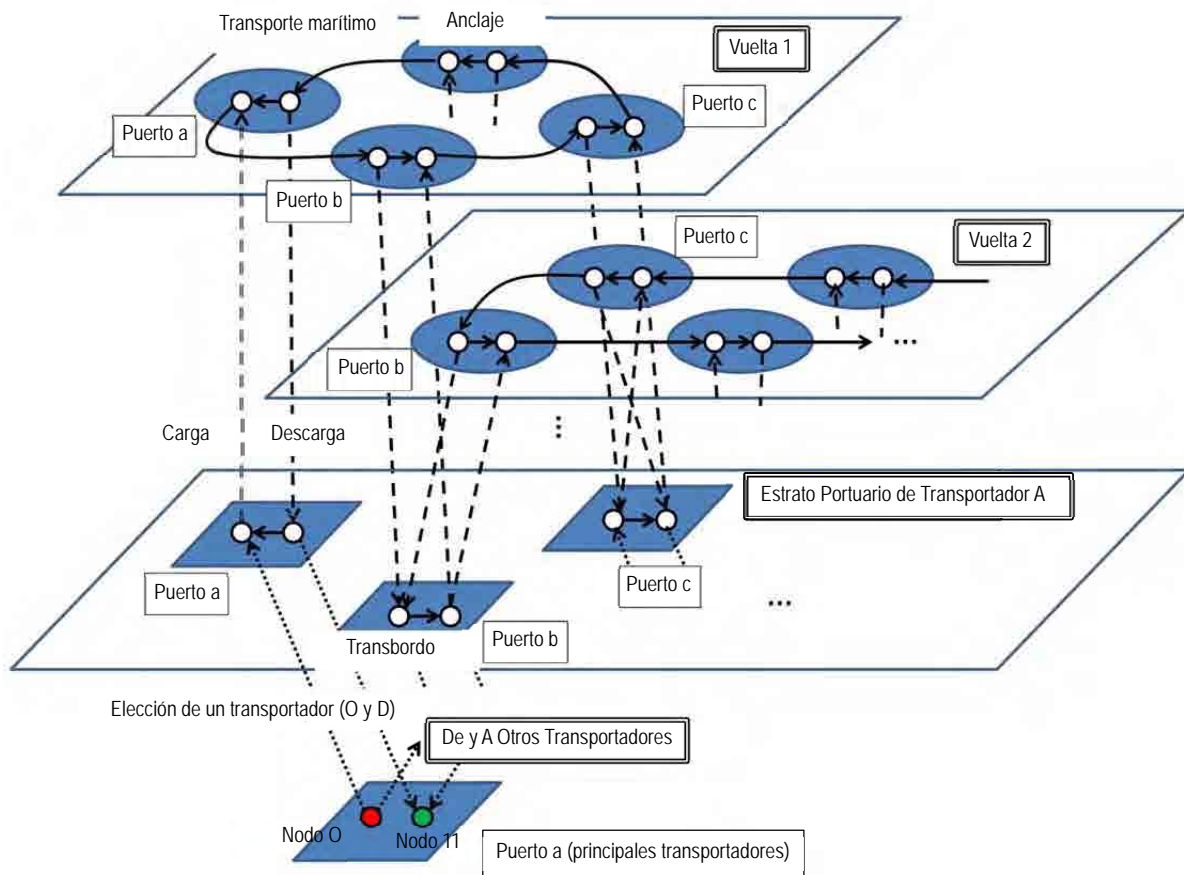


Figura D.37 Estructura de la red del submodelo

(Fuente: Shibasaki, et al. 2013)



En este submodelo, se asume todos los contenedores de cada par O-D eligen una ruta para minimizar su tiempo total de tránsito, incluyendo el transporte marítimo, el manejo de los puertos y el tiempo de espera para las salidas, entre otros. En otras palabras, el expedidor elige un transportador, considerando sólo el tiempo de tránsito que cada transportador puede asignar, sin tomar en cuenta el precio (flete) en lo más mínimo. Este supuesto se basa en la idea de que el mercado internacional de transporte de contenedores marítimos es de oligopolio, sin embargo, un flete para un par O-D es lo mismo entre transportadores si el servicio es prestado y utilizado; no obstante, se asume que el mercado es de competencia de Cournot y de Bertrand (el flete marítimo se estima a partir de un modelo simple de demanda y oferta que se describirá en la próxima sección, reflejando el estado del mercado de transporte).

Los buques de cada servicio tienen sus propias capacidades, por lo que existe una diseconomía de escala al concentrarse en un servicio específico. Debido a un exceso de capacidad por la concentración, buques portacontenedores pueden experimentar retrasos, o en el peor caso, algunos contenedores pueden quedarse atrás y tienen que esperar para el próximo buque. En este sentido, se considera la congestión del nexo cuando un contenedor se carga en un buque portacontenedor y se aplica una asignación de Equilibrio del Usuario (EU) como la metodología de asignación de redes. El problema se define como la siguiente formulación de acuerdo al primer principio de Wardrop.

$$\min_x z(x) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(x_a) dx \quad (D.1)$$

Sujeto a

$$x_a = \sum_{(r,s) \in O \times D} \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{a,k}^{rs} \cdot f_k^{rs} \quad \forall a \quad (D.2)$$

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - q_{rs} = 0 \quad \forall r, s \quad (D.3)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k, r, s \quad (D.4)$$

donde  $a$ : nexo,  $A$ : conjunto de nexos,  $x_a$ : flujo del nexo  $a$ ,  $t_a(\cdot)$ : función del costo del nexo  $a$ ,  $z(\cdot)$ : función objetiva,  $r$ : origen,  $s$ : destino,  $O$ : conjunto de orígenes,  $D$ : conjunto de destinos,  $k$ : ruta,  $K_{rs}$ : conjunto de rutas para el par O-D  $rs$ ,  $\delta_k^{rs}$ : delta de Kronecker,  $f_k^{rs}$ : flujo en la ruta  $k$  y  $q_{rs}$ : demanda de transporte de carga de  $r$  a  $s$ . La delta de Kronecker,  $\delta_k^{rs}$ , se escribe como

$$\delta_{a,k}^{rs} = \begin{cases} 1 & \text{if } a \in k \\ 0 & \text{if } a \notin k \end{cases} \quad (D.5)$$

## D.2.2 Definición de la función del costo del nexo

### (1) Nexo de navegación

Como fue mencionado en la sección anterior, en funciones del costo de todos los nexos, sólo el tiempo de tránsito está considerado. En el nexo de navegación que conecta cada puerto, el tiempo de transporte marítimo y la congestión son se consideran.

$$t_m(x_a) = \frac{l_a}{v_a} + TW_{a'} \cdot bl \left( \frac{x_a}{cap_a \cdot freq_a} \right)^{b2} \quad (D.6)$$

donde  $t_m$ : costo del nexo de navegación (hora),  $x_a$ : flujo de carga de contenedores del nexo  $a$  (TEU/año),  $l_a$ : distancia del nexo  $a$  (NM),  $v_a$ : velocidad del buque del nexo  $a$  (nudo),  $a'$ : nexo de carga en el puerto de salida del nexo de navegación  $a$ ,  $TW_{a'}$ : tiempo de espera anticipado para la carga del nexo de carga  $a'$  (hora),  $cap_a$ : capacidad promedio del buque en vuelta (TEU/buque),  $freq_a$ : frecuencia del servicio en vuelta (buques/año) y  $b1$ ,  $b2$ : parámetros desconocidos relacionados con la congestión.

El primer término de la Ecuación (D.6) es el tiempo de transporte. El segundo término representa el tiempo de retraso debido a la congestión. El tiempo de retraso se define por el producto del tiempo de espera para la carga como se presenta en la Ecuación (D.7) y la función de la congestión que puede tener alguna relación con un factor de carga ( $x_a/cap_a/freq_a$ ).

$$TW_{a'} = \frac{1}{2} \cdot \frac{YH}{freq_a} \quad (D.7)$$

donde YH: constante para la conversión de un año a horas (52 (semanas/año) · 7 (días/semana) · 24 (horas/día) = 8.736 (horas/año)). El término (YH/freq<sub>a</sub>) representa las horas de duración de cada buque en vuelta. Se asume que el tiempo de espera anticipado es la mitad.

## (2) Nexo de carga

El costo del nexo  $t_l$  (hora) de un nexo de carga  $a$  se define como la suma del tiempo de carga y del tiempo de espera anticipado para la salida.

$$t_l(x_a) = TL_a + TW_a \quad (D.8)$$

## (3) Nexo de descarga, anclaje y transbordo

Los costos de los nexos de descarga, anclaje y transbordo se definen como

$$t_u(x_a) = TU_a \quad (D.9)$$

$$t_n(x_a) = TN_a \quad (D.10)$$

$$t_r(x_a) = TR_a \quad (D.11)$$

donde  $t_u$ : costo del nexo de descarga (hora),  $t_n$ : costo del nexo de anclaje (hora),  $t_r$ : costo del nexo de transbordo (hora),  $TU_a$ : tiempo de descarga del nexo de descarga  $a$  (hora),  $TN_a$ : tiempo de anclaje del nexo de anclaje  $a$  (hora) y  $TR_a$ : tiempo de transbordo del nexo de transbordo  $a$  (hora).

## (4) Nexo de elección de un transportador

En este modelo, el transporte de contenedores utilizando transportadores múltiples no está permitido. (En otras palabras, cada contenedor debe transportarse por sólo un transportador.) Por

lo tanto, el costo del nexo de elección de un transportador,  $t_c$  (hora), tiene que fijarse en un número suficientemente grande para evitar transbordo de contenedores entre transportadores.

$$t_c(x_a) = SLN \quad (D.12)$$

donde SLN: número suficientemente grande (en este modelo, SLN se fija en 104 horas).

### D.2.3 Solución

De las redes en este modelo, sólo el nexo de navegación tiene una función del costo dependiente del flujo. Las funciones del costo de otros nexos son independientes de los flujos. Por lo tanto, el problema EU definido en la Ecuación (D.1) se resolverá en el algoritmo presentado por Sheffi en 1985.

### D.2.4 Tiempo de transporte marítimo

Según la definición de una “asignación de Equilibrio del Usuario” que se aplica en el submodelo de transporte marítimo, “los tiempos de viaje en todas las rutas realmente que se han utilizado realmente son iguales y menos que aquellos que experimentaría un solo vehículo en cualquier ruta no usada” (el primer principio de Wardrop, 1952). Por lo tanto, el tiempo de transporte marítimo,  $TM_{rs}$ , en la Ecuación (7) en 9.6.1 se define como:

$$TM_{rs} = \min_k \left\{ \sum_{a \in k} t_a(x_a) \right\}. \quad (D.13)$$

### D.2.5 Costo monetario de tiempo del transporte marítimo

El costo monetario de cada nexo incluido en el submodelo de transporte marítimo, que se necesita para el cálculo del costo de flete marítimo descrito en 9.6.3, se define por cada TEU como sigue:

#### (1) Nexo de navegación

El costo de navegación consiste en el costo del combustible, el costo de capital, el costo de operación y el peaje del canal.

$$c_m(x_a) = \left\{ (FC_a + CC_a + OC_a) \cdot \frac{l_a/v_a}{24} + CT_a \right\} \frac{x_a}{freq_a}, \quad (D.14)$$

donde FCa: costo del combustible de un buque portacontenedor (US\$/buque/día), CCa: costo de capital de un buque portacontenedor (US\$/buque/día), OCa: costo de operación de un buque portacontenedor (US\$/buque/día) y CTa: peajes de los canales de Panamá y Suez para un buque contenedor (US\$/buque). El término  $x_a/freq_a$  representa el monto promedio de contenedores transportados en un buque.

El costo del combustible, FCa, se define como

$$FC_a = FP \cdot FR_a \cdot \frac{cap_a}{Vcap_a}, \quad (D.15)$$

donde FP: precio del combustible (US\$/tonelada; fijamos que FP = 587,0 del precio promedio en 2010), FRa: tasa de consumo del combustible de un buque portacontenedor (tonelada/día) y Vcapa: tamaño de un buque portacontenedor (TEU/buque). Se debe hacer notar que capa se define como la capacidad de cada compañía naviera; por lo tanto, es distinto a Vcapa en caso que la capacidad del buque sea compartida (cooperada o fletada) por múltiples compañías. La tasa de consumo del combustible, FRa, se define según el conocimiento de la ingeniería marítima como

$$FR_a = \frac{6.49 * DWT_a^{\frac{2}{3}} \cdot v_a^3}{10^6}, \quad (D.16)$$

donde DWTa: tonelaje de peso muerto de un buque se define como

$$DWT_a = 11.89 \cdot Vcap_a + 4414.0. \quad (D.17)$$

El costo de capital de un buque portacontenedor, CCa, se define como

$$CC_a = SP_a \cdot \left\{ \frac{ir}{1 - (1+ir)^{-PP}} \right\} \cdot \frac{1}{365 \cdot ODR} \cdot \frac{cap_a}{Vcap_a}, \quad (D.18)$$

donde SPa: precio de un buque portacontenedor (US\$/buque), ir: tasa de interés (fijamos que ir = 0,02), PP: período de del proyecto (año; fijamos que PP = 15) y ODR: tasa de operación por día (fijamos que ODR = 0,9, es decir, 365\*0,9 = 329 días en operación por año). El término  $ir/\{1-(1+ir)^{-pp}\}$  representa la tasa de pago anual según el cálculo de interés compuesto. El precio de un buque portacontenedor, SPa, se estima a partir del informe de Drewry como

$$SP_a = (0.0099 \cdot Vcap_a + 8.0) \cdot 10^6. \quad (D.19)$$

El costo de operación de un buque portacontenedor, CCa, incluyendo la dotación, el seguro, los almacenes, los repuestos, el aceite lubricante, la investigación y desarrollo y el costo de administración, también, se estima a partir del informe de Drewry como

$$OC_a = (0.7915 \cdot Vcap_a + 4276.0) \cdot \frac{cap_a}{Vcap_a}. \quad (D.20)$$

Los peajes los canales, CTa, se definen respectivamente como

$$CT_a = 72.0 \cdot \frac{x_a}{freq_a} \text{ para el Canal de Panamá, y} \quad (D.21)$$

$$CT_a = SDRrate \cdot (\beta_1 \cdot scrnt_a + \beta_2) \text{ para el Canal de Suez} \quad (D.22)$$

donde SDRrate: tasa de conversión de SDR (unidad de cuenta para el Canal de Suez) a US\$ (fijamos que SDRrate = 1,5 a partir del promedio en 2010), scrnta: tonelaje neto de un buque portacontenedor para el Canal de Suez y  $\beta_1, \beta_2$ : coeficientes establecidos por la Autoridad del Canal de Suez. Se debe hacer notar que el peaje del Canal de Panamá se establece para contenedores (es decir, 72,0 US\$/TEU) y el peaje del Canal de Suez se fija para buques, para que el peaje por TEU disminuya como el tamaño del buque aumente. El tonelaje neto de un buque portacontenedor para el Canal de Suez, scrnta, se define como

$$scrnt_a = 10.92 \cdot Vcap_a - 1137.0. \quad (D.23)$$

Los coeficientes  $\beta_1$  y  $\beta_2$  se fijan según el tonelaje neto para el Canal de Suez como se presenta en la Tabla D.26.

Tabla D.26 Coeficiente fijado según el tonelaje neto para el Canal de Suez (scrnta) en la Ecuación

(fuente: Autoridad del Canal de Suez)

$scrnt_a$		$\beta_1$	$\beta_2$
de	a		
0	5000	7.65	0
5000	10000	5.00	38,250
10000	20000	4.00	63,250
20000	40000	2.80	103,250
40000	70000	2.60	159,250
70000	120000	2.05	237,250
120000		1.95	339,750

## (2) Nexos de carga, descarga, transbordo y elección de un transportador

En estos nexos, el derecho portuario (tasa de manejo en el terminal, THCa) debe considerarse. A fin de reflejar un hecho empírico que la tasa de manejo para el transbordo es inferior al doble de la misma para la carga o descarga, el costo de cada nexo se define como

$$c_l(x_a) = SSN, \quad (D.24)$$

$$c_u(x_a) = SSN, \quad (D.25)$$

$$c_r(x_a) = 1.5 \cdot CHC_a, \quad (D.26)$$

$$c_e(x_a) = CHC_a, \quad (D.27)$$

donde  $c_l$ : función del costo del nexo de carga (US\$/TEU),  $c_u$ : función del costo del nexo de descarga (US\$/TEU),  $c_r$ : función del costo del nexo de transbordo (US\$/TEU),  $c_e$ : función del costo del nexo de elección de un transportador (US\$/TEU), SSN: número suficientemente pequeño (en este modelo, fijamos que  $SSN = 0,01$  US\$) y  $CHC_a$ : tasa de manejo de contenedores cuando la carga de contenedores se carga o descarga en el puerto a (US\$). Se debe notar que a fin de evitar producir un costo negativo del nexo en el nexo de transbordo, las tasas de manejo se imponen en el nexo de elección de un transportador, no en los nexos de carga y descarga.

### D.2.6 Puertos en el modelo

La red de transporte marítimo en todo el mundo está cubierta en este modelo. En principio, todos los puertos de contenedores donde el tráfico fue de más de 500.000 TEU por año (en 2010, los contenedores domésticos y vacíos están incluidos) se consideran. Según la base de datos CI-online, existieron 155 puertos del mundo en donde el tráfico superó 500.000 TEU en 2010. Asimismo, varios puertos se añaden o eliminan como sigue:

-Tres puertos chinos (Taicang, Nankín y Zhangjiagang) son eliminados, porque no hay o hay muy pocos datos en la base de datos de MDS sobre el movimiento de los buques

portacontenedores con respecto a los buques que recalán en estos puertos está disponible. (Las figuras presentadas en paréntesis representan la clasificación CI de 2010.) La falta de datos puede ser debido a que la mayoría de carga manejada en estos puertos es de contenedores domésticos (o de enlace).

-El puerto de Shénzhen en China se divide en dos puertos: i) el terminal de Yantian y ii) el terminal de Shekou y otros terminales, puesto que estos dos terminales se ubican en los lados opuestos del puerto de Hong Kong y ambos puertos no son irrelevantes. Al separarlos en dos puertos, se hace más fácil hacer una red de transporte marítimo.

-Por otro lado, los puertos de Singapur y Jurong en Singapur, los puertos de Manzanillo y Cristóbal en Panamá, los puertos de Alejandría y El Dekheila en Egipto y los puertos de Odesa y Ilichovsk en Ucrania se tratan como un puerto respectivamente, puesto que estos puertos están ubicados a poca distancia entre sí, con algunos de ellos todavía ubicados en la misma ciudad.

-El puerto de Fuzhóu en China, el puerto de Taichung en Taiwán, el puerto de Londres en R.U., el puerto de Tema en Ghana y el puerto de Lagos (Apapa) en Nigeria se agregan a la lista. Aunque estos cinco puertos no se enumeraron en CI-online, los autores estiman a partir de otras fuentes que se manejó más de 500.000 TEU de carga de contenedores en estos puertos en 2010.

La lista de los puertos se presenta en Tabla D.27 incluyendo puertos adicionales en los países del CA4 y el Puerto de Houston como se menciona en 9.5.3. Como resultado, el número de puertos incluido en el modelo revisado, es de 164 como se muestra en la Figura 9.52 del Capítulo 9. También, se presenta el tráfico y número total de contenedores de transbordo, los cuales son utilizados para la estimación de carga OD que se presenta en la siguiente sección:

Tabla D.27 Puertos incluidos en el modelo y su tráfico

(fuente: elaborado por los autores a partir de la base de datos CI-online y Drewy Maritime Research, 2011)

N°	Nombre del puerto	País	País/región en la GTN	Tráfico anual (1.000 TEU, 2010)	Contenedor de transbordo (1.000 TEU, 2010)	Tasa de transbordo
1	Tokio	Japón	Japón	4,285	689*	16.1%*
2	Yokohama	Japón	Japón	3,281	528*	16.1%*
3	Nagoya	Japón	Japón	2,549	410*	16.1%*
4	Osaka	Japón	Japón	1,980	318*	16.1%*
5	Kobe	Japón	Japón	2,556	411*	16.1%*
6	Hakata	Japón	Japón	749	120*	16.1%*
7	Busan	Corea del Sur	Corea del Sur	14,194	6,272	44.2%
8	Gwangyang	Corea del Sur	Corea del Sur	2,085	335*	16.1%*
9	Incheon	Corea del Sur	Corea del Sur	1,903	306*	16.1%*
10	Dalián	China	China	5,242	843*	16.1%*
11	Yingkou	China	China	3,338	537*	16.1%*
12	Tianjín/Xingang	China	China	10,080	1,621*	16.1%*
13	Qingdáo	China	China	12,012	1,931*	16.1%*
14	Lianyungáng	China	China	3,870	2,728	70.5%
15	Shangháí	China	China	29,069	6,263	21.5%
16	Ningbó	China	China	13,144	1,830	13.9%
17	Fuzhóu	China	China	1,223 (2009)	197*	16.1%*

N°	Nombre del puerto	País	País/región en la GTN	Tráfico anual (1.000 TEU, 2010)	Contenedor de transbordo (1.000 TEU, 2010)	Tasa de transbordo
18	Quanzhóu	China	China	1,051	169*	16.1%*
19	Xiamén	China	China	5,820	936*	16.1%*
20	Shénzhen (Yantián)	China	China	10,134	662	6.5%
21	Shénzhen (Shekou, Chiwan, Bahía de Dachan)	China	China	12,376	5,123	41.4%
22	Cantón (Nanshá, Huangpú)	China	China	12,550	6,119	48.8%
23	Hong Kong	Hong Kong	Hong Kong	23,699	5,808	24.5%
24	Keelung	Taiwán	Taiwán	1,963	316*	16.1%*
25	Taichung	Taiwán	Taiwán	1,193 (2009)	192*	16.1%*
26	Kaohsiung	Taiwán	Taiwán	9,181	4,866	53.0%
27	Manila	Filipinas	Filipinas	3,155	507*	16.1%*
28	Davao	Filipinas	Filipinas	524	84*	16.1%*
29	Hai Phong	Vietnam	Vietnam	954	91*	9.6%*
30	Ho Chí Minh	Vietnam	Vietnam	3,856	369*	9.6%*
31	Cai Mep/Vung Tau	Vietnam	Vietnam	512	49*	9.6%*
32	Laem Chabang	Tailandia	Tailandia	5,068	485*	9.6%*
33	Bangkok	Tailandia	Tailandia	1,453	139*	9.6%*
34	Pasir Gudang	Malasia	Malasia	876	84*	9.6%*
35	Tanjung Pelepas	Malasia	Malasia	6,530	5,988	91.7%
36	Port Klang	Malasia	Malasia	8,872	5,437	61.3%
37	Penang	Malasia	Malasia	1,106	106*	9.6%*
38	Singapur/Jurong	Singapur	Singapur	29,179	24,631	84.4%
39	Tanjung Perak (Surabaya)	Indonesia	Indonesia	2,427	232*	9.6%*
40	Tanjung Priok (Yakarta)	Indonesia	Indonesia	4,613	441*	9.6%*
41	Chittagong	Bangladés	Otro Subcontinente Indiano	1,329	374*	28.2%*
42	Calcuta	India	India	526	148*	28.2%*
43	Chennai/Madrás	India	India	1,520	428*	28.2%*
44	Jawaharlal Nehru (JNPT)/Nhava Sheva	India	India	4,752	1,339*	28.2%*
45	Mundra	India	India	1,149	324*	28.2%*
46	Colombo	Sri Lanka	Otro Subcontinente Indiano	4,137	3,078	74.4%
47	Puerto Mohammad Bin Qasim	Pakistán	Pakistán	779	219*	28.2%*
48	Karachi	Pakistán	Pakistán	1,370	386*	28.2%*
49	San Petersburgo	Rusia	Rusia	1,931	232	12.0%
50	Vancouver Colombia Británica	Canadá	Canadá	2,514	141*	5.6%*
51	Seattle	EE.UU.	EE.UU. (Pacífico Norte)	2,134	119*	5.6%*
52	Tacoma	EE.UU.	EE.UU. (Pacífico Norte)	1,455	81*	5.6%*
53	Oakland	EE.UU.	EE.UU. (Pacífico Sur)	2,330	130*	5.6%*
54	Los Ángeles	EE.UU.	EE.UU. (Pacífico Sur)	7,832	438*	5.6%*
55	Long Beach	EE.UU.	EE.UU.	6,263	351*	5.6%*

N°	Nombre del puerto	País	País/región en la GTN	Tráfico anual (1.000 TEU, 2010)	Contenedor de transbordo (1.000 TEU, 2010)	Tasa de transbordo
			(Pacífico Sur)			
56	Honolulu	EE.UU.	EE.UU. (Pacífico Sur)	939	53*	5.6%*
57	Manzanillo (México)	México	México	1,509	460*	30.5%*
58	Lázaro Cárdenas	México	México	796	242*	30.5%*
581	Puerto Quetzal	Guatemala	Centro América	265***	32***	11.9%***
582	Acajutla	El Salvador	Centro América	147***	0	0.0%
583	La Unión	El Salvador	Centro América	0	0	-
584	San Lorenzo	Honduras	Centro América	0	0	-
585	Corinto	Nicaragua	Centro América	65***	1.2	1.9%***
586	Caldera	Costa Rica	Centro América	155***	0	0.0%
59	Balboa	Panamá	Centro América	2,759	2,621	95.0%
60	Manzanillo (Panamá)/ Cristóbal/Colón	Panamá	Centro América	2,289	1,562	68.2%
61	Puerto Limón	Costa Rica	Centro América	858	261*	30.5%*
62	Puerto Cortés	Honduras	Centro América	539	164*	30.5%*
621	San Tomás de Castilla/ Puerto Barrios	Guatemala	Centro América	732***	109***	15.0%***
63	Veracruz	México	México	663	202*	30.5%*
64	San Juan	EE.UU. (Puerto Rico)	Cuenca del Caribe	1,526	465*	30.5%*
65	Caucedo	República Dominicana	Cuenca del Caribe	1,005	306*	30.5%*
66	Kingston	Jamaica	Cuenca del Caribe	1,892	1,627	86.0%
67	Freeport	Bahamas	Cuenca del Caribe	1,125	1,114	99.0%
68	Houston/Galveston/ Freeport (EE.UU.)	EE.UU.	EE.UU. (Golfo)	1,890	106*	5.6%*
681	Nueva Orleans/Gulfport	EE.UU.	EE.UU. (Golfo)	635	35*	5.6%*
69	Miami	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Sur)	847	47*	5.6%*
70	Puerto Everglades	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Sur)	793	44*	5.6%*
71	Jacksonville	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Sur)	857	48*	5.6%*
72	Savannah	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Sur)	2,825	158*	5.6%*
73	Charleston	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Sur)	1,384	77*	5.6%*
74	Virginia	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Norte)	1,895	106*	5.6%*
75	Baltimore	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Norte)	611	34*	5.6%*
76	Nueva York/Nueva Jersey	EE.UU.	EE.UU. (Atlántico Norte)	5,292	296*	5.6%*
77	Montreal	Canadá	Canadá	1,331	75*	5.6%*
78	Buenaventura	Colombia	Colombia	663	68*	10.2%*
79	Guayaquil	Ecuador	Ecuador	1,093	112*	10.2%*
80	Callao	Perú	Perú	1,346	137*	10.2%*
81	Valparaíso	Chile	Chile	879	90*	10.2%*
82	San Antonio	Chile	Chile	871	89*	10.2%*
83	Cartagena	Colombia	Colombia	1,433	146*	10.2%*
84	Puerto Cabello	Venezuela	Venezuela	630	64*	10.2%*



N°	Nombre del puerto	País	País/región en la GTN	Tráfico anual (1.000 TEU, 2010)	Contenedor de transbordo (1.000 TEU, 2010)	Tasa de transbordo
85	Santos	Brasil	Brasil	2,722	278*	10.2%*
86	Paranaguá	Brasil	Brasil	672	69*	10.2%*
87	Navegantes	Brasil	Brasil	568	58*	10.2%*
88	Itajaí	Brasil	Brasil	957	98*	10.2%*
89	Gó Grande	Brasil	Brasil	647	66*	10.2%*
90	Montevideo	Uruguay	Otra Costa Este de América del Sur	672	69*	10.2%*
91	Buenos Aires	Argentina	Argentina	1,731	177*	10.2%*
92	Shahid Rajaei (Bandar Abbas)	Irán	Golfo Árábigo-Pérsico	2,593	249*	9.6%*
93	Dammam	Arabia Saudita	Golfo Árábigo-Pérsico	1,333	128*	9.6%*
94	Mina Zayed (Abu Dhabi)	EAU	Golfo Árábigo-Pérsico	530	51*	9.6%*
95	Dubái/Jebel Ali	EAU	Golfo Árábigo-Pérsico	11,600	5,498	47.4%
96	Khor Fakkan/Sharjah Combinados	EAU	Golfo Árábigo-Pérsico	3,023	2,315	76.6%
97	Salalah	Omán	Golfo Árábigo-Pérsico	3,485	3,405	97.7%
98	Yeda	Arabia Saudita	Golfo Árábigo-Pérsico	3,831	1,683	43.9%
99	Áqaba	Jordania	Otro Mediterráneo	619	59*	9.6%*
100	El Sokhna	Egipto	Egipto	607	171	28.2%
101	Puerto Saíd	Egipto	Egipto	3,475	2,477	71.3%
102	Damieta	Egipto	Egipto	1,096	187*	17.0%*
103	Alejandro/El Dekheila	Egipto	Egipto	1,496	255*	17.0%*
104	Tánger/Tánger Med	Marruecos	Mediterráneo Occidental	2,058	1,980	96.2%
105	Las Palmas de Gran Canaria	España (Islas Canarias)	África Occidental	1,187	334	28.2%
106	Asdod	Israel	Israel	1,018	173*	17.0%*
107	Haifa	Israel	Israel	1,264	215*	17.0%*
108	Beirut	Líbano	Otro Mediterráneo	949	162*	17.0%*
109	Latakia	Siría	Otro Mediterráneo	586	100*	17.0%*
110	Mersín	Turquía	Turquía	1,024	174*	17.0%*
111	Esmirna	Turquía	Turquía	728	124*	17.0%*
112	Ambarli/Estambul	Turquía	Turquía	2,540	432*	17.0%*
113	Constanza	Rumania	Rumania	557	95*	17.0%*
114	Odesa/Ilichovsk	Ucrania	Ucrania	653	111*	17.0%*
115	El Pireo	Grecia	Mediterráneo Central	878	149*	17.0%*
116	Marsaxlokk	Malta	Otro Mediterráneo	2,371	2,265	95.5%
117	Cagliari	Italia	Mediterráneo Central	553	94*	17.0%*
118	Tarento	Italia	Mediterráneo Central	582	99*	17.0%*
119	Gioia Tauro	Italia	Mediterráneo Central	2,852	2,676	93.8%
120	Nápoles	Italia	Mediterráneo Central	535	91*	17.0%*
121	Livorno	Italia	Mediterráneo Central	628	107*	17.0%*
122	La Spezia	Italia	Mediterráneo Central	1,285	219*	17.0%*
123	Génova	Italia	Mediterráneo Central	1,759	299*	17.0%*
124	Marsella/Fos	Francia	Francia	953	162*	17.0%*
125	Barcelona	España	Mediterráneo Occidental	1,948	332*	17.0%*

Nº	Nombre del puerto	País	País/región en la GTN	Tráfico anual (1.000 TEU, 2010)	Contenedor de transbordo (1.000 TEU, 2010)	Tasa de transbordo
126	Valencia	España	Mediterráneo Occidental	4,207	2,156	51.2%
127	Algeciras	España	Mediterráneo Occidental	2,810	2,626	93.4%
128	Felixstowe	R.U.	R.U.	3,400	408*	12.0%*
129	Londres (Tilbury)/ Thamesport	R.U.	R.U.	424**	51*	12.0%*
130	Southampton	R.U.	R.U.	1,540	185*	12.0%*
131	Liverpool	R.U.	R.U.	681	82*	12.0%*
132	Dublín	Éire	R.U.	554	67*	12.0%*
133	Lisboa	Portugal	Mediterráneo Occidental	513	87*	17.0%*
134	Bilbao	España	Mediterráneo Occidental	531	90*	17.0%*
135	Burdeos	Francia	Francia	632	76*	12.0%*
136	El Havre	Francia	Francia	2,358	283*	12.0%*
137	Zeebrugge	Bélgica	Europa del Norte	2,390	287*	12.0%*
138	Amberes	Bélgica	Europa del Norte	8,468	2,286	27.0%
139	Róterdam	Holanda	Europa del Norte	11,146	3,344	30.0%
140	Bremen/Bremerhaven	Alemania	Europa del Norte	4,871	2,192	45.0%
141	Hamburgo	Alemania	Europa del Norte	7,900	2,610	33.0%
142	Gdansk	Polonia	Europa del Norte	509	61*	12.0%*
143	Gotemburgo	Suecia	Europa del Norte	796	96*	12.0%*
144	Abiyán	Costa de Marfil	África Occidental	530	149*	28.2%*
145	Tema	Ghana	África Occidental	590**	166*	28.2%*
146	Lagos/Apapa/ Tin Can Island	Nigeria	África Occidental	500**	141*	28.2%*
147	Ciudad del Cabo	Sudáfrica	África austral	697	196*	28.2%*
148	Durban	Sudáfrica	África austral	2,529	713*	28.2%*
149	Mombasa	Kenia	Kenia	696	196*	28.2%*
150	Yibuti	Yibuti	Otro África Oriental	600	169*	28.2%*
151	Brisbane	Australia	Australia	929	62*	6.7%*
152	Sídney	Australia	Australia	2,020	135*	6.7%*
153	Melbourne	Australia	Australia	2,322	155*	6.7%*
154	Fremantle	Australia	Australia	583	39*	6.7%*
155	Auckland	Nueva Zelanda	Nueva Zelanda	894	60*	6.7%*
156	Tauranga	Nueva Zelanda	Nueva Zelanda	591	39*	6.7%*

\*estimado en base a la tasa de transbordo promedio por región mostrada en Drewry Maritime Research (2011)

\*\*Estimación de los autores

\*\*\*COCATRAM

## D.2.7 Red de transporte marítimo

Como explicado en D2.1, la red de transporte marítimo se desarrolla fundamentalmente a partir de la base de datos de MDS (ver también Figura D.1). Se obtienen de la base de datos de MDS, no solo los datos para construir una red sino también la velocidad de los buques, va (nudo), la capacidad promedio de los buques, capa (TEU/buque), y la frecuencia, buques/año, para cada servicio.

Asimismo, la distancia entre los puertos, la (NM), se obtiene del trabajo de Toriumi (2010), en base a un supuesto de que todos los buques portacontenedores recorren por la ruta más corta de las rutas programadas de navegación.

Otros dos puntos se deben tomar en cuenta cuando sea creada una red como sigue.

(1) En caso que un servicio recale en el mismo puerto más de dos veces

A fin de mantener el orden de los puertos de recalada, los nodos en el mismo puerto se deben diferenciar por el orden y se deben conectar a través de los nexos de carga, descarga y transbordo. El concepto de la estructura de la red en este caso se muestra en la Figura D.38.

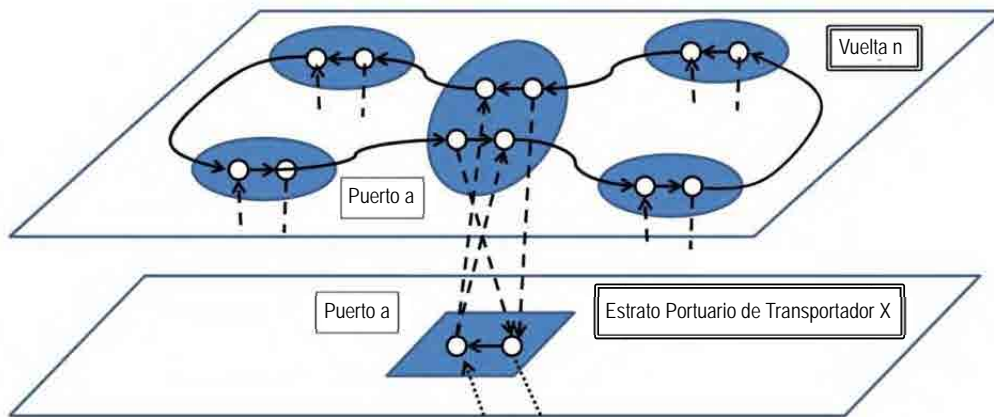


Figura D.38 Estructura de la red del submodelo de transporte marítimo (2) – en caso que una vuelta recalca en el mismo puerto más de dos veces

(fuente: Shibasaki y colaboradores, 2013)

(2) En caso que un servicio tenga más de dos rutas de puertos de recalada

En algunos servicios, la lista de los puertos de recalada es en parte separada en dos. Esta separación del servicio se puede observar a menudo cuando se recalca en un puerto relativamente menor ubicado entre los principales puertos. La red de este tipo de vuelta se describe en la Figura D.3. La frecuencia del servicio,  $freq_a$ , también está separada según el número de los buques que se asignan a cada ruta (sub-ruta) separada. Asimismo, para los puertos en las sub-rutas (es decir, en los puertos b, c y d en la red que se muestra en la Figura D.3), el tiempo de duración entre cada servicio es más largo; por lo tanto, el tiempo de tránsito adicional para la carga de contenedores que se descarga en estos puertos debe considerarse. Específicamente, el costo del nexo de descarga,  $t_u$  (hora) descrito en la Ecuación (D.9), de estos puertos se reescribe como

$$t_u(x_a) = TU_a + \frac{1}{2} \cdot YH \cdot \left( \frac{1}{freq_a} - \frac{1}{freq_a'} \right) \quad (D.9')$$

donde  $freq_a'$ : una frecuencia del servicio de la vuelta en la ruta “principal” (por ejemplo, la frecuencia del servicio en los puertos a y e en la red presentada en la Figura D.39).

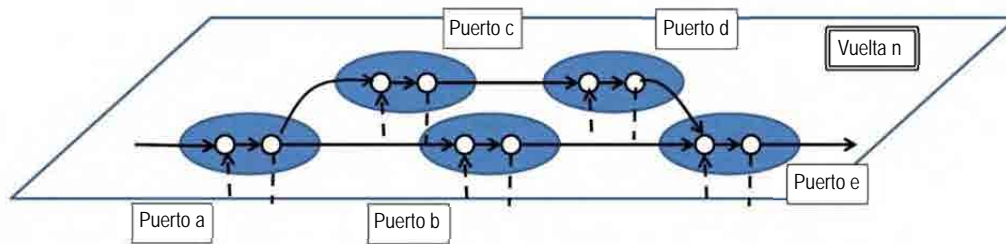


Figura D.39 Estructura de la red del submodelo de transporte marítimo (3) – en caso que una vuelta tenga más de dos rutas de puertos de recalada

(fuente: Shibasaki y colaboradores, 2013)

## D.2.8 Resultados de la estimación del submodelo de transporte marítimo

### (1) Estimación de parámetros desconocidos

El modelo incluye dos parámetros desconocidos,  $b_1$  y  $b_2$ , que están relacionados con la congestión. Se estiman estos parámetros desconocidos para adecuar mejor los resultados de la estimación a los datos reales. Este modelo está desarrollado para describir el movimiento de contenedores dentro de una determinada red de buques así como el volumen de carga O-D entre los puertos. Por lo tanto, los contenedores de transbordo manejados en cada puerto se adoptan como un criterio para chequear la bondad de ajuste del modelo. En concreto, la tasa de transbordo (derivada dividiendo el número de contenedores de transbordo por el tráfico total) por puerto de transbordo principal se usa como un criterio.

$$\min_{b_1, b_2} z' = \sum_{p \in P} (\hat{R}_p - R_p)^2 \quad (D.28)$$

donde  $z'$ : valor objetivo,  $p$ : conjunto de puertos (sólo los puertos, de los cuales la tasa de transbordo estimada se especifica claramente en Drewy Maritime Research, 2011),  $R_p$ : la tasa de transbordo real,  $\hat{R}_p$ : la tasa de transbordo estimada por el modelo.

Los autores adoptan el método del descenso más rápido para estimar parámetros desconocidos. El cálculo analítico de la ecuación diferencial de primer orden del valor objetivo,  $z'$ , es difícil, por lo que la dirección más tendiente se determina a partir de los cambios del valor objetivo, cuando cada parámetro se cambia mínimamente. Basados en aproximadamente 50 cálculos repetidos, los parámetros se estiman como  $b_1 = 2,309$  y  $b_2 = 1,017$ . Los valores estimados implican que la función de la congestión es mayormente lineal al factor de carga de la vuelta (porque  $b_2$  es aproximadamente uno) y que cuando el factor de carga es de 100% (es decir, plena capacidad), el tiempo adicional equivalente debido a la congestión es ligeramente mayor al tiempo de duración de la vuelta, el cual se expresa como el doble del tiempo de espera anticipada para la salida.

### (2) Confirmación de convergencia

Son determinados los parámetros estimados como se mencionan en (1). El cálculo del modelo se realiza de modo iterativo. El tiempo de cálculo para una iteración es de 90 a 120 segundos usando un ordenador portátil de Windows con Intel(R) Core(TM) i5-2520M CPU (2 x 2,50 GHz)

y 4,00 GB RAM (el número de nexos de la red es de 50.296). El índice de convergencia (suma de cuadrados de diferencias del flujo del nexo en cada iteración) se muestra en la Figura D.40. Según la figura, un índice de convergencia es menos de  $10^{-3}$  después de alrededor de diez cálculos. Se presenta en la Figura D.4 la comparación entre el flujo del nexo calculado y el flujo del nexo en la iteración anterior cuando el índice de convergencia se vuelve menos de  $10^{-3}$  por primera vez (es decir, el número de iteración es once). A partir de estas figuras y el tiempo de cálculo, los autores fijan  $10^{-3}$  como un criterio para determinar la convergencia.

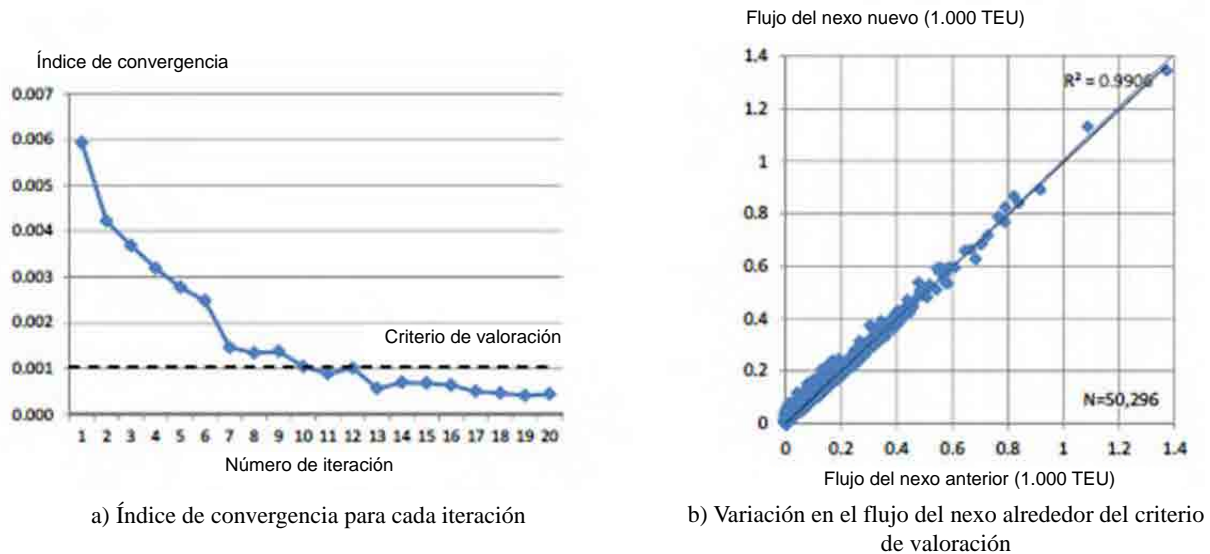


Figura D.40 Convergencia de los modelos de cálculo

### (3) Bondad de ajuste del modelo

Se muestra en la Figura D.41 para los principales puertos de transbordo la comparación entre las tasas de transbordo real y estimada por el modelo, cuando el cálculo del modelo converge bajo determinados parámetros. A partir de la figura, los autores determinan que el modelo efectivamente reproduce la tasa de transbordo para principales puertos, con algunas excepciones.

La diferencia más grande entre las tasas real y estimada se observa en el puerto de Lianyungáng en China donde la tasa de transbordo estimado es cero. La subestimación es debido a que otros expedidores pequeños que no están considerados en el modelo prestan la mayoría de los servicios del nexo domésticos del y al puerto de Lianyungáng. Otra diferencia grande entre los datos real y estimado se observa en el puerto de Hong Kong. En este puerto, la tasa de transbordo real no es considerada para reflejar el transporte real, puesto que en las estadísticas de Hong Kong, la reexportación no se cuenta como carga transbordada aunque es realmente una clase de transbordo (para la discusión detallada sobre la “reexportación” de Hong Kong, referirse a GTAP, 2012 por ejemplo).

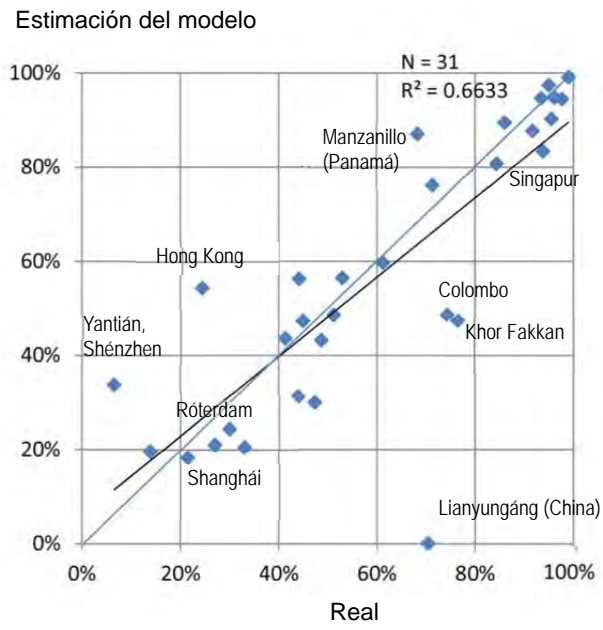


Figura D.41 Comparación entre las tasas de transbordo real y estimada por el modelo para los principales puertos

### D.3 Entrevistas y encuestas junto con los miembros del equipo económico de la CEPA

En este estudio, realizamos entrevistas y encuestas junto con los miembros del equipo económico de la CEPA.

Los miembros del equipo económico de la CEPA entendieron la importancia de comunicación a través de varias entrevistas con el gerente/operador portuario, compañías navieras y expedidores así como también profundizaron su reconocimiento de los problemas que enfrentan los puertos de El Salvador y sus países vecinos. Ellos obtuvieron información diversa y aprendieron cómo realizar una entrevista.

Con respecto a las encuestas de Guatemala y Costa Rica en agosto, los miembros del equipo económico de la CEPA planificaron voluntariamente el programa de investigación y concretaron citas con el gerente/operador portuario. Ellos hicieron muchas preguntas durante la entrevista y participaron en un intercambio muy animado de opiniones con los entrevistados.

#### Encuesta a Puertos

Puerto/Terminal	
Temas de Entrevista 1. Instalación portuaria 2. Operación portuaria 3. Otro	
Fecha/Ciudad	18 de Abril de 2013 / San Lorenzo, Honduras
Categoría	Órgano de Gestión Portuaria
Agencia/Empresa	Empresa Nacional Portuaria, San Lorenzo (ENP), Honduras
Entrevistado	Sr. Manuel de Jesús Álvarez, Superintendente Portuario ( <a href="mailto:sanlorenzo@seposa.com">sanlorenzo@seposa.com</a> ) (504)2781-2336)

#### No.1

Date/City	18 April, 2013 / San Lorenzo, Hondulas
Category	Port Management Body
Agency/Company	Empresa Nacional Portuaria, San Lorenzo (ENP), Honduras
Interviewee	Ms. Manuel de Jesus Alvarez, Port Superintendent ( <a href="mailto:sanlorenzo@seposa.com">sanlorenzo@seposa.com</a> ) (504)2781-2336)
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Tadahiko Kawada, Mr. Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas, Ms. Andrea Castillo



No.2

Date/City	13 August, 2013 / Guatemala City, Guatemala
Category	Port Management Body
Name	Comision Portuaria Nacional Guatemala(CPN)
Interviewee	Mr.Juan Estuardo Contreras Aleman, Director Ejecutivo Licda. Ana Lorena Rabbe , Asesor Especializado Tel:+502-2419-4800, Fax:+502-2360-5457 E-mail: jcontreras@cpn.gob.gt
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, ,Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas



No.3

Date/City	14 August, 2013 / Guatemala City, Guatemala
Category	Port Operator
Name	Empresa Portuaria Quetzal
Interviewee	Lic. Allan Marroquin Castillo, interventor Mr.Julio Rolando Sandoval Cano, sub interventor Tel:+502-2312-5003, Fax:+502-2361-1327 E-mail:allan.marroquin@puerto-quetzal.com
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas





No.4

Date/City	20 August, 2013 / Caldera Costa Rica
Category	Port Authority
Name	The Costa Rican Institute of Pacific ports (INCOP)
Interviewee	Ing. Luis Antonio Rojas Víquez, Secretario Fiscalizador de Concesiones (506)-2634-9136 Email: <a href="mailto:lrojas@incop.go.cr">lrojas@incop.go.cr</a>
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr.Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

No.5

Date/City	20 August, 2013 / Caldera Costa Rica
Category	Port Operator
Name	Sociedad Portuaria de Caldera (SPC),S.A. Sociedad Portuaria Granelera de Caldera(SPGC), S.A.
Interviewee	Juan Carlos Mora Perez, Gerente de Operaciones +506-2534-9500, Cel: +506-8340-2851, Fax: +506-2634-4595 E-mail: <a href="mailto:j.more@spscaldera.com">j.more@spscaldera.com</a>
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr.Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

No.6

Date/City	20 August, 2013 / Caldera Costa Rica
Category	Port Management Body
Name	Junta de Administracion Portuaria y de Desarrollo Economico de la Vertiente Atlantica (JAPDEVA)
Interviewee	Lic Karla Piedra Alfao, Tel (506)2799-0366, Fax(506) 2758-3229 E-mail: <a href="mailto:kpiedra@japdeve.go.cr">kpiedra@japdeve.go.cr</a>
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr.Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

No.7

Date/City	21 August, 2013 / San Jose Costa Rica
Category	Ministry

Name	Ministry of Public Work and Transport (MOPT)
Interviewee	Gilberto Rodríguez Pacheco, Dirección de Infraestructura, División Marítima Portuaria MOPT Phone: (506) 2233-5022 Email: <a href="mailto:Gilberto.rodriguez@gmail.com">Gilberto.rodriguez@gmail.com</a> Ing. Diego Led Obando 506-2233-5022, fax 506-2255-3854, cel: 506-8895-5945 <a href="mailto:dlealoba@mopt.go.cr">dlealoba@mopt.go.cr</a> <a href="mailto:topografialeal@gmail.com">topografialeal@gmail.com</a>
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr. Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

## Entrevistas con Agentes Marítimos

<p>Temas de Entrevista</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Servicio de transporte actual</li> <li>2. Uso de barcos y negocio de contenedores</li> <li>3. Opiniones sobre servicio de contenedores en América Central</li> <li>4. Sobre el Puerto de La Unión</li> <li>5. Negocio de transporte de contenedores en América Central en el futuro</li> </ol>
<p>El Salvador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Shipping agent (NYK)</li> <li>-Shipping agent (Hapag-Lloyd)</li> <li>-Shipping agent (CMA-SGM)</li> <li>-Shipping agent (Evergreen)</li> <li>-Shipping Agent (Maersk)</li> <li>-Shipping Agent (APL)</li> <li>-Shipping agent (CCNI)</li> <li>-Shipping agent (Mediterranean Shipping Company El Salvador)</li> <li>-Shipping agent (CSAV )</li> <li>-Shipping agent (China Shipping)</li> <li>-Shipping agent (Mediterranean Shipping Co. El Salvador, S.A. de C.V)</li> <li>-Shipping Agent (Crowley Liner Service Inc.)</li> </ul>
<p>Neighboring Country</p> <p>Guatemala (Guatemala)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Shipping Agent (Hamburg Sud )</li> </ul> <p>San Jose (Costa Rica)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feeder Carrier in CA Region (X-press Feeder)</li> </ul>

### No.8

Date/City	15 April ,2013 / San Salvador
Category	Shipping agent
Company	Compania Mercantil International, S.A. de C.V. (Agent of NYK) (www.comisasal.com)
Interviewee	Mr. Jose Ricardo Cruz, Gerente de Linea ( <a href="mailto:ricardo.cruz@comisasal.com">ricardo.cruz@comisasal.com</a> Tel: 503-2206-5400)
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Tadahiko Kawada, Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Ms. Andrea Castillo

### No.9

Date/City	16 April, 2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Transmares (Agent of Hapag-Lloyd)
Interviewee	Heinz Ballhaus, President ( <a href="mailto:Heinz.ballhaus@transmaressal.com">Heinz.ballhaus@transmaressal.com</a> )
Study team	Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Mr. Alan Castillo

## No.10

Date/City	16 April, 2013 / San Salvador
Category	Shipping agent
Company	Transcontinental El Salvador, S.A. de C.V. (Agent of CMA-CGM)
Interviewee	Julio Cesar FIGUEROA (Operation Manager) ( <a href="mailto:Julio.figueroa@transcontinentalsal.com">Julio.figueroa@transcontinentalsal.com</a> )
Study team	Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Mr. Alan Castillo
	

## No.11

Date/ City	16 April ,2013/ San Salvador
Category	Shipping agent (Evergreen)
Company	Maritime Investments, LLC OMARSA
Interviewee	Mr. Alex Sagrera, Maritime Investments, LLC ( <a href="mailto:asagrera@cargo.com.sv">asagrera@cargo.com.sv</a> ) Mr. Ernesto Moreno, OMARSA ( <a href="mailto:emoreno@gruporemor.com.sv">emoreno@gruporemor.com.sv</a> )
Study team	Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Mr. Alan Castillo
	

## No.12

Date/City	29 April ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Aimar de El Salvador, S.A de C.V. (Agent of APL)
Interviewee	Mr. Amedeo E. Molina Monterrosa ( <a href="mailto:amadeo-molina@aimargroup.com">amadeo-molina@aimargroup.com</a> , 503-2209-7900) Mrs. Maritza de Canizales, APL Customer Service ( <a href="mailto:Maritza-canizales@aimargroup.com">Maritza-canizales@aimargroup.com</a> Cel: 7860-8727 )
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tadahiko Kawada, Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Ms. Patricia Callejas

## No.13

Date/City	02 May, 2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Maersk El Salvador, S.A. de C.V.
Interviewee	Mr. Miguel.Iraheta Miguel.Iraheta@apmterminals.com<Miguel.Iraheta@apmterminals.com>;
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido,Mr.Tadahiko Kawada. Mr.Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Ms. Patricia Callejas, Mr. Alan Castillo,
	

## No.14

Date/City	13 August ,2013 /Guatemala
Category	Shipping Agent
Company	Hamburg Süd Guatemala, S.A.
Interviewee	Mr. Víctor Monroy, Gerente General Tel: 2375-7513
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas
	

## No.15

Date/City	14 August ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	REMASUR, S.A. de C.V. (Agent of CCNI)
Interviewee	Mr. Milton Guillen,General Manager Tel: (503)2452-5117
JICA study team	Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr.Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

## No.16

Date/City	20 August ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Compañía Sudamericana de Vapores - CSAV SERMARSA (Agent of CSAV)
Interviewee	Mr. Oscar Valladares ,Line Manager Tel:(503) 2239-4399
JICA study team	Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas

## No.17

Date/City	20 August ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	REMARSA de C.V. (Agent of China Shipping)
Interviewee	Lic. Jaime Vásquez,Operations Manager Tel:(503) 2206-5555
JICA study team	Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas

## No.18

Date/City	20 August ,2013 / San Jose Costa Rica
Category	Shipping Agent
Company	MARINSA ILG LOGISTICS S.A. (Agent of X-PRESS FEEDERS)
Interviewee	Mr. Jorge Cayasso,Port Operations Tel. (506) 2758-4170
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr.Tadahiko Kawada. Ms. Marta Eugenia Canales

## No.19

Date/City	26 August ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Mediterranean Shipping Co. El Salvador, S.A. de C.V
Interviewee	Abel Sandoval,General Manager Tel. (503)2520-2200
JICA study team	Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales


## No.20

Date/City	28 August ,2013 / San Salvador
Category	Shipping Agent
Company	Crowley Liner Services Inc.
Interviewee	Jose Mario Quinteros, General Manager Tel. (503)2297-0055
JICA study team	Dr. Ryuichi Shibasaki,Mr.Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales

### Agencias, entre otros

Aduanas
Temas de Entrevista 1. Procedimientos Necesarios en la Frontera 2. Tiempos Requeridos para Autorización 3. Otros
- Aduana of El Salvador at Amatillo - Aduana of Hondulas at Amatillo

#### No.21

Date/City	19 April, 2013 / Amatillo
Category	Customs
Agency/Company	
Interviewee	Mr. Fernando Urbina, Coordinator for the Eastern Area) ( <a href="mailto:fernundo.utbina@mh.gob.sv">fernundo.utbina@mh.gob.sv</a> ,) Mr. Jore Eids Perez, Head of Office ( <a href="mailto:edis.perz@mh.gob.sv">edis.perz@mh.gob.sv</a> )
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Tadahiko Kawada. Mr. Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas, Ms. Andrea Castillo
	

#### No.22

Date/City	19 April, 2013 / Amatillo
Category	Customs
Agency/Company	Aduana El Amatillo
Interviewee	Ms. Milgian S. Andino C, Administradora Aduana El Amatillo-HN ( <a href="mailto:mandino@dei.gob.hn">mandino@dei.gob.hn</a> )
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Tadahiko Kawada. Mr. Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas, Ms. Andrea Castillo
	

<b>Otras Agencias</b>	
Temas de Entrevista	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Situaciones socio-económicas de El Salvador</li> <li>2. Descripción de puertos en América Central</li> <li>3. Estadísticas de Transporte en El Salvador y América Central</li> <li>4. Otros</li> </ol>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PROESA (Export and Investment Promotion Agency of El Salvador, Government of El Salvador)</li> <li>- Transportation Association</li> </ul>	

No.23

Date/City	15 April, 2013 / San Salvador
Category	Agency of promotion and investment
Agency/Company	PROESA
Interviewee	Mr. Miguel Mejia Linares, Asesor de Promocion de Inversions ( <a href="mailto:mmejia@proesa.gov.sv">mmejia@proesa.gov.sv</a> Cell: 03-7802-6583)
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr. Tadahiko Kawada. Mr. Takayuki Iijima Ms. Marta Eugenia Canales, Mr. Alan Castillo,

No.24

Date/City	2 May, 2013 / San Salvador
Category	Transportation Association
Agency/Company	Transportation Association
Interviewee	Mr. Jng David Lapin (Leo's, S.A. DE C.V. :General manager) Ms. Robert Alberto Rivas (Carflo, S.A. de C.V. :President)
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Mr. Tadahiko Kawada. Mr. Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas, Ms. Marta Eugenia Canales, Mr. Alan Castillo,
	



## Expedidores

Expedidores
Temas de Entrevista 1. Entorno de negocios (mercancía y logísticas, entre otros) 2. Uso del Puerto de La Unión 3. Otro
Agrolibano (Melon Production and Export)

No.25

Date/City	17 April, 2013 / San Lorenzo, Hondulas
Category	Shipper (Melon Production.Export)
Company	Agrolibano ( <a href="http://www.grupocassa.com">www.grupocassa.com</a> )
Interviewee	Mr. Rene Navas, Importaciones Cadena de Abastecimiento ( <a href="mailto:renenavas@agrolibano.com">renenavas@agrolibano.com</a> Cell: 504-9495-4206)
JICA study team	Mr. Takashi Kadono, Mr. Tatsuyuki Shishido, Dr. Ryuichi Shibasaki, Mr. Tadahiko Kawada, Mr. Takayuki Iijima Ms. Patricia Callejas, Ms. Andrea Castillo
	

## D.4 Manual de Operaciones de Computación del Modelo de Recalada de Buques

### D.4.1 Idea general y precondition

El estado actual del comportamiento de las compañías navieras (red de transporte marítimo de contenedores a mayo de 2010) está hecho desde la base de datos MDS como se describe en el punto 8.5.1. La red de transporte marítimo de contenedores en el futuro está hecho de acuerdo a la manera de pensar descrita en el punto 9.2.2(3), basada en la red actual. Estos datos de red son introducidos respectivamente en el modelo de asignación de cargas de contenedores, y cada resultado es evaluado para determinar si es viable o no (ver el punto 9.2.3(1)).

El modelo de asignación de carga de contenedores es programado por Fortran. Se requiere de un ambiente compatible con el programa Fortran. Se recomienda "Absoft Pro Fortran ver.9.0" como software para operar el programa. También, es deseable una computadora con elevadas cualidades, ya que el rendimiento de la CPU afecta directamente a la velocidad del cálculo del modelo. El programa podría no funcionar si la memoria es baja.

### D.4.2 Archivos a ser incluidos en el programa de computación

Los archivos a ser incluidos en la carpeta del programa de computación deben estar preparados para cada año de simulación (ej.: 2010, 2020 y 2030) como se muestra en la Tabla D.28, a pesar de que la mayoría de los archivos, son comunes entre los años.

Todos los archivos Fortran son incluidos automáticamente cuando el archivo butch (archivo .gui) es lanzado y compilado (el procedimiento detallado se explica en el punto D4.3).

A continuación se describen cada uno de los archivos a ser incluidos.

Tabla D.28 Archivos a ser incluidos en el programa de computación

simulation year	simulation in the current year (2010)	simulation in 2020	simulation in 2030
butch file	project.gui	project_2020.gui	project_2030.gui
fortran files	main.f90 carr_main.f90 carr_sub.f90 carr_all_not.f90 shpr_main.f90 shpr_dial_ass.f90 derase.f90 NW_info.inc NW_size.inc	main_2020.f90 carr_main.f90 carr_sub.f90 carr_all_not.f90 shpr_main.f90 shpr_dial_ass.f90 derase.f90 NW_info.inc NW_size.inc	main_2030.f90 carr_main.f90 carr_sub.f90 carr_all_not.f90 shpr_main.f90 shpr_dial_ass.f90 derase.f90 NW_info.inc NW_size.inc
input data files (default settings)	IONAME.dat BasicInfo(163r@164p@28g).dat unkown_parameter.dat reg_od10(163r).csv mar_od10(164p@28g).csv port10(164p).csv plength(164p).csv panama_dummy(164p).csv suez_dummy(164p).csv mds_route052010(164p@28g).csv landnw_CA(6r@7p).csv	IONAME2020.dat BasicInfo(163r@164p@28g).dat unkown_parameter.dat reg_od20(163r).csv mar_od20(164p@28g).csv port20(164p).csv plength(164p).csv panama_dummy(164p).csv suez_dummy(164p).csv mds_route052010(164p@28g)S20.csv landnw_CA(6r@7p).csv	IONAME2030.dat BasicInfo(163r@164p@28g).dat unkown_parameter.dat reg_od30(163r).csv mar_od30(164p@28g).csv port30(164p).csv plength(164p).csv panama_dummy(164p).csv suez_dummy(164p).csv mds_route052010(164p@28g)S30.csv landnw_CA(6r@7p).csv

## (1) Archivo IONAME

Un archivo "IONAME.dat" así como los archivos "IONAME2020.dat" y "IONAME2030.dat", es una lista de archivos de entrada que son incluidos en cada simulación. Un ejemplo del contenido de un archivo "IONAME.dat" se muestra en la siguiente tabla. Si un nuevo archivo de entrada (o varios) es creado para reemplazar el archivo (o archivos) de entrada existente, el archivo "IONAME.dat" también deberá ser reescrito.

Tabla D.29 Ejemplo del contenido de un archivo IONAME ("IONAME.dat")

BasicInfo(163r@164p@28g).dat	! BasicInfo file
unkown_parameter.dat	
reg_od10(163r).csv	! regional container OD
mar_od10(164p@28g).csv	! maritime container OD by shipping company
port10(164p).csv	! port data
plength(164p).csv	
panama_dummy(164p).csv	
suez_dummy(164p).csv	
mds_route052010(164p@28g).csv	
landnw_CA(6r@7p).csv	

## (2) Archivo BasicInfo

Un archivo "BasicInfo(\*\*r@\*\*p@\*\*g).dat" provee información fundamental en la simulación, incluyendo el número de zonas (regiones), puertos y compañías navieras. El ajuste predeterminado (default setting) de estos tres números no necesitan ser cambiados en el modelo de simulación, excepto por alguna razón extraordinaria.

Las últimas cuatro figuras en el archivo son sobre el cálculo de convergencia del modelo de asignación de la carga de los contenedores y del submodelo de transporte marítimo. El cálculo repetitivo se lleva a cabo hasta que se encuentre alguna de las dos condiciones: el número de iteración alcanza la limitación superior, o el término de error definido como la suma cuadrada de la diferencia de los flujos de conexión calculado en la iteración previa es menor que el inferior. Cuando el número de limitación de la iteración se reduce y la convergencia inferior aumenta, la velocidad del cálculo puede aumentar pero el cálculo puede no converger causando la fluctuación de los resultados.

Tabla D.30 Ejemplo del contenido de un archivo BasicInfo ("BasicInfo(163r@164p@28g).dat")

163	! number of zone (region)
164	! number of port
28	! number of shipping companies
20	! limitation number of calculative iteration of maritime shipping submodel
1.0d-3	! convergence threshold in maritime shipping submodel calculation
5	! limitation number of calculative iteration of container cargo assignment model
1.0d-2	! convergence threshold in container cargo assignment model calculation

### (3) Archivo de parámetros desconocidos

Un archivo "unknown\_parameter.dat" incluye tres parámetros desconocidos a ser estimados desde el resultado del modelo para que encaje mejor al actual mercado de transporte de contenedores como se describió en el punto 8.8.2. Puede ser cambiado si fuese necesario; por ejemplo, en caso de la simulación para reducir la barrera en la frontera nacional en el transporte terrestre como se muestra en la Figura 9.16,  $\alpha$  debe ser reducida desde el ajuste predeterminado ( $\alpha = 0.3$ ).

Tabla D.31 Ejemplo del contenido de un archivo de parámetro desconocido ("unknown\_parameter.dat")

8.0	! $\nu_t$ (value of time)
0.01	! $\theta$ (distribution parameter of stochastic assignment)
0.3	! $\alpha$ (cross-border coefficient: adjustment parameter on bonded transportation)

### (4) Archivo OD de contenedores regionales

Un archivo "od##(\*\*r).dat" representa la demanda de transporte de carga de contenedores (matriz OD de contenedores) en el año 20## entre el número de regiones. La metodología de estimación de la OD actual (en el 2010) se describe en el punto 8.7.1 (2) y (3), y la OD del futuro (en el 2020 y 2030) en el punto 9.2.2 (1).

A pesar de que el ajuste de la matriz OD es predeterminado como "od10(163r).dat", "od20(163r).dat", y "od30(163r).dat" respectivamente para cada año, una matriz diferente debe ser preparada cuando se simula un cambio en el volumen de la demanda de transporte de contenedores desde el default (ej.: un desarrollo regional en el este de El Salvador como se describió en el punto 9.2.3 (3) 2)).

Tabla D.32 Ejemplo del contenido de un archivo OD de un contenedor regional ("od10(163r).dat")

! ↓ origin region number, → destination region number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	....
0											....
1	0	0	0	0	0	0	64452.7	15197.1	4728.7	11401.0	....
2	0	0	0	0	0	0	50678.6	11949.4	3718.1	8964.5	....
3	0	0	0	0	0	0	37844.7	8923.3	2776.6	6694.3	....
4	0	0	0	0	0	0	22245.0	5245.1	1632.1	3934.9	....
5	0	0	0	0	0	0	37693.7	8887.7	2765.5	6667.6	....
6	0	0	0	0	0	0	8726.4	2057.6	640.2	1543.6	....
7	35945.9	28263.9	21106.3	12406.2	21022.1	4866.8	0	0	0	32483.4	....
8	8475.6	6664.3	4976.6	2925.2	4956.7	1147.5	0	0	0	7659.2	....
9	2637.2	2073.6	1548.5	910.2	1542.3	357.1	0	0	0	2383.2	....
10	18042.7	14186.8	10594.1	6227.2	10551.9	2442.8	44254.4	10434.6	3246.8	0	....
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

### (5) Archivo OD de contenedores marítimos por compañía naviera

Un archivo "od##(\*\*p@\*\*g).dat" representa la demanda de transporte de carga de contenedores marítimos por compañía naviera en el año 20##, entre el número de puertos. Nótese que este dato OD es establecido como una demanda de base portuaria, no de base regional. Sólo es necesario como un input inicial del cálculo del modelo debido a que el submodelo de transporte

marítimo debe ser calculado primero en todo el procedimiento del cálculo (como se describe en el punto 8.8.1 (1)). Se estima dividiendo en cada compañía naviera y aplicando el método Frater para ajustar los errores del OD de base portuaria descrito en el punto 8.7.1 (1), de acuerdo a la metodología similar a la descrita en el punto 8.7.1 (3).

Tabla D.33 Ejemplo del contenido del archivo OD de contenedores marítimos por compañía naviera ("od10(164p@28g).dat")

! ↓ export port number, → import port number											
! Group A (Maersk)											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	....
1	0	0	0	0	0	0	2717.9	1465.9	300.2	722.8	....
2	0	0	0	0	0	0	10260.6	5534.2	1133.4	2728.9	....
3	0	0	0	0	0	0	5606.7	3024.0	619.3	1491.1	....
4	0	0	0	0	0	0	1684.5	908.6	186.1	448.0	....
5	0	0	0	0	0	0	4026.3	2171.7	444.8	1070.8	....
6	0	0	0	0	0	0	1749.4	943.6	193.2	465.3	....
7	1430.2	5399.3	2950.3	885.9	2117.5	920.6	0	0	0	3903.2	....
8	770.1	2907.2	1588.6	477.0	1140.2	495.7	0	0	0	2101.7	....
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

### (6) Archivo puerto

Un archivo "port##(\*\*p).csv" provee de información de cada puerto en el año 20## incluyendo el tiempo de espera para exportaciones e importaciones, tiempo de trasbordo, y cargas manejadas per TEU. El ajuste predeterminado de cada puerto se explica en el punto 8.7.2 para el estado actual (en el 2010) y en el punto 9.2.2 (2) para la simulación en el futuro (en el 2020 y 2030).

Además, el archivo puerto provee el monto de la carga de contenedores locales y de trasbordo y una variable indicadora dummy, ya sea un puerto hub importante o no. Éstos son utilizados para la estimación de parámetros incluidos en el modelo de transporte marítimo (para ajustar mejor al monto actual de la carga de trasbordo); no utilizado en la simulación en esta oportunidad.

Tabla D.34 Ejemplo del contenido de un archivo puerto ("port10(164p).csv")

!Port number, Export lead time (hours), Import lead time (hours), Transshipment time (hours), Handling charge (US\$/TEU), Amount of local cargo (TEU/year), Amount of transshipment cargo (TEU/year), dummy of major hub port							
1	48	24	24	100	2059057.92	394493.7678	0 !Tokyo
2	48	24	24	100	1616019.76	309612.3318	0 !Yokohama
3	48	24	24	100	1204449.144	230759.7452	0 !Nagoya
4	48	24	24	100	712591.5125	136525.0137	0 !Osaka
5	48	24	24	100	1189751.795	227943.8883	0 !Kobe
....	....	....	....	....	....	....	....
58	48	24	24	100	315597.571	138200.8982	0 !Lazaro Cardenas
581	60	24	48	117.65	155580.5776	27752.94075	0 !Puerto Quetzal
582	60	48	48	73.48	104554.421	0	0 !Acajutla
583	48	24	48	65.79	0	0	0 !La Union
584	60	48	48	64.7	0	0	0 !San Lorenzo
585	168	84	48	58.82	46231.95469	807.6170337	0 !Corinto
586	48	24	48	100	115486.5602	0	0 !Caldera
59	48	24	24	100	153844.1923	747035.7719	1 !Balboa
60	48	24	24	100	343843.234	1435418.095	1
!Manzanillo(Panama)/Cristobal/Colon							

61	48	24	48	100	374074.6639	14350.15597	0	!Puerto Limon
62	48	24	48	64.7	352820.8168	0	0	!Puerto Cortes
621	60	24	48	64.7	355619.6169	85623.68051	0	
!St. Tomas de Castilla/Puerto Barrios								
....	....	....	....	....	....	....	....	....

### (7) Archivo de distancia de transporte marítimo

Un archivo "plength(\*\*p).csv" provee información sobre la distancia de transporte a través de la ruta de navegación entre cada combinación de puertos de salidas y llegadas. Cada figura es escrita en nodos; adquirida de los resultados de Toriumi (2010) como se describe en el punto D2.7.

Si se añade un nuevo puerto para mayor análisis, se proveen las distancias de transporte marítimo entre el nuevo puerto y todos los otros puertos con los que haya servicio de transporte directo desde el nuevo puerto. Netpas y otros softwares proveen la tabla de distancias en el mar.

Tabla D.35 Ejemplo del contenido de un archivo de distancia de transporte marítimo ("plength(164p).csv")

! ↓ departure port number, → arrival port number											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	....
1	0	16	211	361	357	603	662	742	1020	1163	....
2	16	0	197	347	343	589	648	728	1006	1149	....
3	211	197	0	240	236	482	541	621	899	1042	....
4	361	347	240	0	9	290	349	429	707	850	....
5	357	343	236	9	0	282	341	421	699	842	....
6	603	589	482	290	282	0	110	192	483	626	....
7	662	648	541	349	341	110	0	90	381	524	....
8	742	728	621	429	421	192	90	0	339	482	....
9	1020	1006	899	707	699	483	381	339	0	249	....
10	1163	1149	1042	850	842	626	524	482	249	0	....
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

### (8) Archivo dummy del Canal de Panamá y de Suez

Los archivos "panama\_dummy(\*\*p).csv" y "suez\_dummy(\*\*p).csv" proveen información sobre cada conexión de transporte marítimo conectando al puerto de salida o llegada, que atraviese o no el Canal de Panamá o de Suez, respectivamente. Si la conexión pasa por el canal, será de 1; de otra manera, será 0. Esta información es utilizada para el cálculo de la altura del canal como se muestra en la Ecuación (D.14) en el punto D2.5. Adquirido también del trabajo de Toriumi (2010).

Tabla D.36 Ejemplo del contenido de un archivo dummy del Canal de Panamá ("panama\_dummy(164p).csv")

! ↓ departure port number, → arrival port number											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	....
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
581	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
582	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....

584	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
585	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
586	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	....
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	....
62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	....
621	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	....
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

(9) Archivo de red de transporte marítimo

Un archivo "mds\_route052010(\*\*p@\*\*g).csv" provee información sobre la red de transporte marítimo para cada servicio de transporte a mayo de 2010, incluyendo la frecuencia anual de servicio, la velocidad promedio del buque, la capacidad promedio del buque, la participación en cuanto a la capacidad de cada compañía naviera, el número de puertos a recalar en una rotación, las variables dummy para las rutas múltiples de un servicio, y el número de puertos a recalar (escrito como el número de puertos a recalar en una rotación).

En la parte superior del archivo, se escribe el número de servicio de transporte.

Para simulación futura, algunas variables (ej.: frecuencia, capacidad del buque, y puerto a recalar) de numerosos servicios serán cambiadas de acuerdo a los escenarios preparados (como se describe en el punto 9.2.1 (3)). Debe prepararse un archivo para cada escenario.

Tabla D.37 Ejemplo del contenido de un archivo de red de transporte marítimo ("mds\_route052010(164p@28g).csv")

859	!number of liner service														
!service No., Service frequency (/year), Average speed (knot), Average vessel capacity (TEU), Share in capacity of Company A, B, ..., Z, AA, and AB, Number of ports to call at one rotation, Dummy for multiple routes of a service, Port number to call (1, 2, 3, ... to the number of ports to call at one rotation)															
1	52	23.9	4190.6	0.0909	0	...	0	0	0	7	0	26	21	23	...
2	52	21.2	660	0	0	...	0	0	0	4	0	4	5	10	...
3	52	17.5	3100	0	0	...	0	0	0	10	0	141	143	138	...
4	52	10	1291.5	0	0	...	0	0	0	3	0	38	41	38	...
5	26	17	780	0	0	...	0	0	0	3	0	38	41	38	...
6	104	18	1088	0	0	...	0	0	0	4	0	38	33	32	...
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

(10) Archivo de red de transporte terrestre

Un archivo "landnw\_CA(6r@7p).csv" provee información sobre la red de transporte terrestre en América Central (ver Figura 8.33 en el punto 8.7.4). El tiempo y costo de conducción, y el tiempo y costo de cruce de fronteras son determinadas como se describe en la Tabla 8.40 y la Tabla 8.41. Se asumen el tiempo y costo similares en ambas direcciones para cada par de región de origen (o destino) y puerto de exportación (o importación).

En la parte superior del archivo, se escribe el número de conexión de transporte terrestre.

Las variables incluidas en el archivo pueden ser cambiadas en algunas simulaciones de políticas como mejora de las rutas y facilitación de las barreras fronterizas. Por ejemplo, cuando se simula la reducción de las barreras en una frontera específica (ej.: una frontera entre El Salvador y Honduras), el tiempo y costo del traspaso de frontera podrá ser reducido en las partes de la frontera en cuestión.

Tabla D.38 Ejemplo del contenido de un archivo de red de transporte terrestre ("landnw\_CA(6r@7p).csv")

42 ! Number of land shipping network					
! origin/destination region, export/import port, Driving time (hours), Driving cost (US\$/TEU), Border-crossing time (hours), Border-crossing cost (US\$/TEU)					
581	581	1.68	151.5	0	0
581	582	3.18	286.5	84	380
581	583	7	630	84	380
581	584	8.03	723	276	641
581	585	11	990	528	958.5
581	62	6.32	568.5	192	261
581	621	5	450	0	0
582	581	4.48	403.5	240	278.5
582	582	1.43	129	0	0
582	583	3.08	277.5	0	0
582	584	4.13	372	192	261
582	585	7.08	637.5	444	578.5
582	62	6.8	612	192	261
....	....	....	....	....	....

#### D.4.3 Procedimiento del cálculo de computación

El siguiente ejemplo es en el caso que se utilicen Absoft Pro Fortran ver.9.0 y Absoft Developer Tools Interface.

1) Arrancar el archivo .gui (así como "project.gui") por medio de doble click. Confirmar que todos los archivos fortran estén incluidos (ver Figura D.42).



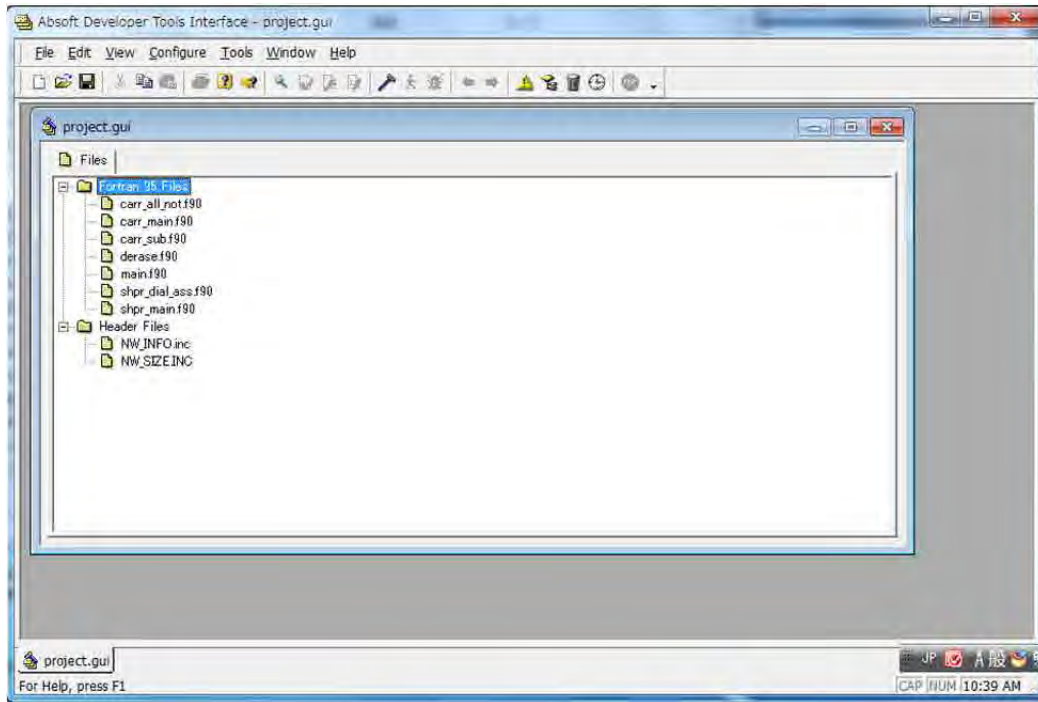


Figura D.42 Ejemplo de operación de computación del modelo (1)

2) Seleccionar ‘Configure’ - ‘Set Project Options’ en la barra de herramientas. Confirmar que ‘Advanced (-O3)’ es seleccionado en la barra ‘Optimize’ dentro de la caja ‘Common Options’ sobre la solapa ‘Target’ (ver Figura D.43). Es necesario mantener una rápida velocidad de cálculo. Nótese que se debe re-seleccionar si se utiliza el modo de depuración.

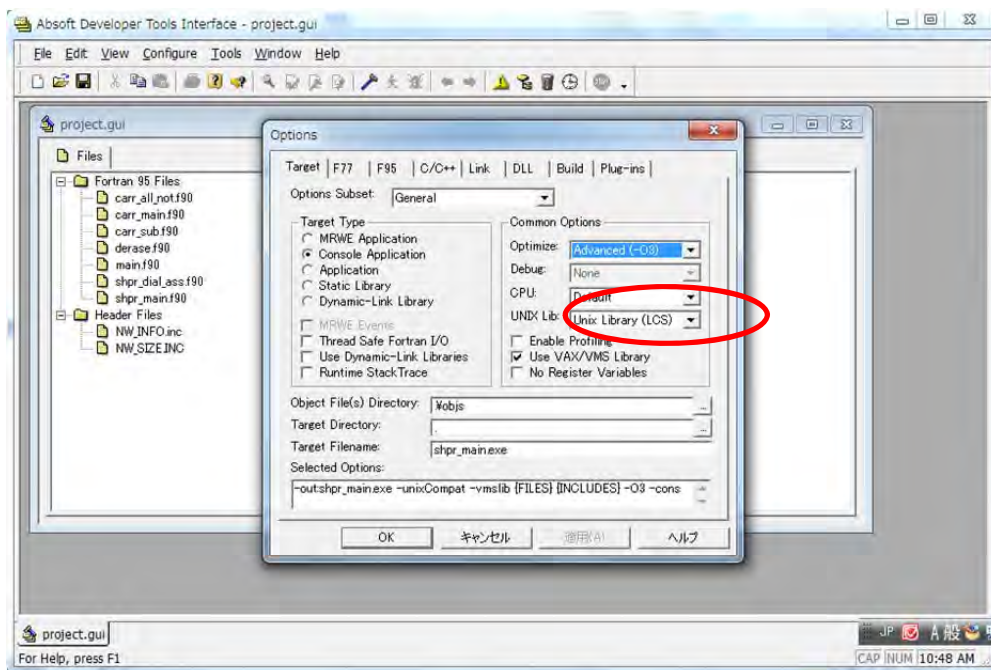


Figura D.43 Ejemplo de operación de computación del modelo (2)

3) Compile todos los archivos seleccionando 'Tools' - 'Rebuild All' en la barra de herramientas. Debe ser seleccionado siempre que un archivo(s) profram sea revisado. Si la reconstrucción es completada exitosamente, el usuario puede ver un cuadro de diálogo ("Build completed") como se muestra en la Figura D.44.

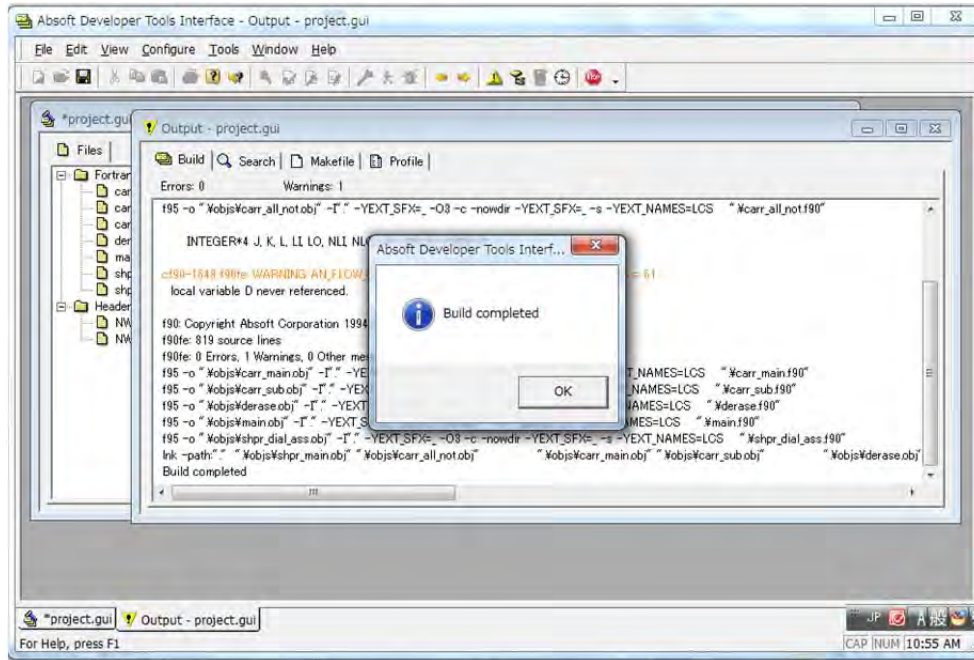


Figura D.44 Ejemplo de operación de computación del modelo (3)

4) Ejecute el programa seleccionando 'Tools' - 'Execute' en la barra de herramientas. Cuando comience, una ventana se abrirá como se muestra en la Figura D.45. El cálculo se ejecutará por algunas horas (dependiendo de las cualidades de la computadora así como del cálculo iterativo determinado). Cuando el cálculo termine, se abrirá una ventana de cálculo como se muestra en la Figura D.46.

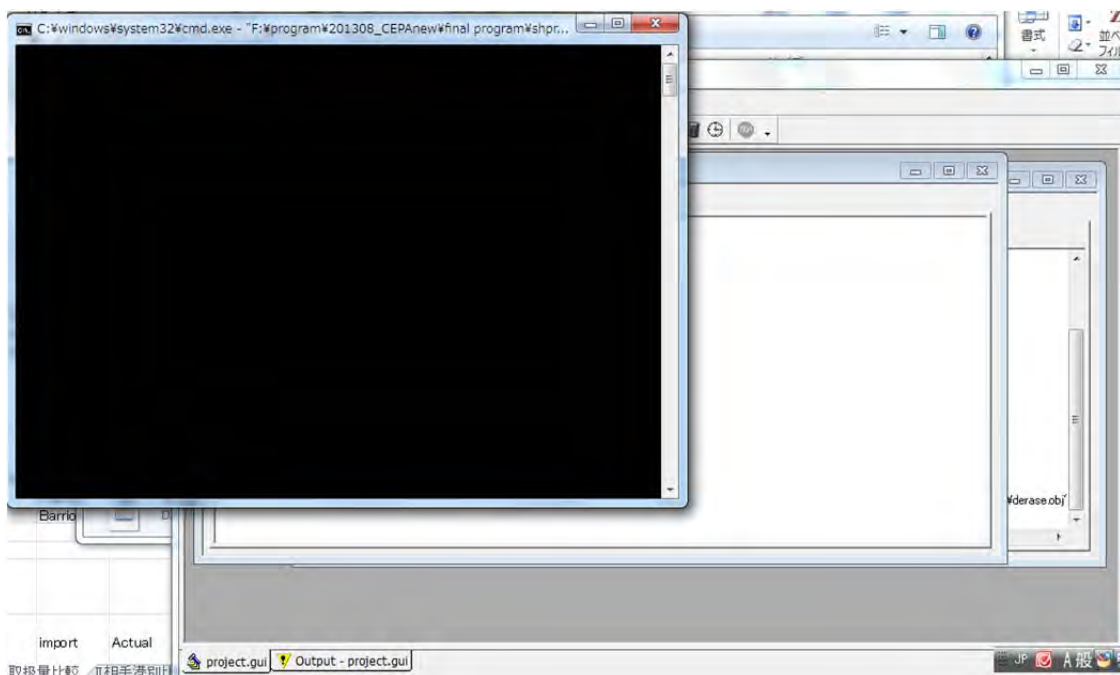


Figura D.45 Ejemplo de operación de computación del modelo (4)

```

C:\windows\system32\cmd.exe
equilibrium calculation No. 4 is completed. Error rate = 1.243680169722234E
-002
Iteration : 1 ,      Convergence Rate:0.0059621012
Iteration : 2 ,      Convergence Rate:0.0030340752
Iteration : 3 ,      Convergence Rate:0.0025246187
Iteration : 4 ,      Convergence Rate:0.0020267062
Iteration : 5 ,      Convergence Rate:0.0020093756
Iteration : 6 ,      Convergence Rate:0.0016231317
Iteration : 7 ,      Convergence Rate:0.0012091139
Iteration : 8 ,      Convergence Rate:0.0012874646
Iteration : 9 ,      Convergence Rate:0.0010297429
Iteration : 10 ,     Convergence Rate:0.0008412082
equilibrium calculation No. 5 is completed. Error rate = 1.158505602044633E
-002
Iteration : 1 ,      Convergence Rate:0.0059640701
Iteration : 2 ,      Convergence Rate:0.0030319562
Iteration : 3 ,      Convergence Rate:0.0025249070
Iteration : 4 ,      Convergence Rate:0.0020417730
Iteration : 5 ,      Convergence Rate:0.0020051066
Iteration : 6 ,      Convergence Rate:0.0016300416
Iteration : 7 ,      Convergence Rate:0.0012050133
Iteration : 8 ,      Convergence Rate:0.0011674706
Iteration : 9 ,      Convergence Rate:0.0009906959
F:\program\201308_CEPAnew\final program>

```

Figura D.46 Ejemplo de operación de computación del modelo (5)

#### D.4.4 Descripción de los archivos de salida (output files)

Hay varios tipos de outputs como el flujo de contenedores, el tiempo de transporte y el costo de transporte para cada conexión incluyendo la marítima, portuaria y terrestre. Los archivos de salida de default del modelo se describen en la Tabla D.39. El usuario puede añadir un archivo(s) de salida original revisando el programa.

Tabla D.39 Lista de archivos de salida del modelo como default

convergence.dat
port_output.dat
port_output2.csv
results_carr.dat
SG_Cost.dat
results_shpr.dat

(1) Output sobre la convergencia ("convergence.dat")

Un archivo "convergence.dat" muestra el término de error (ratio de convergencia) en el cálculo iterativo tanto para el submodelo de transporte marítimo como para el modelo de asignación de carga de contenedores como se muestra en la Tabla D.40. Es una copia exacta de los resultados que se muestran en la ventana de cálculo (ver Figura D.46).

Tabla D.40 Ejemplo de archivo de salida sobre la convergencia ("convergence.dat")

Iteration :	1 ,	Convergence Rate:0.0060528945	} Primer cálculo iterativo del submodelo de transporte marítimo
Iteration :	2 ,	Convergence Rate:0.0031475926	
Iteration :	3 ,	Convergence Rate:0.0024026071	
Iteration :	4 ,	Convergence Rate:0.0016822556	
Iteration :	5 ,	Convergence Rate:0.0018827055	
Iteration :	6 ,	Convergence Rate:0.0016966635	
Iteration :	7 ,	Convergence Rate:0.0013113089	
Iteration :	8 ,	Convergence Rate:0.0012195115	
Iteration :	9 ,	Convergence Rate:0.0010702871	
Iteration :	10 ,	Convergence Rate:0.0009678616	
equilibrium calculation No. 1 is completed. Error rate =		6.010866069519585E-002	} Cálculo del término de error en el primer cálculo iterativo del modelo de asignación de carga de contenedores
Iteration :	1 ,	Convergence Rate:0.0059643401	
Iteration :	2 ,	Convergence Rate:0.0030367353	} Segundo cálculo iterativo del submodelo de transporte marítimo
Iteration :	3 ,	Convergence Rate:0.0025519040	
Iteration :	4 ,	Convergence Rate:0.0020232198	
....			

(2) Outputs del monto de manejo en puertos ("port\_output.dat" and "port\_output2.csv")

El archivo "port\_output.dat" muestra el monto de contenedores que se maneja en cada puerto en exportación, importación y trasbordo, como se muestra en la Tabla D.41. El monto de trasbordo de contenedores también se muestra por cada compañía naviera.

El archivo "port\_output2.csv" muestra no sólo el monto de contenedores que se maneja en cada puerto de CA4 en exportación e importación en el cálculo final, sino también aquellos calculados en la iteración previa como se muestra en la Tabla D.42, de tal manera que se chequea la convergencia del output en términos de producción de contenedores.

Tabla D.41 Ejemplo de archivo de salida sobre el monto de manejo en puertos  
(1: "port\_output.dat")

! Port No., Export amount handled in port (TEU/year), Import amount handled in port (TEU/year), Transshipped amount handled in port (TEU/year), Transshipped amount for each shipping company A, B, C, D, ...										
1	844759	968094	446048	2738	0	4514	32438	...		
2	664227	761204	417472	121901	9972	20679	5015	...		
3	496017	568435	85120	173	50	396	0	...		
...										
58	70191	157932	215021	83521	0	0	0	...		
581	100406	121405	17246	0	1460	812	0	...		
582	30479	60627	0	0	0	0	0	...		
583	0	0	0	0	0	0	0	...		
584	0	0	0	0	0	0	0	...		
585	13315	39015	3257	3257	0	0	0	...		
586	72577	35501	0	0	0	0	0	...		
59	106125	32114	1361823	937398	315717	23427	...			
60	196838	151299	1767354	337885	109550	182100	...			
61	172994	30854	8373	0	0	0	0	...		
62	202477	198863	9492	0.3	0	0	0	...		
621	204162	198253	75750	35272	0	0	0	...		
...										

Tabla D.42 Ejemplo de archivo de salida sobre el monto de manejo en puertos  
(2: "port\_output2.csv")

581	95820.13081	115224.8098	100405.9245	121405.232
582	32054.6965	67291.90032	30479.41202	60626.54362
583	0	0	0	0
584	0	0	0	0
585	13352.716	33529.61927	13314.5915	39014.97808
62	203562.4776	199032.3734	202476.6193	198863.4335
621	206048.9233	203061.2102	204162.3969	198253.479

### (3) Outputs en el comportamiento de las compañías navieras (transportadoras) ("results\_carr.dat" and "SG\_Cost.dat")

El archivo "results\_carr.dat" muestra un output para cada conexión en el submodelo de transporte marítimo. Como se muestra en la Tabla D4.16, incluye el número de conexión (L), el número de compañía naviera (G), el número de servicio de transporte (R), el número de puerto de salida y llegada (P1 y P2), el número de nodo de salida y llegada (N1 y N2) que es utilizado solo en este modelo, el tiempo de transporte (T; en término de horas), la capacidad del buque (Cap; en términos de TEU), el flujo anual de conexión (X; en términos de TEU), el número anual de servicios (Freq), el tiempo adicional debido a congestiones (CT; en términos de horas, ver la Ecuación (D.6) en el Anexo D2), el costo generalizado incluyendo tanto el costo monetario como el costo de tiempo de transporte (G: en términos de US\$/TEU), el costo monetario (C: en término de US\$/TEU) incluyendo el costo en combustibles (FC: en términos de US\$/TEU), el costo capital (CC: en términos de US\$/TEU), el costo operacional (OC: en términos de US\$/TEU), y el costo del canal (PanamaC y SuezC: en términos de US\$/TEU) como se describe en el punto D2.4.

La primera parte del archivo "results\_carr.dat" describe las conexiones en trasbordo y la conexión de selección del transportador en cada puerto para cada compañía. Por ejemplo, una conexión con número de conexión 1 en la Tabla D4.16 representa una conexión de trasbordo en el puerto 1 (Tokio) para la compañía A (Maersk). También, las conexiones con número de conexión 2 y 3, representan una conexión de selección de un transportador (O y D, respectivamente) en el puerto 1 para la compañía A.

La parte final del archivo (en el ejemplo expuesto en la Tabla D.43, dentro y luego del número de conexión 13777) describe las conexiones en el fondeo, la carga, la descarga y la conexión de navegación en cada puerto o cada combinación de puerto de salida y llegada para cada servicio de transporte provisto por las compañías. Por ejemplo, una conexión número 13777 representa una conexión de fondeo en el puerto 26 (Kaohsiung) por el servicio 1 ("servicio AAUS-AUS") provisto por la compañía A (Maersk). Las conexiones con número de conexión 13778 y 13779 representan una conexión de carga y descarga, respectivamente, en el puerto 26 por el servicio 1 provisto por la compañía A. Además, una conexión con número de conexión 13780 representa una conexión de navegación desde el puerto 26 (Kaohsiung) hacia el puerto 21 Shenzhen (Shekou, Chiwan, o Dachan Bay) por el servicio 1 provisto por la compañía A.

De este archivo de salida, se pueden derivar el flujo estimado de contenedores por cada servicio partiendo desde (o llegando hacia) cada puerto, y también, la participación de la compañía naviera en el monto de contenedores manejados en cada puerto.

Tabla D.43 Ejemplo de archivo de salida en el comportamiento de las compañías navieras (1: "results\_carr.dat")

L	G	R	P1	P2	N1	N2	T	Cap	X	Freq	CT	G	C	FC	CC	OC	PanamaC	SuezC
1	1	0	1	1	100000101	100000102	24.0	0.	1369.2	0.	0.	24.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	0	1	1	100000101	104	0.01	0.	83718.2	0.	0.	0.01	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	0	1	1	103	100000102	0.01	0.	48768.8	0.	0.	0.01	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	0	2	2	100000201	100000202	24.0	0.	60950.3	0.	0.	24.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1	0	2	2	100000201	204	0.01	0.	124523.7	0.	0.	0.01	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
....																		
13777	1	1	26	26	100102611	100102612	12.0	381.0	4030.3	52.0	0.	12.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0																	
13778	1	1	26	26	100102611	100002601	0.01	381.0	3685.4	52.0	0.	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0																	
13779	1	1	26	26	100002602	100102612	84.0	381.0	0.0	52.0	0.	84.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0																		
13780	1	1	26	21	100102612	100102111	16.2	381.0	4030.3	52.0	16.2	24.4	67.5	4582.7	721.0	466.9	0.0	0.0
0.0																		
13781	1	1	21	21	100102111	100102112	12.0	381.0	1706.0	52.0	0.	12.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0																	
13782	1	1	21	21	100102111	100002101	0.01	381.0	2324.2	52.0	0.	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0																	
....																		

Un archivo "SG\_Cost.dat" muestra el output en el tiempo de transporte y la carga de mercancías calculada por el submodelo de transporte marítimo para cada combinación de puerto de exportación e importación. Como se muestra en la Tabla D.44, se incluye el cálculo de iteración del modelo de asignación de la carga de contenedores (IT), el número de puerto de exportación e importación (PI y PJ), el volumen anual de contenedores a ser transportados (ej.: la demanda de transporte de carga) desde PI hacia PJ (ODflow; en términos de TEU), el número de compañía

que puede proveer el mínimo tiempo de transporte desde PI hacia PJ (minG), el número de compañía que puede proveer un tiempo de transporte menor que un 10% mayor que el tiempo de transporte mínimo mencionado (numG), el tiempo mínimo de transporte (minUG; en términos de horas) y el tiempo de transporte que cada compañía puede proveer (UG; en términos de horas), la carga de mercancías calculada desde el costo marginal de transporte y el balance de demanda y suministro en el mercado de transporte desde PI hacia PJ (ver el punto 8.8.1 (2)2)) (FM; en términos de US\$/TEU), el costo marginal máximo de transporte fuera del costo marginal de transporte para la compañía que puede proveer un tiempo de transporte menor que un 10% mayor que el tiempo de transporte mínimo (maxMC; en términos de US\$/TEU) y número de compañía que provee el costo marginal máximo de transporte mencionado (maxG), y el costo marginal de transporte para cada compañía naviera (MC; en términos de US\$/TEU).

De este archivo de salida, se adquieren el tiempo de transporte y la carga de mercancías para el transporte de contenedores en cada combinación de puerto PI de exportación y puerto PJ de importación.

Tabla D.44 Ejemplo de archivo de salida en el comportamiento de las compañías navieras (2: "SG\_Cost.dat")

!IT, PI, PJ, ODflow, minG, numG, minUG, UG(company A, ..., AB), FM, maxMC, maxG, MC(company A, ..., AB)
5 1 1 0.0 0 28 1.0E+10 0.0 .... 0.0 1.0E+10 0.0 0 0.0 .... 0.0
5 1 2 0.0 13 13 84.8 85.18 .... 1.0E+10 209.2 209.3 13 202.2 .... 0.0
5 1 3 0.0 10 1 58.7 117.7 .... 1.0E+10 629.0 597.5 10 3501.6 .... 0.0
5 1 4 0.0 4 5 107.3 222.7 .... 1.0E+10 249.2 249.9 4 381.0 .... 0.0
5 1 5 0.0 9 10 102.5 108.0 .... 1.0E+10 335.9 324.6 9 248.7 .... 0.0
....

#### (4) Output en el comportamiento de las navieras ("results\_shpr.dat")

Un archivo "results\_shpr.csv" muestra un output para cada conexión en el modelo de asignación de la carga de contenedores. Como se muestra en la Tabla D.45, incluye el número de conexión (L), el número de puerto o región de salida y llegada (P1/R1 y P2/R2), el número de nodo de salida y llegada (N1 y N2) que solo es utilizado en este modelo, el costo generalizado incluyendo tanto el costo monetario como el costo de tiempo de transporte (G: en términos de US\$/TEU), el tiempo de transporte (T; en términos de horas), y el costo monetario (C: en términos de US\$/TEU).

Las conexiones descriptas en el archivo consisten en tres partes: conexión terrestre, portuaria, y marítima.

La primera parte del archivo (en el ejemplo presentado en la Tabla D.45, desde el número de conexión número 1 al 400) describe la conexión de transporte terrestre en los países de CA4 desde una región de origen RI a un puerto de exportación PI, o desde un puerto de importación PI hacia una región de destino RJ. Cuando el último dígito de N1 o N2 es cinco o seis, es una región de origen y llegada, respectivamente. Cuando el último dígito de N1 o N2 es tres o cuatro, es un puerto de exportación e importación, respectivamente. Por ejemplo, una conexión con número 1 en la Tabla D.45 representa una conexión para contenedores de importación desde el puerto 582 (Acajutla) hacia la región 581 (Guatemala). Además, una conexión con un número de conexión 2 representa una conexión de contenedores de exportación desde la región 581 hacia el puerto 582.



La segunda parte del archivo (en el ejemplo expuesto en la Tabla D.45, desde el número de conexión 401 hasta el 728) describe la conexión de exportación e importación en cada puerto PI. Por ejemplo, una conexión con número de conexión 401 representa una conexión de importación en el puerto 1 (Tokio) y una conexión con número de conexión 402 representa una conexión de exportación en el puerto 1. Nótese que solo es considerado el tiempo de manejo para la exportación e importación en estas conexiones, como se describe en la Ecuación (6) y (8) en el punto 8.6.1, excepto en el Puerto de Acajutla, donde se considera un tiempo adicional debido a la congestión en el manejo cuando el número de contenedores excede la capacidad del puerto, como se describe en la Ecuación (16') y (17') en el punto 9.2.2 (2).

La tercer parte del archivo (en el ejemplo expuesto en la Tabla D.45, desde el número de conexión 729 hasta el final del archivo) describe la conexión de transporte marítimo desde un puerto de exportación PI hacia un puerto de exportación PJ. Los outputs en esta parte como el tiempo de transporte (T) y el costo monetario (C) son muy similares al costo mínimo de transporte (minUG) y la carga de mercancías (FM) en el archivo "SG\_cost.dat" como se describe en el punto (3).



Tabla D.45 Ejemplo de archivo de salida en el comportamiento de las navieras  
(1: "results\_shpr.dat")

! L, PI/ZI, PJ/ZJ, N1, N2, Flow, G, T, C									
1	582	581	58204	58106	4346.6	627.5	28.4	400.5	
2	581	582	58105	58203	8004.1	627.5	28.4	400.5	
3	583	581	58304	58106	0.0	1001.6	32.2	744.0	
4	581	583	58105	58303	0.0	1001.6	32.2	744.0	
5	584	581	58404	58106	0.0	1641.9	90.8	915.3	
6	581	584	58105	58403	0.0	1641.9	90.8	915.3	
7	585	581	58504	58106	0.0103	2632.8	169.4	1277.6	
8	581	585	58105	58503	2.43E-8	2632.8	169.4	1277.6	
9	62	581	6204	58106	20724.1	1158.2	63.9	646.8	
10	581	62	58105	6203	20467.3	1158.2	63.9	646.8	
....									
73	1	1	104	106	968094.0567	0.09	0.01	0.01	
74	1	1	105	103	844759.0492	0.09	0.01	0.01	
75	2	2	204	206	761203.7395	0.09	0.01	0.01	
76	2	2	205	203	664226.521	0.09	0.01	0.01	
77	3	3	304	306	568435.3021	0.09	0.01	0.01	
78	3	3	305	303	496016.7475	0.09	0.01	0.01	
79	4	4	404	406	334124.4959	0.09	0.01	0.01	
....									
401	1	1	101	104	968094.0567	192.01	24	0.01	
402	1	1	103	102	844759.0492	384.01	48	0.01	
403	2	2	201	204	761203.7395	192.01	24	0.01	
404	2	2	203	202	664226.521	384.01	48	0.01	
405	3	3	301	304	568435.3021	192.01	24	0.01	
406	3	3	303	302	496016.7475	384.01	48	0.01	
....									
729	1	1	102	101	0	90000000000	10000000000	10000000000	
730	1	2	102	201	0	887.6850209	84.8057914	209.2386897	
731	1	3	102	301	0	1098.061542	58.63891103	628.950254	
732	1	4	102	401	0	1108.021954	107.3480699	249.2373949	
733	1	5	102	501	0	1150.813228	101.8584969	335.9452525	
734	1	6	102	601	0	2135.135639	210.4634435	451.428091	
735	1	7	102	701	64451.4069	1486.908703	144.7192614	329.1546122	
736	1	8	102	801	15196.82578	2256.977825	227.2472807	438.999579	
737	1	9	102	901	4728.614508	3460.964824	350.43092	657.5174642	
738	1	10	102	1001	11400.92528	2571.349725	258.8945561	500.1932765	
....									