

Una prueba de presión de agua indicó una correcta impermeabilidad de la roca frente al flujo de tan baja carga como el que se desarrolla en el canal abierto. Sin embargo, sería un procedimiento apropiado, diseñar un recubrimiento artificial de la sección del canal con hormigón o carpeta de tierra para garantizar su impermeabilización, considerando las condiciones de percolación de las rocas que muestran variaciones locales en intensidad de meteorización y deterioro.

Las características de hinchamiento y deleznamiento de la roca y del material del suelo originado por la misma roca puede causar un problema igual en la ruta del canal abierto. Considerando que esta característica geotécnica no puede evitarse totalmente en la extensa región donde se desarrolla la Formación Onzole, entonces los aspectos desfavorables de ella tendrán que tratarse con el diseño de medidas de protección. Afortunadamente, las tendencias al hinchamiento y deleznamiento no son ni tan altas ni prevalentes en todos los lechos de roca. Desde un punto de vista práctico, un leve hinchamiento en un talud de corte del canal no sería seriamente peligroso. Si hubiere deleznamiento, éste puede prevenirse cubriendo la roca con hormigón lanzado o material de tierra.

El depósito aluvial podría ser de gran espesor, esto es, de hasta 10 metros, en el fondo de las cañadas en la ruta del canal abierto, las cuales deberán cruzarse mediante sifones.

En las fundaciones de la subestación Severino y de las torres de la línea de transmisión, la capa de suelo es fina y la roca meteorizada de resistencia suficiente se alcanzará a una profundidad de unos pocos metros. No se prevé ningún problema para la fundación de las estructuras para el suministro de energía eléctrica.

### 3.5.2 Materiales de construcción

La investigación de materiales de construcción se llevó a cabo para aclarar la calidad y cantidad disponible de materiales a ser usada por el Proyecto y comprendió los siguientes aspectos:

- (1) Agregados del hormigón
- (2) Ensayos de mezclas de hormigón
- (3) Materiales de suelos

## (1) Agregados del hormigón

### (A) Localización de las fuentes del material

Las fuentes probables de arena y grava se muestran en la Figura 3.5.1.

#### (i) Las áreas de préstamo y canteras de arena se localizan en:

- Río San Pablo, Quevedo: 170 km al este de Portoviejo
- Cantera Basáltica Picoazá: 16 km al oeste de Portoviejo
- San Jacinto: 54 km nor oeste de Portoviejo

#### (ii) Las canteras/depósitos del río se localizan en:

- Río San Pablo, Quevedo: 170 km al este de Portoviejo
- Canteras alrededor del área de Picoazá:
- Cantera Basáltica Picoazá: 16 km al oeste de Portoviejo
- San Carlos/Río de Oro: 14 km al oeste de Portoviejo
- Carlos Poggi: 15 km al oeste de Portoviejo

### (B) Cantidades de agregado requeridas

De acuerdo a los volúmenes estimados de hormigón y hormigón lanzado para las estructuras de acuerdo al diseño, es de aproximadamente  $230.000 \text{ m}^3$ , las cantidades asumidas de agregado se consideran en el siguiente volumen:

$$\text{Agregados finos: } 230.000 \text{ m}^3 \times 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ de hormigón} = 92.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados gruesos: } 230.000 \text{ m}^3 \times 0,75 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ de hormigón} = 172.500 \text{ m}^3$$

- Actual cantera en Picoazá. Basalto de buena calidad en cantidades suficientes a una distancia de 16 km desde Portoviejo.
- Depósito del río en Quevedo. Buena calidad de arena y grava de origen andesítico en cantidades suficientes, a una distancia de 170 km.

Las áreas de préstamo/canteras de grava y arena mencionadas arriba han sido investigadas para averiguar si es posible obtener las cantidad y calidad requeridas de materiales de agregado. A partir de los resultados de las investigaciones, se ha concluido que el material de Picoazá cumple los requisitos.

### 1) Agregado fino

Se efectuó un reconocimiento de sitio y una investigación de la disponibilidad en los alrededores del área del Proyecto, así como también en las cercanías de la ciudad de Portoviejo de acuerdo con la descripción del informe de la investigación de materiales en el estudio de factibilidad.

Las fuentes probables de arena ( de tamaño de grano menor a los 5 mm) para agregado fino fueron consideradas en:

#### (i) Quevedo, río San Pablo

La arena está disponible como depósitos en el río San Pablo cerca de la ciudad de Quevedo. El área del depósito cubre una superficie de aproximadamente 100 ha, lo cual es suficiente para proveer la cantidad total de agregado requerida. La concesión del depósito le pertenece al MOP (Ministerio de Obras Públicas). Es arena del tipo andesítico. La localización del área de préstamo está a 170 km de Portoviejo, tal como se muestra en la Figura 3.5.1.

#### (ii) Picoazá, cantera basáltica Picoazá

Aquí se procesa la piedra para producir arena utilizando para ello un molino de barras con una capacidad de 30 ton/h. Agregados finos procesados en un molino secundario se alimentan al molino de barras, se trituran, tamizan y se lavan utilizando un clasificador espiral del tipo húmedo para controlar el módulo de finura de la arena. Es arena del tipo basáltica. Actualmente, casi toda la arena que se procesa en este sitio abastece al Proyecto de la presa La Esperanza como material de agregado fino para las estructuras de hormigón. Debido a que el área de concesión de esta cantera cubre más de 200 ha, ésta puede producir la cantidad suficiente de agregado requerido. La localización de esta cantera se muestra en la Figura 3.5.2, a 16 km de la ciudad de Portoviejo.

#### (iii) Arena San Jacinto

Considerando la calidad del hormigón, la arena de mar es inapropiada debido a que contiene sal. Sin embargo, en la ciudad de Portoviejo y en sus alrededores se usa arena de mar como agregado fino, proveniente de las playas de San Jacinto, Crucita, San Clemente y Manta, de ellas se obtuvieron muestras por considerarlas como fuentes probables de material. Como la arena se encuentra sobre una superficie de más de 10 km

a lo largo de la playa, se considera la cantidad de agregado fino como suficiente. El sitio se muestra en la Figura 3.5.1 y está localizado a 54 km desde Portoviejo

## 2) Agregado grueso

### (A) Fuentes de agregado grueso

Las posibles fuentes de agregado grueso, recomendadas en el informe del estudio de factibilidad son las siguientes:

- Actual cantera en Picoazá: agregado tipo basalto de buena calidad y en cantidad suficiente, localizado a una distancia de 16 km desde Portoviejo.
- Depósito del río en Quevedo: Agregado de buena calidad, del tipo andesítico, en cantidad suficiente y a una distancia de 170 km desde Portoviejo.

El reconocimiento del sitio y las investigaciones de cantidades de agregado grueso se desarrollaron al mismo tiempo que la investigación para agregado fino. En San Pablo, Quevedo, se dispone de un depósito aluvial de piedra del tipo andesítico, y una planta de trituración/tamizado que está siendo operada por el MOP en el sitio. Sin embargo, debido a que únicamente se procesan agregados de menor tamaño para pavimento asfáltico (tamaño máximo: 13 mm), el muestreo fue considerado innecesario.

En el área de Picoazá, existen cuatro canteras de piedra operadas por igual número de empresas. El tipo de roca en todas ellas es el basalto. La capacidad de producción (más de 150 ton/h) y el área de concesión (más de 100 ha) son consideradas suficientes para abastecer de agregados del hormigón al Proyecto. La distancia desde las canteras a Portoviejo oscila entre los 14 a 16 km.

Como resultado de la investigación de campo, el muestreo del material se realizó en la cantera San Carlos/Río de Oro y las muestras se enviaron al laboratorio en Quito para las pruebas de mezclas de hormigón y de agregados.

## (2) Pruebas de mezclas de hormigón

### (1) Generalidades

Las pruebas de mezclas de hormigón fueron desarrolladas para estimar las dosificaciones de agua, agregado y aditivo de acuerdo a las condiciones especificadas de tamaño máximo de agregado grueso, resistencia a la compresión de diseño, asentamiento, etc.

### (2) Condiciones de las pruebas de mezclas de hormigón

Las condiciones de diseño de las pruebas de mezclas de hormigón se determinaron tentativamente del modo siguiente:

Tipo de hormigón	Tamaño máximo de agregado (mm)	Resistencia a la compresión de diseño $s_{28}$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Asentamiento (cm)
A-1	25	300	10-14
A-2	25	210	10-14
B-1	40	300	8-12
B-2	40	240	8-12
B-3	40	210	8-12
B-4	40	170	8-12

### (3) Materiales de mezcla

Los siguientes materiales se utilizaron para las pruebas de mezclas de hormigón:

- i). Agua : Agua limpia
- ii). Cemento : Cemento Portland, tipo 1E
- iii). Agregado fino :
  - Cantera Quevedo; arena de río
  - Cantera Picoazá; arena molida
  - San Jacinto; arena de playa
- iv). Agregado grueso : San carlos; piedra de cantera
- v). Reductor de agua y agente AE : Airbeton, Resin Vinso I

#### (4) Pruebas de mezclas de hormigón

Las dosificaciones del hormigón se determinaron sobre la base de la Dosificación Básica de la Tabla 'Pruebas de Mezclas de Hormigón' en las Especificaciones Técnicas, de acuerdo al procedimiento de la ACI.

Los resultados de las pruebas de muestras de concreto curados a los 28 días se muestran a continuación.

##### (a) Prueba-1: Resistencia a los 28 días utilizando la arena Quevedo

Prueba-1 Tipo de hormigón	No. 1 kg/cm <sup>2</sup>	No. 2 kg/cm <sup>2</sup>	No. 3 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia Esperada de la mezcla kg/cm <sup>2</sup>
A-1	245	168	163	192	300
A-2	110	104	109	108	210
B-1	201	204	148	184	300
B-2	145	145	144	145	240
B-3	136	126	134	132	210
B-4	76	83	87	82	170

Nota: M.F. de la arena: 1,66

##### (b) Prueba-2: Resistencia a los 28 días utilizando la arena Picoazá

Prueba-2 Tipo de hormigón	No. 1 kg/cm <sup>2</sup>	No. 2 kg/cm <sup>2</sup>	No. 3 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia Esperada de la mezcla kg/cm <sup>2</sup>
A-1	168	154	167	163	300
A-2	134	138	145	139	210
B-1	226	196	214	212	300
B-2	143	143	144	143	240
B-3	124	123	128	125	210
B-4	86	78	85	83	170

Nota: M.F. de la arena: 2,65

(c) Prueba-3: Resistencia a los 28 días utilizando la arena San Jacinto

Prueba-3 Tipo de hormigón	No. 1 kg/cm <sup>2</sup>	No. 2 kg/cm <sup>2</sup>	No. 3 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia Esperada de la mezcla kg/cm <sup>2</sup>
A-1	190	192	192	191	300
A-2	109	107	107	108	210
B-1	194	190	179	188	300
B-2	124	136	129	130	240
B-3	95	94	91	94	210
B-4	61	94	94	62	170

Nota: M.F. de la arena: 1,00

(3) Análisis de materiales de suelos

(A) Generalidades

Los resultados de varios ensayos de suelos en el Informe Final del Estudio de Factibilidad, mostraron que, el tipo de roca en el área del canal abierto eran limos arcillosos y roca meteorizada. Este concluyó que los limos arcillosos a lo largo de la ruta del canal abierto mostraron una tendencia crítica al hinchamiento que afectaría al recubrimiento de hormigón, y el uso del material como terraplén no es apropiado debido al encogimiento esperado. El informe recomendó la realización de investigaciones más detalladas de suelos a realizarse en la etapa de diseño detallado.

Los suelos que se utilizarán en el terraplén del canal abierto Severino fueron analizados mediante calicatas, y dichas muestras se enviaron al laboratorio en Quito para su análisis en la presente etapa de diseño detallado.

(B) Localización de las calicatas y muestreo

Se efectuaron calicatas a lo largo de la ruta del canal abierto, tomándose las muestras de los materiales a ser usados como material del terraplén, para investigar sus características. Asimismo, se realizaron calicatas a lo largo de la ruta de la línea de transmisión con el propósito de obtener los parámetros que permitan el diseño de las fundaciones de las torres.

La localización de las calicatas se muestran en las Figuras 3.5.3 y 3.5.4. Se efectuaron 10 calicatas para el canal abierto Severino y 5 para la línea de transmisión.

A lo largo del canal abierto Severino, se tomaron 20 muestras alteradas, 2 para cada calicata, la una a la profundidad de entre 0 a 2 m y la otra a una profundidad de entre 2 y 5 m.

#### (C) Ensayos de laboratorio

Los siguientes ensayos de laboratorio se efectuaron en las muestras tomadas de las calicatas para determinar las características de los suelos:

- Contenido de humedad natural	:	20 pruebas ASTM D-2216
- Gravedad específica	:	20 pruebas ASTM D-854
- Peso unitario	:	10 pruebas ASTM C-29
- Análisis granulométrico	:	20 pruebas ASTM D-422
- Límite Atterberg	:	20 pruebas ASTM D-423 y D-424
- Compresión uniaxial	:	10 pruebas ASTM D-2166
- Compresión triaxial (uu)	:	10 pruebas ASTM D-2850
- Consolidación	:	10 pruebas ASTM D-2435
- Compactación Proctor	:	15 pruebas ASTM D-698
- Hinchamiento	:	20 pruebas ASTM D-4546
- Encogimiento	:	20 pruebas ASTM D-427
- Ensayo Pin-hole	:	20 pruebas ASTM D-4647

#### (D) Resultados de los ensayos

Los resultados de los ensayos se resumen y se muestran en la Tabla 3.5.3

#### (4) Conclusiones y recomendaciones

##### (A) Investigación de agregados del hormigón

Las investigaciones se llevaron a cabo con el fin de encontrar los posibles sitios de préstamo de agregados, la calidad y cantidad disponible del material, y su distancia de transporte.

##### 1) Agregado fino

##### a) Quevedo, Río San Pablo

Este depósito del río puede abastecer una cantidad suficiente de agregado fino al

proyecto, pero la calidad del material resultó poco satisfactoria en los análisis de laboratorio debido al contenido de impurezas orgánicas. Más aún, la distancia de transporte del material es grande, de aproximadamente 170 km.

b) Picoazá, Cantera Basáltica Picoazá

Considerando la calidad de la arena, la cantidad de material disponible, la capacidad de abastecimiento y la distancia de transporte; esta cantera es una de las mejores fuentes de agregado fino para el Proyecto.

c) Arena San Jacinto

La calidad es de grado inferior debido al alto contenido de material fino y a la contaminación con agua salada. Si es que se considera usar este material con la intención de ajustar el módulo de finura combinándolo con la arena Picoazá, deberá emplearse un lavado completo de esta arena.

2) Agregado grueso

En el área de Picoazá existen cuatro canteras de agregados pétreos operada por tres empresas. El material que se procesa en ellas es el mismo. La calidad del agregado es aceptable para el uso en el hormigón de acuerdo al reporte de laboratorio. Sin embargo, se recomienda una mayor investigación mediante pruebas de laboratorio, para los materiales finos, de grano inferior a los 75 mm de tamiz (ASTM C-117).

Existe una buena calidad y cantidad suficiente para abastecer la demanda del Proyecto.

(B) Pruebas de mezclas de hormigón

En las pruebas, ninguna de las probetas logró la resistencia de diseño de 28 días. Las resistencias menores obtenidas en la Prueba-1 y Prueba-3 se han considerado producto de la mala calidad de la arena utilizada. Sin embargo, a pesar de usar agregado fino de mejor calidad, la resistencia a la compresión de diseño tampoco se alcanzó en la Prueba-2.

Las resistencias con valores inferiores al esperado se atribuyen, probablemente, a la calidad del cemento. Aún cuando no se incluyó al cemento en la investigación de materiales de este estudio, los datos recopilados del fabricante de cemento, referentes a la resistencia a la compresión de morteros de cemento, dieron valores

del orden de un 30% inferior al valor esperado. Otro factor importante que afecta la resistencia del hormigón es la finura del cemento. De acuerdo al Manual del Hormigón, publicado por la Oficina de Reclamos del Departamento del Interior de los EE.UU., el valor medio de la superficie específica del cemento deberá ser mayor que los 2.800 centímetros cuadrados por gramo. En consideración a ello, se recomienda efectuar un ensayo detallado del cemento en una fecha posterior.

Durante la Fase 2 del Estudio en Ecuador se hicieron algunas investigaciones, principalmente para las mezclas de hormigón, las cuales no arrojaron resultados satisfactorios durante la Fase 1 del Estudio. Se recolectaron los resultados de los ensayos de mezclas de hormigón de los informes de la construcción de las obras de entrada en Conguillo ejecutadas en 1989-1990 y de la construcción actual de la presa La Esperanza. Estos datos existentes de mezclas de hormigón indican que se requiere más de 300 kg de cemento para producir 1,0 m<sup>3</sup> de hormigón con una resistencia a la compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup>. En la construcción de la presa La Esperanza, el concreto estructural bombeable con tamaño máximo de agregados de 25 mm contiene 380 kg/m<sup>3</sup> de cemento para obtener un hormigón con resistencia promedio a los 28 días de 290 kg/cm<sup>2</sup> con una resistencia garantizada de 253 kg/cm<sup>2</sup>.

#### (C) Materiales de suelos

Los resultados de los ensayos de suelos mostraron que éstos se componían de materiales de partículas finas (debajo de los 75 mm) de limolitas meteorizadas, clasificados como MH o CH, o en partes como ML y CL. En general los materiales apropiados para terraplenes requieren de una buena compactibilidad, un bajo encogimiento y solamente un ligero descenso en la resistencia al corte cuando se incrementa el volumen de agua.

Las "Normas de Diseño y Construcción de la Asociación de Caminos del Japón" y el "Manual de Suelos, de la Oficina de Reclamaciones de los EE.UU." recomiendan para el material de terraplenes, que cumplan las siguientes características:

- Tamaño máximo de partículas : 100 mm
- Porcentaje de peso pasa tamiz de 4,76 mm : 25-50%
- Porcentaje en peso pasa tamiz de 75 mm : 0-25%
- Límite plástico : inferior a 10

Los resultados de los ensayos mostraron que ninguna de las muestras cumplieron las especificaciones arriba indicadas, estableciéndose las siguientes conclusiones:

- i) El suelo tiene una mala característica de compactación. Los ensayos de compactación Proctor indicaron que el porcentaje del contenido óptimo de humedad es muy alto (31 - 46 %) y  $gd\text{ máx}$  es muy bajo ( $1,06 - 1,39\text{ g/cm}^3$ ).
- ii) Los valores de la presión de hinchamiento son ligeramente elevados ( $2 - 25\text{ t/m}^2$ ), que podría ser perjudicial para el recubrimiento de hormigón.
- iii) El cambio de volumen debido al encogimiento es muy alto (25 - 57 %). Habrá entonces, una posibilidad de deleznamiento si el suelo está seco y se sumerge repetidamente no sólo al material de terraplén sino también a la superficie de corte del canal.

Con estas consideraciones, estos suelos son inapropiados como material de terraplén, pero si se toman las medidas de protección, no es necesario rechazar totalmente el uso de ellos.

### **3.6 Estudio Ambiental**

#### **3.6.1 Objetivos y Método**

Los objetivos del presente estudio ambiental son:

- i) Revisar la información ambiental existente.
- ii) Evaluar las condiciones actuales y futuras de la calidad del agua en el área de estudio, basadas en nuevos análisis de calidad de agua.
- iii) Establecer los lineamientos del programa para la prevención del deterioro de la calidad del agua en los embalses.
- iv) Establecer los lineamientos para el plan de manejo y conservación de las áreas adyacentes a los embalses.
- v) Establecer los lineamientos para la protección del manglar y habitat del Chame, en los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo y en las ciénagas.

vi) Establecer un programa para la operación de la compuerta Simbocal.

Los objetivos mencionados se desarrollan en base a la información ambiental actual, al reconocimiento de las obras del proyecto, visitas al campo, generación de nuevos datos y entrevistas con autoridades y personal asociadas al proyecto. Todo esto con el fin de elaborar un documento que será la base del desarrollo e implementación del plan de manejo y monitoreo ambiental por parte del CRM.

(1) Resumen del reconocimiento de las obras del Proyecto

Durante el presente estudio se llevó a efecto un reconocimiento general de las obras del proyecto, incluyendo lo siguiente:

- Túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza
- Estación de Bombeo Severino
- Canal abierto Severino
- Túnel de derivación La Esperanza ~ Poza Honda
- Línea de Transmisión Daule - Peripa ~ Severino
- Carreteras de acceso

No se esperan mayores impactos ambientales por la construcción de los túneles debido a que será realizada subterráneamente. En las áreas de la estación de bombeo y canal abierto tampoco se esperan mayores impactos. El área en general es altamente deforestada y con baja densidad de población.

En el área de la línea de transmisión, a la llegada en la margen derecha del río Daule e inmediatamente aguas abajo de la presa Daule-Peripa, existe una zona declarada reserva ecológica por CEDEGE con una extensión de 200 ha. Esta zona se encuentra en un proceso de reforestación sostenido y manejo ambiental integral por lo que se recomienda que la línea de transmisión no debe pasar a través de esta área.

Las carreteras de acceso pueden incentivar nuevos asentamientos poblacionales hacia las áreas adyacentes, y pueden incrementar el valor de las tierras. Aunque en general, la apertura o mejoramiento de una carretera rural podría causar deforestación, en las áreas

vecinas a las carreteras de acceso la deforestación ya se encuentra en proceso, y la condición actual de los caminos no ha impedido el proceso masivo de deforestación. Por lo que, el mejoramiento de los caminos no produciría un impacto significativo en la ya iniciada deforestación.

La implementación de los planes de manejo ambiental para los embalses serían una forma de controlar los nuevos asentamientos, que causarían la construcción y/o mejoramiento de las carreteras, sobre las áreas adyacentes a los mismos, especialmente en Poza Honda.

Los habitantes de Membrillo, que viven cerca del portal de salida Membrillo en La Esperanza, dependerían más que antes de la transportación fluvial. Se tendrían que considerar medidas preventivas para evitar contaminaciones puntuales dentro del embalse ocasionadas por los embarcaderos.

### 3.6.2 Huestreo para el Análisis de la Calidad del Agua

Se tomaron muestras de agua en 17 estaciones predeterminadas en el área del proyecto, tal como se muestra en la figura 3.3.4. El muestreo se efectuó durante la estación seca (noviembre 18 a diciembre 3 de 1993, mayo 30 a junio 13, y 15 al 29 de agosto de 1994), y durante la estación de lluvias (enero 10 al 28, 1994). En cada sitio se evaluaron veinte y seis (26) parámetros fisico-químicos, y los resultados, de DBO, DCO, T-N y T-P, se utilizaron para el análisis de la carga contaminante. Aunque no se encontró en el área ninguna industria que pudiera ser causa de contaminación, sin embargo se hicieron pruebas para detectar metales pesados.

### 3.6.3 Calidad del Agua en los Embalses

La calidad del agua del embalse Daule - Peripa determina la calidad del agua del embalse La Esperanza conjuntamente con la calidad del agua de su propia cuenca.

La calidad del agua de La Esperanza (C2), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C2 = (L0 + L1) / (Q0 + Q1) = (Q0 * C0 + Q1 * C1) / (Q0 + Q1)$$

Donde:

C2 = Calidad del agua en el embalse La Esperanza

L0 = Carga proveniente del embalse Daule - Peripa

Q0 = Volumen de agua proveniente del embalse Daule - Peripa

C0 = Calidad del agua derivada

L1 = Carga anual que recibe el embalse La Esperanza debido a su propia cuenca

Q1 = Volumen de agua anual que recibe el embalse La Esperanza debido a su propia cuenca.

C1 = Calidad del agua de la propia cuenca La Esperanza

La calidad de agua de Poza Honda, se calcula mediante el mismo método, donde L0, Q0 y C0 son los mismos valores que los del embalse La Esperanza. La compatibilidad del agua para fines de riego de los embalses Daule-Peripa, La Esperanza y Poza Honda y como fuentes de agua cruda para las plantas de tratamiento para consumo doméstico se evalúan posteriormente en el numeral 1.3.2 de esta subsección.

Mediante la utilización de la ecuación arriba descrita y con la información existente en Daule - Peripa, La Esperanza y Poza Honda de la Tabla 3.6.1, se predice la calidad futura del agua, y los resultados se muestran en la Tabla 3.6.2.

La calidad futura del agua en La Esperanza será mejor que la calidad del agua en Daule - Peripa en términos de DBO y QDO, pero peor en términos de T-N, y T-P. En el embalse Poza Honda la calidad de agua se mantendrá excepto por el DQO que sufre un ligero aumento de 1,58 mg/l, por lo que no se espera un impacto significativo debido a este incremento.

#### (1) Eutrofización

El pasado, presente y futuro de la calidad de agua de Poza Honda y La Esperanza, se ha evaluado usando información existente (1981-1984), y aplicando el programa computacional para lagos tropicales (LACAT), desarrollado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS) y utilizando el concepto de regresión múltiple para el fósforo total:

$$[T-P] = 0,290 L (p)^{0,891} Tw^{0,676} / Z^{0,934}$$

Donde:

[T-P] = Fósforo total (mg/l) para la evaluación de la condición de eutrofización

L (p) = Carga anual por superficie del fósforo ( $\text{g/m}^2/\text{año}$ ) =  $V/A$

Tw = Tiempo de retención (años) =  $V/Q$

Z = Profundidad del embalse en metros =  $V/A$

L = Carga anual de fósforo que entra al embalse (t/año) =  $Q \cdot P$

Q = Volumen anual de agua que entra al embalse (MMC/año)

P = Concentración de fósforo en el agua que entra al embalse (mg/l)

A = Área del embalse ( $\text{km}^2$ )

V = Volumen total de almacenamiento del embalse (MMC)

Adicionalmente, en el presente estudio se utilizó también otra fórmula desarrollada por CEPIS para lagos tropicales (Salas y Limón, 1985).

$$P(f) = \left( \frac{L(P)}{Z} \right) \left( \frac{Tw^{3/4}}{3} \right)$$

Donde:

P(f) = Concentración de fósforo resultante, en  $\text{g/m}^3$

Los rangos de eutrofización para ambos casos son:

Nivel trófico	[T-P] ó P(f) (mg/l) (g/m <sup>3</sup> )
Oligotrófico	$\leq 0,01$
Mesotrófico	0,01 – 0,03
Eutrófico	0,03 – 0,1
Hiperotrófico	$\geq 0,1$

La condición trófica del embalse Poza Honda se ha evaluado por los procedimientos antes mencionados, tal como sigue.

### Condición Trófica del Embalse Poza Honda

Año	[T-P] (mg/l)	P(f) (g/m <sup>3</sup> )	Mayor porbab. trófica	Referencia
1981	0,218	0,41	Hiperutrófico	Vásconez
1982	0,278	0,39	Hiperotrófico	Vásconez
1987	0,078	0,066	Eutrófico	PHIMA-OEA
1992	0,048	0,052	Eutrófico	CRM - JICA
1994	0,06	0,065	Eutrófico	JICA
Estimación futura	0.070	0,082	Eutrófico	JICA

El estudio trófico del PHIMA/OEA, determinó que para 1983 los principales factores que afectaban a la eutrofización eran las prácticas agropecuarias con una contribución del 74% de la carga de fósforo, la desforestación de las cuencas, las pendientes pronunciadas que favorecen la erosión, el proceso de sedimentación y la consecuente lixiviación de los nutrientes hacia el embalse. La eutrofización se convertía en con caso serio en el futuro de no implementarse el Programa de Prevención del Deterioro de la Calidad del Agua y el establecimiento de la conservación de las áreas adyacentes al embalse.

La calidad del agua en La Esperanza se ha evaluado con los mismos procedimientos anteriores y su estado trófico se ha determinado tal conso sigue:

### Condición Trófica del Embalse La Esperanza

Año	[T-P] (mg/l)	P(f) (g/m <sup>3</sup> )	Mayor porbab. trófica	Referencia
1992	0,061	0,069	Eutrófico alto	CRM - JICA
1994	0,063	0,068	Eutrófico medio	JICA
Estimación futura	0,066	0,072	Eutrófico alto	JICA

No se esperan cambios drásticos en el estado trófico de La Esperanza si se remueve del embalse la biomasa vegetal existente antes de la inundación, y si es que se implementa un plan de manejo, como medida de control a largo plazo.

(2) Compatibilidad del agua de los embalses con los distintos usos.

Los siguientes parámetros básicos vigentes en el Ecuador según el Registro Oficial del 5 de Junio de 1989, se han considerado para evaluar la compatibilidad del agua cruda a ser tratada para propósitos de potabilidad.

Parámetro	Unidad	Tipo de Tratamiento	
		Convencional	Desinfección
Valor máximo permisible			
DBO-5	mg/l	2	2
Coliformes fecales	MPN/100 ml	600	20
Coliformes totales	MPN/100 ml	3000	100
OD	mg/l	mayor que 4	mayor que 6
PH	Unidad	6-9 (rango)	6-9 (rango)
Color	Unidades	100	20
Cloruros	mg/l	250	250
Turbiedad	Unidades	100	10

Excepto por el DBO en todos los embalses y OD en Daule - Peripa, los parámetros revisados indican una buena fuente de agua cruda para plantas de tratamiento, requiriendo un tratamiento convencional para uso con fines de agua potable. Los valores, bajos de OD en Daule - Peripa tienen que ver con la infestación masiva de la maleza acuática (*Eichhornia crassipes*).

La compatibilidad del agua de los embalses con fines de riego, fue evaluada de acuerdo a la siguiente clasificación de conductividad eléctrica y sales presentes en los mismos.

**Conductividad Eléctrica (Umohs/cm)**

RAS (*) (meq/l)	Grado de Restricción		
	Ninguno	Ligero - Moderado	Severo
0-3	< 200	200 - 700	> 700
3-6	< 300	300 - 1,200	> 1,200
6-12	< 500	500 - 1,900	> 1,900
12-20	< 1,300	1,300 - 2,900	> 2,900
20-40	< 2,900	2,900 - 5,000	> 5,000

**Sales presentes en el agua de los embalses**

Indicador	Unidad	Daule - Peripa	La Esperanza	Poza Honda
Conductividad	Umhos/cm	149,50	516,66	335,37
Sodio como Na	mg/l	11,30	32,83	23,50
	meq/l	0,49	1,43	1,01
Calcio como Ca	mg/l	14,38	46,17	28,67
	meq/l	0,72	2,30	1,43
Magnesio	mg/l	8,82	15,50	8,00
	meq/l	0,72	1,28	0,66
RAS(*)	meq/l	0,58	1,07	0,70

(\*) Absorción relativa de Sodio =  $\left( \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg} / 2)}} \right)$  (meq/l)

En conclusión las aguas del embalse Daule-Peripa no presentan ningún grado de restricción para ser utilizadas con fines de riego, mientras las aguas de los embalses La Esperanza y Poza Honda presentan una ligera restricción. Pero se pueden utilizar para el riego de cultivos que presentan una tolerancia moderada a las sales o en suelos que tengan una moderada a alta tasa de infiltración.

### 3.6.4 Calidad del Agua en Ríos y Estuarios

#### (1) Régimen de flujo en los ríos

En las Tablas 3.6.3 y 3.6.4 se muestra un resumen de los volúmenes de agua actuales y futuros, calculados haciendo uso de los resultados del balance hidráulico de éste proyecto, para las situaciones de "con" y "sin" flujo de dilución. La condición "con" flujo de dilución se recomienda para la dilución de los contaminantes en los cursos de los ríos.

El estudio con flujo de dilución determina que, durante la estación lluviosa, el volumen de descarga del río Chone se incrementará ligeramente en su desembocadura en un 9% y en el río Carrizal 34%. En este mismo río Carrizal, el volumen medio durante la estación seca, podrá incrementarse de 140 MMC a 417 MMC, mientras que en el río Portoviejo durante esta misma estación, se esperará un significativo mejoramiento (100%) en el volumen medio pasando de 111 MMC a 221 MMC, tal como se indican en los siguientes tablos.

**Cambio en el Régimen del Caudal de los Ríos (%)**  
**"Sin" Flujo de Dilución**

Período	RIO CHONE			RIO PORTOVIEJO		
	(1) Desembocadura	(2) Antes de unión con R. Carrizal	(3) Río Carrizal antes de unión con R. Chone	(4) R. Portov. después de unión con R. Chico	(5) R. Portov. antes de unión con R. Chico	(6) Río Chico antes de unión con R. Portoviejo
a) Lluvias	+ 9	0	+ 29	+ 16	+ 34	+ 28
b) Seco	+ 88	0	+ 147	+ 16	+ 65	+ 151
c) Anual	+ 22	0	+ 47	+ 16	+ 42	+ 61

**Cambio en el Régimen del Caudal de los Ríos (%)**  
**“Con” Flujo de Dilución**

Periodo	RIO CHONE			RIO PORTOVIEJO		
	(1) Desemboca- dura	(2) Antes de unión con R.Carrizal	(3) Río Carrizal antes de unión con R. Chone	(4) R.Portov. después de unión con R. Chico	(5) R.Portov. antes de unión con R. Chico	(6) Río Chico antes de unión con R. Portoviejo
a) Lluvias	+ 9	0	+ 34	+ 29	+ 43	+ 31
b) Seco	+ 132	0	+ 197	+ 49	+ 100	+ 165
c) Anual	+ 29	0	+ 59	+ 36	+ 58	+ 67

- Observaciones:
- (1) Simbocal (ST-6)
  - (2) H. Salida (ST-5)
  - (3) Bachillero (ST-4)
  - (4) Darío Guevara (ST-16)
  - (5) Portoviejo (ST-14)
  - (6) Río Chico (ST-11)

La condición “con” flujo de dilución permite diluir el flujo de retorno que es el 20% del caudal de la demanda de riego, con un volumen de agua fresca igual al flujo de retorno.

(2) Análisis de la carga contaminante

La calidad del agua de los ríos y estuarios, se evalúa usando el concepto del análisis de la carga contaminante, basado en la información existente y en los estudios de calidad del agua. Se evaluaron 4 puntos de predicción bajo la condición de “con” y “sin” flujo de dilución, los cuales son:

- (P-1) Parte baja del río Chone (sitio 6), en Simbocal
- (P-2) Estuario del río Chone (sitio 8), en Punta Prieta
- (P-3) Parte media del río Portoviejo, aguas abajo del punto de confluencia con el río Chico (sitio 15), Guayaba.
- (P-4) Estuario del río Portoviejo, (sitio 17)

Los resultados obtenidos se resumen tal como sigue:

**Resultados de la Predicción de la Calidad del Agua**  
**"sin" Flujo de Dilución**  
**(mg/l)**

Punto de Predicción	DBO		DQO		T-N		T-P	
	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.
<b>I.P-1</b>								
a) Est. lluviosa	10,7	11,4	19,0	19,0	2,4	2,6	0,25	0,27
b) Est. seca	14,0	12,4	24,3	17,8	1,4	1,9	0,20	0,23
c) Promedio	12,3	11,7	21,7	18,7	1,9	2,4	0,23	0,26
<b>II. P-2</b>								
a) Est. lluviosa	11,3	8,5	18,7	14,4	2,1	2,0	0,00	0,22
b) Est. seca	18,0	14,7	32,7	26,5	1,3	2,1	0,30	0,19
c) Promedio	14,7	10,8	24,8	18,9	1,5	2,0	0,15	0,21
<b>III-P-3</b>								
a) Est. lluviosa	13,3	16,7	20,0	20,9	1,9	2,6	0,24	0,37
b) Est. seca	14,3	23,3	23,7	28,1	1,3	3,3	0,40	0,68
c) Promedio	13,8	18,9	21,9	23,2	1,6	2,9	0,32	0,47
<b>IV-P-4</b>								
a) Est. lluviosa	12,0	17,4	17,3	21,6	2,2	2,8	0,43	0,39
b) Est. seca	19,0	24,4	33,7	29,3	0,9	3,7	0,30	0,70
c) Promedio	15,5	19,6	25,5	24,1	1,5	3,1	0,37	0,49

**Resultados de la Predicción de la Calidad del Agua  
"con" Flujo de Dilución  
(mg/l)**

Punto de Predicción	DBO		DQO		T-N		T-P	
	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.
<b>I.P-1</b>								
a) Est. lluviosa	10,7	11,4	19,0	19,0	2,4	2,6	0,25	0,27
b) Est. seca	14,0	10,0	24,3	14,4	1,4	1,5	0,20	0,19
c) Promedio	12,3	11,0	21,7	17,6	1,9	2,3	0,23	0,25
<b>II. P-2</b>								
a) Est. lluviosa	11,3	8,5	18,7	14,4	2,1	2,0	0,00	0,22
b) Est. seca	18,0	13,6	32,7	24,4	1,3	1,9	0,30	0,18
c) Promedio	14,4	10,5	24,8	18,3	1,5	1,9	0,15	0,20
<b>III-P-3</b>								
a) Est. lluviosa	13,3	15,0	20,0	18,7	1,9	2,4	0,24	0,33
b) Est. seca	14,3	18,1	23,7	21,8	1,3	2,6	0,40	0,53
c) Promedio	13,8	16,1	21,9	19,8	1,6	2,4	0,32	0,40
<b>IV-P-4</b>								
a) Est. lluviosa	12,0	15,6	17,3	19,4	2,2	2,6	0,43	0,35
b) Est. seca	19,0	19,1	33,7	22,9	0,9	2,9	0,30	0,55
c) Promedio	15,5	16,8	25,5	20,7	1,5	2,7	0,37	0,42

Los resultados para la condición "con" dilución muestran que la calidad del agua, en el futuro en la parte baja del río Chone en el sitio Simbocal durante la estación seca mejorará, en DBO y DQO.

En el estuario del río Chone, en el sitio Punta Prieta (P-2), se mejorará la calidad del agua, en el futuro en términos del DBO y DQO, y T-P, mientras que los valores de T-N, YT-P aumentarán ligeramente.

En la parte media del río Portoviejo, aguas abajo de la confluencia con el río Chico, sitio Guayaba (P-3), y en la zona del estuario (P-4), el deterioro de la calidad del agua podría ser serio, debido principalmente a la escarga de las aguas servidas de la ciudad de Portoviejo.

Si asumimos un coeficiente de autpurificación igual a 0,1 entre P-1 y P-2 se podría reducir el valor del DBO en un 50% del valor esperado, aplicando la fórmula de Streeter-Phelph, del modo siguiente:

$$C3'' = C3' \times e^{(-kt)}$$

Donde:

$C3''$  = calidad futura con capacidad de autopurificación

$C3'$  = calidad futura prevista

$K$  = coeficiente de autopurificación  
( $K = 0,1$  en este estudio)

$t$  = tiempo (horas) transcurrido desde P-1 a P-2  
( $t = 5\text{km}/0,2 \text{ m/s} / 3.600 = 7$  horas)

### (3) Pesticidas y contaminación fecal

Los resultados del análisis de pesticidas, elevados a cabo por CRM durante el 12 de diciembre de 1993, junio 3 y 6 y 16 y 30 de agosto de 1994, cuando la escorrentía agrícola son nulas o ya se ha producido el lavado total de los suelos detectaron concentraciones de Cis-Heptacloro en un rango que no sobrepasa el Límite Máximo de Residuos (MRL) establecido por el CODEX Alimentarius FAO/WHO, 1990, tal como lo reportó el Departamento de Sanidad Animal del MAG, Ecuador, 1993-1994.

Concentraciones de Heptacloro fueron detectadas en el segundo muestreo del 30 de agosto/94 en Simbocal (sitio 6) y aguas arriba y zona media del río Portoviejo (sitios 14 y 15).

Durante el mes de enero, cuando la aplicación de pesticidas y herbicidas se ha hecho durante el verano, y además se producen las primeras lluvias, la concentración de Cis-Heptacloro sobrepasó el Límite Máximo de Residuos (MRL) en las tres estaciones arriba mencionadas.

Se asume que los valores detectados, se incrementarán en el futuro cuando se implemente el área de riego contemplada en el Proyecto, tal como se muestra en la tabla siguiente:

## AREA AGRICOLA

Area	Area Agrícola Actual (ha) Referencia - Datos de 1988	Area Potencial Neta para Riego (ha) JICA - CRM (Excepto los Sistemas Amarillosy Guarango)
Carrizal - Chone	1.516	15.000
Sistema Poza Honda	4.518	10.050
Sistema Río Chico	1.383	1.700

Partiendo de los datos señalados, es evidente que el área agrícola del Río Chico, será la menos afectada al aumentar el área de riego como consecuencia del proyecto y además al incrementarse en 4 m<sup>3</sup>/seg el caudal del Río Chico, la calidad de sus aguas serán las más adecuadas para la planta de tratamiento de El Ceibal en vez de las del río Portoviejo.

Los análisis microbiológicos, conducidos por CRM durante los meses de diciembre/93 y Enero, Junio y Agosto/94, muestran una contaminación fecal generalizada desde el embalse Daule - Peripa, en el sitio de entrada Conguillo (ST-1) hasta Simbocal (ST-6), incluyendo a La Esperanza (ST-2) y Tosagua (ST-3). La contaminación fecal se presenta también desde Poza Honda (ST-9) hasta el estuario del río Portoviejo (ST-17), incluyendo a Mancha Grande (ST-10) y aguas arriba (ST-12 y ST-13) y abajo (ST-14 y ST-15) del río Portoviejo.

La alta concentración de coliformes y del conteo bacteriológico presente en la entrada Conguillo, se relaciona probablemente, a la tasa reducida de intercambio de aguas que ocurre al final de la estación seca, en esa parte del embalse. El alto conteo total de coliformes en el río Portoviejo, refleja los efluentes de aguas negras sin tratar, provenientes de la ciudad de Portoviejo. Esta situación recuerda la necesidad de implementar en la ciudad de Portoviejo, un sistema de tratamiento de aguas negras apropiado para evitar incrementos en el conteo total de coliformes.

#### (4) Salinidad

Se efectuaron mediciones de salinidad durante los meses de Junio y Agosto de 1994, en los mismos sitios previstos para la medición de mareas. Muestras de agua superficial a 20 cm por debajo de la superficie del agua y de fondo a 50 cm sobre el fondo del estuario en cada punto de medición fueron tomados, para realizar el análisis de salinidad.

La salinidad varía directamente con la altura de marea, siendo mayor en marea alta. La concentración, promedio salina es mayor en el estuario en las estaciones 1 y 2, y va disminuyendo aguas arriba del estuario, tal como se muestra en la Figura 3.6.1.

### 3.6.5 Programas de Manejo Ambiental y de Conservación

#### (1) Programa para la prevención del deterioro de la calidad del agua en los embalses

El programa para la prevención del deterioro de la calidad del agua, se orienta básicamente, hacia el uso adecuado de las áreas adyacentes a los embalses y hacia el establecimiento de zonas de protección.

Debido a que la mayor contribución a la posible eutrofización se deriva de las actividades agrícolas, ganaderas y humanas, éstas actividades tienen que cumplir con firmes prácticas de manejo y planificación.

#### (A) Area de influencia

Considerando al uso actual y potencial del suelo, al riesgo de erosión y al embalse como un componente de interés público, se han definido en el área de influencia las siguientes tres zonas básicas.

**ZONA A:** Esta zona rodea y limita al embalse. Es el área en la que las variaciones del nivel del agua, afecta directamente a las tierras circundantes y en donde las actividades humanas están directamente relacionadas al uso del recurso agua.

**ZONA B:** Esta zona está directamente asociada con prácticas agropecuarias y con asentamientos humanos.

**ZONA C:** Esta zona está directamente asociada a pendientes pronunciadas y a la presencia de manchas de bosques alteradas y aisladas, capaces de regenerarse si no se tocan.

La zonificación alrededor de los embalses Poza Honda y la Esperanza se ha definido en los Figuras 3.6.2 y 3.6.3 respectivamente, y sus áreas son las siguientes

Area (km <sup>2</sup> )			
Embalse	Zona A	Zona B	Zona C
Poza Honda	8,23	11,06	12,17
La Esperanza	32,89	124,02	48,26

El uso actual de los suelos de las áreas definidas alrededor de los embalses Poza Honda y la Esperanza es como sigue:

### Uso Actual del Suelo

Uso del suelo	Poza Honda			La Esperanza		
	Zonas			Zonas		
	A	B	C	A	B	C
		(has)			(has)	
Bosque Denso	295	560	658	386	3.619	2.008,4
Bosque Denso Bajo	123	94	190	130	577,2	300
Bosque total	(418)	(654)	(848)	(516)	(4.196)	2.308,4
Pastizales	291	250	354	2.769	8.132	2.477,6
Cultivos anuales	43	60	11	-	54,2	12,2
Cultivos perennes	71	128	2	3,3	20	17,2
Lagos	-	6,00	-	-	-	-
Centros poblados	-	7,00	-	ND	ND	ND
Suelo Desnudo	-	0,62	2,5	-	-	10,3

#### (B) Uso propuesto del suelo

Las siguientes estrategias se han considerado adecuadas para mejorar la conservación del suelo, reducir su erosión e incrementar su productividad en beneficio del productor local. Al mejorarse la productividad del suelo, el productor tenderá a seguir las estrategias propuestas, que en retorno promoverán la conservación del suelo, mejorando eventualmente, las condiciones de la calidad del agua de los embalses.

##### (i) Zona A

- Establecimiento de una zona de protección entre el embalse y las áreas pobladas.
- Reforestación con especies florales y frutícolas atractivas para la fauna.
- Prohibición de la cría de animales, del vertido de jabones, aceites, y desechos sólidos y líquidos dentro del embalse.

## Uso Propuesto del Suelo

### Zona A - Area de Reforestación Propuesta

Tipo de área	Poza Honda	La Esperanza
(1) Area total (ha)	823	3.289
(2) Area Forestal (ha)	418	516
(3) Area de Pasto (ha)	291	2.769
(4) Area a Reforestarse = 80% de (3), (ha)	233	2.215
@ 300 árboles/ha		

#### (ii) Zona B

Esta zona se considera como zona protegida de uso múltiple, pero con restricciones. Debido a que ésta área está ocupada por personas dedicadas a la agricultura y ganadería, no se recomienda su absoluta preservación (aunque deseable), por el impacto social que causaría. Sin embargo, las actividades de los moradores deben regularse y restringirse para controlar la erosión, deforestación y evitar que se convierta en foco de contaminación.

Las estrategias de conservación consideradas, son las siguientes:

- Mejoramiento de las áreas de pastizales
- Prácticas agroforestales
- Zonas para bosques y pastizales
- Zonas agroforestales y pastizales
- Plantaciones forestales
- Plantaciones en hileras como barreras contra sedimentos
- Construcción de zanjas contra la erosión.

**Uso Propuesto del Suelo**  
**Zona B - Agroforestería por Pastizales**

Rugbro Uso del Suelo	%	# De blantas por ha	Poza Honda (ha)	La Esperanza (ha)
Area Total			1.106	12.402
<b>(A) Agroforestería en Pendientes &lt;70%</b>				
(1) Area de Pastizales	100	-	250	8.132
(2) Area de Agroforestería Propuesta = (3) + (4)	20	-	50	1.626
(3) Agroforestería y Cultivos Anuales = (3.1) + (3.2)	10	-	25	813
(3.1) Plantación Forestal	6	1.110	15	488
(3.2) Cultivos Anuales	4	200	10	325
(4) Agroforestería y Cultivos Permanentes = (4.1) + (4.2)	10	-	25	813
(4.1) Cultivos Permanentes	6	-	15	488
(4.2) Plantación Forestal	4	1.110	10	325
<b>(B) Pantaciones Forestales y Pastizales en Pendientes &lt;70%</b>				
(1) Area de Pastoreo	100	-	250	8.132
(2) Area Propuesta	80	100	200	6.506

(ii) Zona C

Tanto para Poza Honda y La Esperanza, ésta zona se considera de absoluta protección, por lo que ninguna actividad humana debe permitirse en ella. El área está parcialmente cubierta de parches aislados de bosque, entre áreas deforestadas en diferentes grados. Si se deja a la zona sin tocar, es posible que ésta se regenere y en los lugares donde el aislamiento entre los parches sea grande, se aceleraría el proceso si es que se reforesta.

(C) Areas de embalse

(i) Control de la biomasa vegetal

- Antes del llenado del embalse La Esperanza, toda vegetación que comprenda árboles, arbustos o cultivos, debe ser removida del embalse, ya sea extrayéndola completamente o quemando los residuos. El propósito de esto es evitar la futura

descomposición de la materia orgánica en el embalse, reduciendo la posibilidad de que se produzca una condición de eutrofización que afecte a la calidad del agua.

- El estado actual del agua del embalse Daule-Peripa ha creado las condiciones favorables para la infestación de la especie vegetal acuática *Eichornia crassipes*. Esta especie está considerada como la más problemática en el mundo de la infestación de embalses.
- La planta se encuentra en el embalse Daule-Peripa y en Abril de 1991 había cubierto un área estimada de 12.000 ha, con una tasa de crecimiento de 4.000 ha/año. Debido a la escasa extracción y/o control implementado en el embalse Daule-Peripa, para Agosto de 1994, el área estimada cubierta era de 22.000 ha
- De acuerdo a los resultados de la predicción de la calidad del agua discutida en 3.6.3, en el futuro la calidad del agua en La Esperanza, será mejor en cuanto a DBO y DQO, pero peor en cuanto a T-N y T-P. En Poza Honda, la calidad del agua se mantendrá excepto en DQO, el cual podría aumentar ligeramente.
- Las características físicas de los embalses se resumen a continuación:

Item	Daule - Peripa	La Esperanza	Poza Honda
Area del embalse (km <sup>2</sup> )	270	29	6,1
Longitud de embalse (km)	100	22	14
Configuración	Ramificada	Ramificada	No ramificada

La colonización de La Esperanza se considera alta, ya que se predice que las condiciones de la calidad del agua serán peores en T-N y T-P y debido a que la configuración del embalse, por ser ramificado con canales, favorece a la infestación de las plantas, tal como sucede en el Daule-Peripa.

En Poza Honda, debido a que se espera que las condiciones de T-P mejoren y a que la configuración no ramificada del embalse permite la eficiente descarga de las plantas por el aliviadero durante la estación de lluvias, la posibilidad de colonización se considera baja.

Las acciones que se recomiendan para el control son las siguientes:

1. Estrategia a corto plazo: Aislamiento físico de un área adyacente a las obras de entrada en Conguillo a través de una barrera flotante que evite el acceso de masas de plantas al túnel, cuando éste se encuentre en funcionamiento.
2. Estrategia a mediano plazo: Control mecánico e hidráulico, el cual actualmente lleva a cabo CEDEGE en el embalse Daule-Peripa. Este tipo de control puede ser necesario en los embalses Poza Honda y la Esperanza para:

Evitar el bloqueo de los canales de navegación

Eliminar hospederos de vectores de enfermedades

Disminuir los aportes de materia orgánica que pudieran aumentar los problemas de eutrofización.

Evitar la excesiva evapotranspiración del agua del embalse

Disminuir los riesgos de deterioro físico de las obras de la presa.

(2) Programa básico para la conservación del hábitat del manglar

(A) Estuario del Chone

El Estuario del río Chone está tan deteriorado que se lo considera en grave peligro de sufrir un colapso ecológico por la degradación masiva de su calidad ambiental y la pérdida de las funciones del ecosistema

El programa de conservación propuesto está preparado para apoyar los esfuerzos actuales y pretende implementar medidas correctivas en los diferentes componentes del sistema. Los siguientes componentes están incluidos en el programa de manejo y conservación.

- Manejo del manglar

Se propone la reforestación y conservación de la zona adyacente al estuario comprendido bajo la cota 100 m.s.n.m y la preparación de un plan de manejo integral de la cuenca del río Chone, principal productor de los sedimentos que son transportados hacia el estuario. También se propone la reforestación de los canales de drenaje y de acceso a las camaroneras como una contribución de la industria camaronera a la comunidad, a cambio de dotar a la misma con caudales de agua fresca durante la estación seca debido a la operación del proyecto.

Que se declaren áreas de protección la Isla Corazón y el bosque de manglar ubicado en la parte alta de la margen izquierda del estuario, tal como se muestra en la Figura 3.6.4 en una área estimada de 40 ha en la Isla Corazón y 123 ha en Calle Larga. La isla es considerada por la DIGMER como una zona de investigación forestal y por el CETUR, como un lugar de interés turístico.

Promoción del cultivo de conchas como el de la especie *Anadara* sp, con el objeto de establecer el uso sostenible del manglar y de educar a los moradores locales sobre la importancia y uso debido del ecosistema, a la vez de ser una actividad generadora de ingresos.

#### - Manejo de la maricultura

Las únicas áreas par la expansión de las camarónicas, son las pocas manchas de manglar que quedan especialmente en las partes altas del estuario y en las tierras aledañas a las zonas húmedas, situadas en el mismo lugar. El CRM debe tomar las medidas para que se apliquen las leyes vigentes y se sancione a los infractores. En este aspecto, el CRM debe colaborar y coordinar acciones con el PMRC.

#### - Manejo de la Calidad de Agua

Rediseñar y construir la compuerta de Simbocal, la misma que está en mal estado y su capacidad operativa reducida. En época de aguaje (mareas altas), la compuerta deja pasar agua salada.

En este estudio se planifica la regulación, control e implementación de estrategias alternativas par el manejo de pesticidas, herbicidas y fertilizantes en las zonas agrícolas, aguas arriba del estuario, así como también los lineamientos del programa integral de implementación del manejo de pesticidas.

La implementación de un sistema de alcantarillado de acuerdo a prácticas sólidas de ingeniería sanitaria, para la población aledaña a los canales del estuario es altamente recomendado para reducir la descarga de efluentes de aguas servidas hacia el estuario.

#### - Manejo de la erosión

Se han reportado problemas de erosión importantes en las colinas adyacentes del área de influencia, que han resultado por las prácticas agrícolas. Las áreas adyacentes al estuario las cuales están sujetas de erosión y por ende productoras de sedimentos los cuales

se depositan en el estuario, se definen como aquellas áreas con fuertes pendientes, deforestadas y con alto riesgo de erosión. Se recomienda esfuerzos conjuntos con el PMRC para implementar las siguientes estrategias de control de erosión:

- Control de las escorrentías agrícolas

El estuario del río Chone recibirá las aguas del drenaje de 15.000 ha de tierra agrícola, que estarán en producción todo el año cuando funcione el sistema de riego y drenaje Carrizal Chone, por lo que se espera un impacto significativo en el estuario al incrementarse la escorrentía agroquímica. De todas maneras el incremento del flujo de agua dulce durante la estación seca, tendrá un efecto positivo en el ecosistema y en la explotación piscícola de la zona al reducir la salinidad, especialmente en las zonas altas del estuario, donde condiciones eutróficas han sido detectadas por el PMCR.

La implementación de 15.000 ha cultivables todo el año, inevitablemente promoverán el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes inorgánicos. La concentración de pesticidas y agroquímicos, lixiviándose desde las zonas agrícolas hacia el estuario, tendrá un efecto negativo en el ecosistema y granjas piscícolas. El camarón, en el estado post-larvario será uno de los organismos más sensible y afectado.

(B) Estuario del Río Portoviejo

En el lapso de 1984 a 1987, la superficie del manglar en Las Gilces, era 81,3 ha, a pesar que la expansión de las camaroneras se incrementó en 25,3 ha: de 103,1 a 128,5 ha, para los mismos años, respectivamente.

El río Portoviejo recibe las descargas contaminantes de las ciudades de Portoviejo, Mejía, Sosote, Rocafuerte, El Higuero y Salinas. Sólo en Portoviejo, el tratamiento de las aguas servidas cubre apenas el 18% de la población urbana.

No se ha reportado ningún programa de conservación para el estuario del río Portoviejo. El área de conservación propuesta incluye el manglar y la playa que queda entre éste y el mar.

La idea básica es de declarar ésta área como zona protegida de uso controlado y como lugar recreacional público para la población de Portoviejo.

El programa propuesto incluye las siguientes acciones:

1. Declaración de una área como zona protegida, de acuerdo a la legislación vigente, señalando las razones del porqué dicho lugar debe ser de recreación público, para la conservación del manglar y de la vegetación presente y como un santuario de aves.
2. Detener el desarrollo de nuevas camaroneras en la zonas por medio de las entidades competentes.
3. Declaración de la playa como área de interés público para fines recreacionales, no apta por su fragilidad, para la construcción de hoteles, lugares vacacionales y similares.
4. Se recomienda enfáticamente, mejorar el sistema de alcantarillado y manejo de aguas negras de la ciudad de Portoviejo, con el objeto de mantener una calidad de agua adecuada con fines recreacionales y para beneficio del ecosistema.
5. Promover el ecoturismo orientado a la observación de aves, a estudiar la ecología del manglar, educación y esparcimiento, así como también incentivar la pesca de orilla (a sedal), que ya es una actividad popular en la zona.
6. Implementar el Programa para el Manejo Integrado de Pesticidas (MIP) y el control del uso de pesticidas, en el área agrícola que se desarrollará con el Proyecto.

(3) Programa básico para la conservación del habitat del Chame

En el área donde convergen los ríos Carrizal y Chone, entre Simbocal y La Margarita, se forman permanentemente 21 lagunas, algunas de ellas con áreas de hasta 350 ha, y 57 llanuras aluviales (ciénegas), que se sacan durante la estación seca, con un promedio de 60 ha cada una. Tradicionalmente, éstas áreas han sido utilizadas para la explotación en pequeña escala del Chame (*Dormitator latifrons*) y camarón de río (*Machro barchium* sp).

El cultivo del Chame es una actividad extensiva, llevada a cabo por agricultores locales, quienes obtienen un ingreso significativo de esta actividad alternativa. Se estima que, 1.380 ha, que han sido identificadas en estudios previos, permanecen permanentemente inundadas.

El área permanentemente inundada, es aquella que retiene el agua incluso durante la estación seca. El objetivo principal del presente programa, es de proteger y mantener las áreas

permanentemente inundadas para asegurar la continuidad el ecosistema y la producción local del Chame.

(A) Importancia ecológica

Tanto las ciénegas como los manglares, sirven como filtros biológicos que mejoran la calidad del agua que pasa a través de ellos. Por considerarse ecosistemas frágiles, ambos deben manejarse con sumo cuidado. Las ciénegas constituyen también lugares de alimentación de la fauna migratoria y endémica, áreas de control de inundaciones, y son bien conocidas por su valor estético y paisajístico para la promoción del turismo y la recreación.

(B) Importancia socio-económica

El área inundada de mayor importancia socioeconómica, dentro de las 1.380 ha (entre Simbocal y San Antonio), es la Sabana. Tiene una superficie de 400 ha y del cultivo del chame, 90-100 familias obtienen sus ingresos.

La producción estimada de chames en la Sabana, con un área promedio de 5 cuadras/familia (3,75), ha es de 30 cajas por familia por año. Esto significa una producción de 30 cajas por cada 3,75 ha/familia.

El ingreso generado por las ventas del chame (S/. 2'998.800/familia/año) corresponde a un ingreso mensual promedio de 249.900/familia/mes.

Estas cifras muestran que las familias productoras de chame, tienen un ingreso generado a partir de una actividad secundaria, realizada de manera extensiva y artesanalmente, sin costos operacionales ni de mantenimiento, al no tener que alimentar o bombear agua, etc.

Esta situación permite que el productor de chame dedique la mayor parte de su tiempo a otras actividades, tales como la agricultura, comercio o ganadería, obteniendo por lo tanto, una segunda fuente de ingreso que lo sitúa en el orden de los S/301.000-400.000/mes, valor cercano al más alto promedio de ingreso/familia del área.

Desde el punto de vista nutricional, el chame es un excelente suplemento proteínico para la población local, además de ser un plato bien aceptado por la población.

El chame es un animal duro, capaz de resistir más de 24 horas fuera del agua si se lo mantiene húmedo, facilitando su transportación y almacenamiento, en lugares donde las facilidades de refrigeración y electricidad son escasas.

Desde el punto de vista socio-cultural, se trata de una actividad tradicional practicada en la zona por más de 30 años. El 92% del cultivo se encuentra en Chone y Tosagua, con una superficie estimada de 914 ha.

(C) **Áreas significativas**

En la provincia de Manabí, las áreas siguientes han sido reportadas como susceptibles de inundación:

Tipo de Inundación	Área de Inundación (ha)	
	Chone	Portoviejo
Permanente	1.380	120
Estacional	5.320	4.680
Ocasional	8.010	590

Las áreas permanentemente inundadas son aquellas que retienen el agua inclusive durante la estación seca. Las que se inundan estacionalmente, lo hacen durante la estación de lluvias, mientras que las inundaciones ocasionales ocurren durante precipitaciones extraordinarias.

(D) **Dinámica del agua**

Los flujos de agua hacia las áreas permanentemente inundadas, tienen diversos orígenes:

1. De la precipitación durante la estación de lluvias: la precipitación anual promedio en la zona es de 1.000-1.200mm; y la evapotranspiración anual promedio es de 1.000-1.100mm.
2. De las escorrentías de las colinas adyacentes, localizadas al noreste (NE) de La Sabana y al norte, noroeste (N-NO) de La Pampa de Vellis.

3. De las inundaciones causadas por el río Carrizal hacia La Sabana y del río Chone, hacia La Pampa de Vellis y hacia las áreas aledañas, entre La Margarita y Simbocal.

El drenaje parcial de éstas áreas, que ocurre durante la estación seca, se debe a la diferencia de elevación entre La Sabana y Simbocal y por ende, del estuario del río Chone. La magnitud del volumen drenado depende de la altura del nivel del agua en Simbocal durante la estación seca, que se controla con el manejo de su compuerta.

Con la implementación del proyecto, donde se van a regular las inundaciones del río Carrizal, las únicas fuentes de agua serán las escorrentías y la precipitación, por lo que se propone una alternativa de almacenamiento de agua en el programa de conservación para el área de La Sabana. Se considera que un manejo adecuado de la compuerta de Simbocal, es de vital importancia para mantener el nivel del agua durante la estación seca. Más adelante se presenta un programa general para la operación de la compuerta de Simbocal.

Las condiciones de las áreas entre Simbocal y La Margarita son similares, excepto por el hecho de que, bajo las condiciones del proyecto, al río Chone no es posible controlarle sus inundaciones. Razón por la cual, estas áreas seguirán siendo susceptibles a ser inundadas, dado que el caudal máximo en la Segua, con un período de retorno de 50 años es de  $720 \text{ m}^3/\text{s}$  y de  $580 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un período de 25 años, mientras que la capacidad del río Chone en ésta zonas, es de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### (E) Conflictos actuales

1.- Las actividades agrícolas junto a las zonas inundadas, se realizan durante la estación seca y se espera que, con la implementación del proyecto, se efectúen durante todo el año. Los conflictos que afloran entre las prácticas agrícolas, la ecología de ciénegas y el uso doméstico, son:

- i) Las escorrentías de agroquímicos y pesticidas desde las áreas agrícolas, hacia el área inundada, pueden afectar a la cadena trófica, por la bioacumulación.
- ii) El mantenimiento adecuado del nivel de agua para la conservación de la zona inundable durante la estación seca en Simbocal, promoverá la excesiva humedad del suelo y el desarrollo de enfermedades, tales como hongos que afectarán a los cultivos de las áreas adyacentes.

2.- La expansión de las camaroneras está ejerciendo presiones para adentrarse aguas arriba de Simbocal, ya que no hay más espacio en el estuario y la legislación vigente no permite talar el manglar.

3.- Las chameras tecnificadas están colonizando las áreas adyacentes a las ciénegas, movilizand o grandes volúmenes de tierra, invadiendo áreas potencialmente inundables y eventualmente generando efluentes altos en DBO y nutrientes, que afectarán a las ciénegas.

(F) Plan de conservación propuesto

El plan de conservación propuesto, está dirigido principalmente a implementar las estrategias para la preservación de La Sabana, ya que esta área es la que va a estar directamente afectada por el proyecto mediante la regulación del caudal en La Esperanza. Como se mencionó anteriormente, el área de La Pampa de Vellis y las zonas eledañas entre Simbocal y La Margarita, están sujetas a inundaciones por los altos volúmenes del agua del río Chone.

El éxito del programa de conservación, se relaciona directamente con la declaración del área de ciénegas, como zona protegida de uso restringido, en base a su importancia ecológica y socioeconómica. El CRM, en cooperación con el PMRC y la ZEM Bahía-San Vicente-Canoa, deberá contactar a las autoridades legales para lograr éste propósito.

(i) Hidrología

La cota propuesta para el área de conservación de las ciénegas, es de 6 m sobre el nivel del mar. Esta cota incluye suficiente área y profundidad del agua para permitir el cultivo artesanal del chame. El volumen de agua almacenado en las ciénegas para esta cota es de 16 MMC.

La máxima capacidad actual de almacenamiento en Simbocal es de 3MMC cubriendo una área de 120 ha de ciénegas durante la estación seca.

(ii) Escorrentía agroquímica

El plan para el manejo de la calidad del agua, está dirigido básicamente, hacia la reducción de la escorrentía de pesticidas provenientes de las zonas agrícolas adyacentes. La implementación de un MIP, para la reducción del uso de pesticidas, herbicidas y fungicidas

podría resultar un método apropiado de reducción de los efluentes agroquímicos de la zona de riego de las áreas adyacentes a las ciénegas.

(iii) Uso de las Tierras Adyacentes

El conflicto actual entre agricultores y productores de chame, los unos por mantener las tierras drenadas y los otros por mantenerlas inundadas cuando el nivel del agua en Simbocal es el adecuado para evitar el drenaje, podría resolverse si es que los agricultores cultivan especies, tales como el arroz, que se produce mejor bajo condiciones de inundación.

(iv) Colonización de granjas acuícolas

El cambio del uso de la tierra en las zonas aledañas, por el establecimiento de granjas de chame y camarónicas tecnificadas, debe detenerse declarando a las ciénegas como área protegida.

(4) Programa operacional para la compuerta de Simbocal

En el caso del estuario del río Chone, la actividad camarónica ha cubierto un área de 4.967 ha, que equivale al 41% de las camarónicas de Manabí. Se estima que las piscinas de esta área, almacenan aproximadamente, 33,5-55,2 MMC, volumen similar al del estuario en marea baja. El intercambio diario de agua de las camarónicas, se ha calculado en 3,5-5,5 MMC, ésto es el 10% del volumen almacenado.

La calidad del agua del estuario es consecuencia de la falta de control de las prácticas agrícolas y marícolas y del mal manejo del ecosistema. Dada la deforestación masiva de los manglares y las descargas de efluentes provenientes de la agricultura, acuicultura y del desarrollo urbano, se considera que el estuario del río Chone está a punto de sufrir un colapso ecológico.

La explotación artesanal del chame en las ciénegas de La Sabana y en La Segua, depende del nivel de agua dulce en Simbocal necesario para mantener un nivel adecuado que evite el drenaje de las ciénegas y así permitir el cultivo del chame durante la estación seca. Al mismo tiempo, para evitar la saturación excesiva de los suelos del área de cultivos que ocasiona la proliferación de hongos durante la época seca, los agricultores del área adyacente necesitan disminuir el nivel de agua en Simbocal. Esta situación se analiza en el Programa Básico para la Conservación del Habitat del Chame.

Esta situación origina conflictos motivados por la operación de la compuerta de mareas en Simbocal y requiere de un programa de operación de la misma.

Los siguientes objetivos se esperan cumplir con el manejo apropiado de la compuerta en Simbocal:

1.- Durante la estación seca (Julio a Diciembre), la compuerta permitirá la entrada hacia el estuario de un volumen de agua fresca ya asignado, de 99 MMC, para el mejoramiento de la producción camaronera y bajar el contenido de sal en el agua del estuario.

2.- La operación de la compuerta tomará en cuenta la entrega de agua fresca al estuario en verano, para lo cual su manejo deberá efectuarse cuando se produzca marea baja en Simbocal, durante una hora, dos veces al día y trabajando al 35% de capacidad. El resto del tiempo deberá permanecer cerrada permitiendo elevar el nivel de agua y evitar la intrusión salina.

3.- Durante ésta estación, la operación de la compuerta debe permitir la retención de la suficiente cantidad de agua que evite el drenaje de las chameras, y que a su vez permita la preservación del área de ciénegas. Al mismo tiempo, el nivel de retención de agua en Simbocal debe permitir a los agricultores, ubicados aguas arriba, tomar el recurso agua directamente para su propio beneficio.

4.- Durante la estación de lluvias, la operación de la compuerta debe permitir el desfogue de avenidas extraordinarias con periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

Resultados del análisis hidrológico muestran que los volúmenes de agua generados por crecientes con periodos de rebornio de 25 y 50 años inundan áreas agrícolas considerables, debidos principalmente al hecho que la compuerta existente en Simbocal es insuficiente para permitir el desahue de los volúmenes antes mencionados.

Para lograr estos objetivos, se hace necesario un rediseño y construcción de la compuerta de control de mareas de Simbocal tal como mencionado anteriormente.

### 3.6.6. Recomendaciones

- 1) Se recomiendan futuros estudios para evaluar los impactos socioeconómicos del proyecto durante las fases de construcción y operación; entre otros: el empleo, desarrollo de la economía, reubicación y reasentamiento de viviendas e infraestructuras, y de adquisición y compensación por la tierra.
- 2) Se recomienda el desarrollo y la implementación del PMMA para las áreas adyacentes a los embalses, basado en el presente y anteriores estudios ambientales.
- 3) Se recomienda realizar la determinación de coliformes totales y conteo de bacterias en todos los embalses, y en periodos regulares, tal como se lo ha propuesto en el programa para el establecimiento de los criterios de calidad del agua. Este análisis arrojará criterios para evaluar la conveniencia del uso del agua, desde el punto de vista microbiológico.
- 4) Se recomienda efectuar un análisis de pesticidas en todos los embalses, y en periodos regulares, para evaluar la posibilidad de contaminación de las aguas en los sitios de captación de las plantas de tratamiento de agua potable. Se debe prestar mucha atención en la determinación de Cis-Heptacloro, el cual aparece en concentraciones actuales que sobrepasan en algunos casos el valor máximo permisible.
- 5) La eliminación de la biomasa vegetal de la zona de los embalses antes de su llenado, es de suma importancia para evitar el deterioro futuro de la calidad del agua.
- 6) La implementación de los mecanismos de control de la maleza acuática tales como los mencionados en éste informe, así como la coordinación con lo que actualmente realiza CEDEGE para dicho control se recomiendan para mejorar las condiciones del agua en la entrada Conguillo, y evitar la colonización futura de la maleza en los otros embalses.
- 7) La implementación del sistema de tratamiento de aguas servidas y alcantarillado sanitario para la ciudad de Portoviejo es considerado prioritario en la medida de que ello evitará el deterioro futuro del río Portoviejo.
- 8) Se recomienda el rediseño del nuevo dique en Simbocal y así permitir que el nivel de almacenamiento de agua alcance la cota propuesta de 6 m.s.n.m.

- 9) Se debería establecer un manual de operación de la compuerta de Simbocal, para lograr la eficiencia y coordinación de los actuales usuarios, y la conservación de las ciénagas, basándose en los resultados presentados en este estudio.
- 10) Por dos días cada mes y durante un año se deberían realizar mediciones periódicas de mareas para ajustar el programa operacional existente. Al mismo tiempo, se recomienda llevar a cabo mediciones de salinidad, superficial y de fondo, durante los mismos periodos y en las mismas estaciones de medición de mareas, para evaluar los patrones de mezclas de las mareas y los requerimientos de agua fresca del estuario.
- 11) Se debe implementar un Programa de Manejo Integrado de Plagas (PMI) tal como se lo ha descrito en éste estudio, para pesticidas y fertilizantes inorgánicos, y mediante este mecanismo mejorar las condiciones de la calidad del agua en ríos, estuarios y ciénagas.

### 3.6.7 Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental (PMMA)

El presente estudio se concibe como el primer paso de un plan de manejo y monitoreo, y debe entenderse como tal. Los Programas y estudios básicos están bien detallados en las diferentes secciones del estudio, y la presente sección es sólo un resumen, con el objetivo de clarificar los aspectos ambientales a ser manejados y monitoreados, y para delinear un marco técnico y financiero.

El grupo de estudios JICA propuso ya en 1992 una organización basada en tres unidades, llámense estas, Unidad de Manejo Ambiental (UMA), Unidad de Monitoreo Ambiental (UMO) y Laboratorio (LAB). La UMA es la encargada del manejo total del PMMA, incluyendo la implementación inter e intra institucional de cada plan y programa. La UMO cumple la función de planificar y ejecutar los diferentes tipos de estudios, planes de monitoreo, o programas, de acuerdo a las políticas impuestas por el UMA. La unidad de Laboratorio tiene a su cargo la realización de los análisis físico-químicos, bacteriológicos y de pesticidas del agua y suelos, y el estudio de investigación y desarrollo para el establecimiento de un PMMA apropiado para el Proyecto. El organigrama estructural de la Unidad de Manejo y Monitoreo Ambiental se presenta en la figura 3.6.5.

#### (1) Costo de implementación del PMMA

Varios programas tienen que hacerse para el Proyecto a través del PMMA durante un periodo de cinco a siete años empezando en 1995. Los costos de estos programas se estiman en U.S.\$ 2,7 millones en forma ardicativa y tal como se muestra a continuación.

### Costo Indicativo de Implementación del PMMA

Programa	Rubro	Costo Indicativo en (US\$)	
		Componente Extrajera	Componente Local
<b>A-Calidad de agua:</b>			
- Programa para el Establecimiento de las Normas de Calidad del Agua	Personal Nacional	-	73.000
	Equipos	101.500	
- Programa para Reducir los Efectos de los Agroquímicos	Personal Nacional	-	84.000
	Consultor Internacional	50.000	
	Equipos	170.300	
- Programa para la Remoción de la Biomasa Vegetal del Embalse La Esperanza	Personal Nacional	-	24.000
- Programa para el Control de la Maleza Acuática en los Embalses	Equipos	1.800	
	Personal Nacional	-	150.000
<b>B-Conservación &amp; protección</b>			
<b>B-1 Areas del embalse</b>			
- Programa para la Reforestación y Control del uso de la Tierra alrededor de los Embalses	Personal Nacional	-	156.800
	Consultor Internacional y Expertos Nacionales	206.000	
	Equipos	523.200	
	Obras civiles	420.000	
<b>B-2 Areas estuarinas y aluviales:</b>			
- Programa para la Reforestación y Conservación del Estuario del Río Choro	Personal Nacional		327.000
	Consultor Internacional y Expertos Nacionales	140.000	
	Equipos	127.800	
Programa para la Conservación del Estuario del Río Portoviejo	Personal Nacional	-	5.600
	Equipos	24.200	
Programa para la conservación de las cinéagas y Habitat del Charme	Personal Nacional	-	43.200
	Consultor Internacional	72.000	

	Equipos	29.200	
<b>C-Operación de la compuerta de Simbocal</b>			
Programa para el Rediseño, Implementación y Operación de la Nueva Compuerta Simbocal	Personal Nacional	-	7.200
	Equipos	3.200	
<b>Costo total establecido para el PMMA</b>		<b>1'869.200</b>	<b>870.800</b>

(2) **Costos por Administración del PMMA**

El costo anual por administración, a cargo del CRM se ha estimado US \$ 207.000, tal como se presenta a continuación.

**Costo por Administración del PMMA**

Item	Costo Unitario/año (US\$)	No.	Costo Total/año (US\$)
<b>i) Personal</b>			
- Personal profesional	5.000	5	25.000
- Asistentes	4.000	10	40.000
- Otros	3.000	6	18.000
<b>ii) Costo de Oficina</b>			
- Vehículos	6.000	4	24.000
- Equipos de laboratorio	-	1	50.000
- Otros	-	1	50.000
<b>Total:</b>			<b>207.000</b>

Nota: No incluye gastos administrativos de oficinas porque son públicas.

### 3.7 Estudio Institucional

#### 3.7.1 Generalidades

El estudio institucional tiene dos objetivos, primero, realizar un análisis institucional de la agencia ejecutora, Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM); y, segundo, proponer las medidas para el mejoramiento institucional y los programas de apoyo necesarios para la

etapa de operación y administración del sistema de trasvases y embalses, incluyendo el diseño detallado y supervisión de la construcción.

El análisis institucional se realizó para evaluar la distribución de los recursos, sus respectivas competencias y solidez, así como las limitantes de la agencia ejecutora. Por esta razón, la situación actual del CRM fue analizada desde los puntos de vista legales, de organización, recursos humanos, capacidad técnica, aspectos financieros y relaciones interinstitucionales.

En base al análisis institucional, se proponen mejoramientos institucionales y programas de apoyo. Tentativamente se proponen tres alternativas de estructura orgánica. También se proponen los programas de capacitación requeridos y la necesidad de establecer el Sistema de Manejo de Traslases y Embalses como una herramienta administrativa para todo el sistema. Por último, presentamos una breve descripción de los programas institucionales y su cronograma de implementación con su periodo de duración.

### 3.7.2 Análisis institucional del CRM

#### (1) Generalidades de los Temas Legales

El CRM fue creado en Noviembre 7 de 1962, mediante Decreto Legislativo publicado el 23 de Noviembre del mismo año, en el Registro Oficial No. 314. El origen de su creación surgió de una acción colectiva de reclamo de la ciudadanía de la provincia, mediante un paro de actividades, como solución al estancamiento económico de la provincia de Manabí, causado por una prolongada sequía en 1962. De acuerdo al instrumento jurídico original, el CRM era una persona jurídica de derecho privado, con finalidad social y pública. Sus funciones estaban orientadas al abastecimiento de agua para riego y potabilización, a la canalización, pavimentación y urbanización.

Debía preparar un plan de obras a desarrollar, el que requería la aprobación de la Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica de la Nación (predecesora del CONADE).

En septiembre 14, 1970, el CRM fue completamente modificado. Debido a esta reforma, el CRM fue adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), para así realizar una mejor coordinación entre sus propios trabajos y los programas

sectoriales a nivel nacional, manteniéndose prácticamente las mismas funciones, atribuciones y recursos originales.

El CRM fue reestructurado nuevamente en enero 19, 1978, mediante Decreto Ejecutivo No. 2180, publicado en el Registro Oficial No. 516. Este decreto dictamina la necesidad del CRM de tener un papel preponderante en el desarrollo socioeconómico de la provincia. Se señaló que el CRM tenía que cambiar su estructura, elevándole a la categoría de organismo de desarrollo regional, coordinador de los demás servicios públicos de la provincia, de manera que la población pueda obtener los máximos beneficios del desarrollo económico y social. En la actualidad, el CRM es una institución de derecho público y con fondos propios, adscrita al MAG, como se ilustra en la Fig. 3.7.1.

## (2) Análisis Organizacional

### 1) Fines y objetivos

El artículo 2o. de la Ley vigente señala entre otros los siguientes fines y objetivos:

- (a) Preparar planes y programas, elaborar proyectos para la provincia de Manabí, de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo en cooperación con las organizaciones públicas y privadas de la provincia para un mejor uso y distribución de los recursos disponibles;
- (b) Ejecutar obras de acuerdo a los planes, programas y proyectos, dando prioridad al mejor uso de los recursos hídricos para riego, agua potable y saneamiento ambiental;
- (c) Asesorar a los municipios para su desarrollo urbano;
- (d) Mantener y desarrollar programas de promoción para que la ejecución de las obras en la región reciba el apoyo necesario de las entidades de los sectores públicos y privados de la provincia; y,
- (e) Ayudar al establecimiento de empresas y participar en ellas para la administración y mantenimiento de las obras regionales realizadas y otras que se orientan al desarrollo integral de la provincia.

En conclusión, el objetivo principal del CRM es formular planes, programas y proyectos, así como la ejecución de éstos para el desarrollo socioeconómico de la provincia de Manabí.

## 2) Estructura Organizacional y Funciones

### Organización

El nuevo reglamento orgánico funcional mejora algunas de las funciones, si las comparamos con la previa organización. Primero, el Subdirector Ejecutivo antes tenía responsabilidades administrativas y técnicas, ahora sólo se especializa en funciones técnicas; esto permite que el CRM promueva una eficiente operación y administración.

Segundo, una nueva organización fue creada en la estructura actual: el Departamento de Capacitación. A pesar de que esta unidad es aún débil debido principalmente a su reciente creación y personal limitado; se encuentra, sin embargo, en el camino correcto para conseguir la formación de los funcionarios de CRM. En caso de que esta unidad sea efectiva y funcional, fortalecerá enormemente el nivel y capacidad técnica del CRM.

Tercero, la Dirección Administrativa y Recursos Humanos de la antigua organización fue separada en dos direcciones en la nueva organización: (i) la Dirección de Recursos Humanos, y (ii) la Dirección Administrativa.

Cuarto, el Departamento de Proveduría, perteneciente a la Dirección Financiera en la antigua organización, ha sido transferido a la Dirección Administrativa en la actual organización.

La Figura 3.7.2 ilustra la organización actual del CRM. Como se indica, el CRM está organizado en cuatro niveles jerárquicos: Nivel Directivo, Nivel Asesor, Nivel Auxiliar o de Apoyo, y Nivel Operativo, tal como se indica a continuación.

- (a) El Nivel Directivo está formado por la Junta Directiva, el Director Ejecutivo y el Subdirector. Este tiene la suprema autoridad para formular estrategias y políticas, para aprobar planes, programas y proyectos, y para autorizar contratos, acuerdos y préstamos.

- (b) El Nivel de Asesoría está compuesto por el Consejo Técnico, Unidad de Auditoría Interna, Dirección de Asesoría Jurídica, Dirección de Planificación Regional, Departamento de Comunicación Social y Departamento de Desarrollo Institucional.
- (d) El Nivel Auxiliar o de Apoyo comprende la Dirección de Recursos Humanos, Dirección Financiera, Dirección Administrativa, Departamento de Computación e Informática, y Departamento de Secretaría.
- (e) El Nivel Operativo consiste de las Direcciones de Infraestructura Física y de Desarrollo Socioeconómico. La Dirección de Infraestructura Física tiene siete Departamentos; de éstos, los involucrados en proyectos específicos son temporales: Departamento del Proyecto Poza Honda, Departamento del Proyecto Carrizal-Chone, Departamento del Proyecto de Trasvases y Departamento del Proyecto de las Plantas de Agua. Cuando los proyectos concernientes hayan sido concluidos, dichos departamentos dejarán de existir. La Dirección de Desarrollo Socioeconómico también tiene siete departamentos, éstos corresponden en algunos casos a los Departamentos relacionados a proyectos específicos de la Dirección de Infraestructura Física.

Además, el CRM tiene tres Sistemas Regionales Permanentes de Abastecimiento de Agua dentro del área del Estudio: Poza Honda, Chone y La Estancilla. No obstante, estas tres unidades de trabajo no aparecen dentro de la estructura organizacional presentada en la Figura 3.7.2, y dan la impresión de estar organizadas a manera de empresas semicomisionadas de abastecimiento de agua. Esto es un crucial estancamiento organizacional por parte del CRM, aún cuando el CRM está formalmente en el derecho de operar y manejar estos sistemas, en la práctica el CRM los opera y maneja de manera pasiva debido a la debilidad organizacional. Estos sistemas deberían ser controlados y supervisados directamente por la Dirección de Infraestructura Física, bajo la actual organización o bajo la Dirección propuesta que sería responsable por la operación y mantenimiento, tal como se presenta en la siguiente sección.

El CRM, además, tiene dos unidades temporales de trabajo establecidas con propósitos específicos: PHIMA y PFI. PHIMA fue establecido en Marzo 13 de 1987, en conformidad con el acuerdo de cooperación técnica con la Organización de Estados Americanos. Los objetivos para establecer el PHIMA eran de dar el apoyo

técnico al CRM en el contexto de desarrollo económico regional, con énfasis en los recursos hídricos y manejo ambiental. El PFI, por otra parte, fue creado en Enero de 1993 con el propósito de evaluar las capacidades institucionales actuales del CRM y así tomar las medidas y acciones necesarias para fortalecer la organización del CRM y sus funciones.

### Funciones

El CRM fue reconocido para servir como una agencia regional de planificación como el CONADE a nivel nacional, y una agencia de implementación del desarrollo socioeconómico de la provincia. Sin embargo, el CRM tiene tantos departamentos y unidades pertenecientes a los Niveles de Asesoría y Auxiliar de alta jerarquía administrativa en relación con el Nivel Operativo, que presenta una desproporcionada y burocrática estructura organizacional; siendo probablemente la causa de demora en la toma de decisiones.

La Organización del Nivel Operativo es en particular muy débil para implementar sus funciones y cumplir con los objetivos de la provincia. Las funciones actuales de la Dirección de Infraestructura Física son de formular planes y estudios, ejecutar la construcción, supervisar la implementación de proyectos, y manejo de las instalaciones de los proyectos pertenecientes al CRM. Estas funciones no han sido completamente tomadas debido a la debilidad organizacional, débil cohesión y menor coordinación entre los Departamentos concernientes. La Dirección debería ser reorganizada y fortalecida en dos nuevas Direcciones que se encarguen plenamente de las funciones y obligaciones de acuerdo a sus funciones. Entre otras cosas, el actual Departamento de Estudio y Diseño, que es el más débil en sus funciones, debería ser fortalecido transformándolo en Dirección.

Por otra parte, las funciones de la Dirección de Desarrollo Socioeconómico sirven de guía para establecer empresas y/o asociaciones para el mejor uso de los recursos hídricos, en particular en agua para riego, ejecutar el manejo de las cuencas de los ríos incluyendo el monitoreo de impacto ambiental, estudio de calidad de agua y suelo para riego, y asistencia a los agricultores para organizar sus comunidades. En la realidad, sin embargo, sus principales actividades están limitadas a sólo una parte de obligaciones afines al riego. La función de monitoreo y manejo ambiental, la cual está en la actualidad asignada al Departamento de Manejo de Cuencas, rara vez ha sido hecho debido en su mayor parte a la debilidad organizacional, falta de antecedentes técnicos y de conocimientos, y personal limitado.

En lo que respecta a las tasas de cobro por el agua para riego y abastecimiento de agua potable, no está aún bien definida la unidad o departamento que tenga la responsabilidad de revisar, estimar y evaluar las tasas por el uso del agua. Las tasas de agua para riego casi no han cambiado en los últimos 20 años, por la que se cobra un valor increíblemente bajo. No hay un mecanismo funcional que trate con este punto en la organización actual del CRM.

### Fuerza Laboral

Hasta Febrero de 1993, el CRM tiene 1.239 personas en el rol de pago: 743 en la oficina principal del CRM; 274, Poza Honda; 82, Chone; 91, La Estancilla; y 49 en otras partes.

De las 743 personas en la oficina principal del CRM, 178 pertenecen a los Niveles Ejecutivo, Asesoría y Auxiliar, mientras que 565 personas están en el Nivel Operativo (191 en la Dirección de Infraestructura Física y 374 en la Dirección de Desarrollo Socioeconómico). Visto desde el punto de vista de las asignaciones de la fuerza laboral por departamento/unidad, el Departamento de Desarrollo Rural de Poza Honda tiene la fuerza laboral más grande (147 personas), seguido por el Departamento de Estudios de Agua y Suelos (92) y el Departamento de Construcción (76). Sin embargo, no hay en la actualidad ningún personal asignado a aquellos Departamentos de Desarrollo Institucional, Informática y Proyecto de Trasvases. Los tres Sistemas Regionales de Abastecimiento de Agua tienen un personal de: 274 para Poza Honda; 82 para Chone y 91 en La Estancilla. Las dos unidades temporales de trabajo tienen una fuerza laboral de 20 (PHIMA) y 4 (PFI), respectivamente.

Analizado por el tipo de empleo en todo el CRM, 309 plazas están categorizadas en personal profesional/administrativo, lo cual es el corazón de la organización del CRM en la toma de decisiones, administración y operación: 230 plazas corresponden a la oficina principal del CRM, 41 a Poza Honda, 17 a Chone y 21 a La Estancilla. En lo que respecta a la categoría obrero/trabajador, el personal permanente es 599 personas y el temporal es de 318. Aún así las funciones organizacionales y fuerzas no pueden ser evaluadas solamente desde el número de empleados, las asignaciones actuales del personal posiblemente inhibe al CRM de ejecutar a plena capacidad una operación funcional.

Con la puesta en vigencia de la nueva Ley de Presupuesto No.18 (Noviembre 30, 1993), todas las agencias e instituciones del Gobierno deben reducir sus gastos incluyendo los gastos de personal, mediante un financiamiento propio. El CRM también está sujeto a esta Ley, y esto afecta directamente, de manera muy particular, a la situación de empleo de la fuerza temporal. El CRM está obligado a reducir el número de empleos temporales, acción que viene implementando con la terminación en julio de 1993 de la relación de trabajo de 160 obreros y de 115 en el mes de abril de 1994. Debido a esta reducción, el CRM necesita distribuir su fuerza laboral de una manera eficiente de acuerdo a las necesidades y requerimientos, haciendo un uso completo de sus recursos humanos.

La tabla 3.7.1 ilustra la distribución de personal del CRM hasta Marzo de 1993.

### (3) Aspectos Financieros

Los ingresos del CRM provienen de seis categorías financieras: (i) corrientes tributarios, (ii) corrientes no tributarios, (iii) transferencias de capital, (iv) transferencias corrientes, (v) cuentas de financiamiento, y (vi) saldo de caja y bancos. Los ingresos del CRM eran de S/2.939 millones en 1987, subió en un 73% hasta S/5.095 millones en 1990. Sus ingresos luego fueron proyectados a subir abruptamente alrededor del 190% hasta S/14.750 millones en 1992. La tabla 3.7.2 demuestra los ingresos del CRM y sus gastos para el período 1987-1992.

De las seis categorías financieras, los ingresos corrientes tributarios y las transferencias de capital son las fuentes más grandes de ingresos; constituyen más de la mitad de los ingresos totales del CRM. En 1992, se proyectaron los ingresos corrientes tributarios en S/5.540 millones, compartiendo el 38% de los ingresos totales del CRM. La transferencia de capital en 1992, en su monto total alcanzó la cifra de S/6.940 millones, llegando a su más grande proporción del 47% de los ingresos del CRM en el mismo año.

En el lado de los gastos, éste tiene nueve categorías: (i) remuneraciones, (ii) servicios; (iii) suministros y materiales, (iv) bienes muebles, (v) adquisición de inmuebles y semovientes, (vi) construcciones y otras inversiones, (vii) amortización y préstamos, (viii) transferencias corrientes, y (ix) asignación global. De éstos, las construcciones y otras inversiones constituyen el más grande de los egresos, correspondiéndole el 45% en 1992. El segundo gasto más grande es el de las

remuneraciones para el personal del CRM, cuya proporción indica una tendencia al alza del 10% en 1987 a un 20% en 1992.

Uno de los puntos controversiales de gastos es la transferencia corriente, la cual es canalizada como un subsidio para el financiamiento de los tres Sistemas Regionales de Abastecimiento de Agua, los cuales han sufrido grandes pérdidas financieras. La legislación vigente limita el subsidio a las agencias gubernamentales, sin excepción. Por lo tanto, el CRM requiere deshacerse del subsidio completamente, y racionalizar la operación y administración de estos sistemas. En el presupuesto del año 1993 el subsidio canalizado por el CRM es de S/.1.420 millones, distribuido en S/.800 millones para Poza Honda, S/.320 millones para La Estancilla y S/.300 millones para Chone.

Con respecto a la tasa de agua potable, la tarifa promedio válida para Octubre de 1992 es de aproximadamente S/.110/m<sup>3</sup>, clasificada como S/.25/m<sup>3</sup> por uso doméstico, S/.150/m<sup>3</sup> por uso comercial y S/.500/m<sup>3</sup> por uso industrial; el rango mínimo de consumo de agua es de 0 - 10 m<sup>3</sup> de agua, respectivamente. Esta tasa es mucho menor que el costo de producción de agua que es alrededor de S/.600/m<sup>3</sup>. A partir de enero de 1994 se viene aplicando una nueva tarifa de agua potable, que tiene como principio básico la recuperación de los costos de operación. El agua para riego es actualmente S/.90/riego/ha, lo que equivale a S/.0.09/m<sup>3</sup>; por lo que la planilla de agua sólo es nominal e increíblemente pequeña. Para el ciclo de riego de 1994, que se inicia en mayo, se aplicará una tarifa que recupera los costos de operación.

#### (4) Recursos Humanos y Competencia Técnica

De las 309 plazas permanentes de profesionales/administrativos en el CRM, visto como una fuerza laboral, alrededor de 120 empleados están categorizados como profesionales con un nivel de educación universitario. Aproximadamente 60 tienen antecedentes técnicos con nivel educativo de secundaria o colegio técnico. El resto está agrupado dentro del personal administrativo, con una educación ya sea universitaria o de colegio. Por otra parte, la mayoría de los obreros/trabajadores generalmente tiene una educación secundaria o menor, sin contar con experiencia técnica.

Analizado desde el campo de la profesión, la ingeniería tiene la mayor proporción. Entre éstos los Ingenieros Civiles, Agrónomos y Agrícolas, incluyendo personal de

asistentes suman 50, 21 y 16, respectivamente. Sin embargo, en los otros campos de ingeniería, tales como ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería geológica, su número es reducido. La cantidad de profesiones especializadas, tales como analista financiero y economista, también es limitada.

Desde el punto de vista de la competencia para la etapa de implementación del proyecto, la presente base técnica puede ser más o menos aplicable a estudios, diseño, construcción y supervisión de proyectos a pequeña escala. Sin embargo, la debilidad técnica puede demostrarse en la operación y mantenimiento. Evaluado por la escala del proyecto, el nivel actual de competencia técnica tan sólo puede ser aplicable para proyectos pequeños que necesitan requerimientos y bases técnicas medias, así como un simple juego de combinaciones técnicas. Es así que esto es un punto crítico para un proyecto de la magnitud, como lo es el Proyecto de Trasvases, que requiere un alto nivel de requerimientos técnicos con un integrado sistema de operación y administración.

Algunos de los problemas analizados anteriormente son el producto de tales atributos como un débil antecedente técnico del personal, baja motivación y entusiasmo, falta de disciplina de trabajo y letargo en las obligaciones. La intervención política a veces subestima la fuerza orgánica y funcional sólida, y administra mal los recursos humanos asignándolos equivocadamente. Esto es particularmente serio para el personal profesional, que en su mayoría están en cargos de supervisión o administrativo. Los bajos sueldos para el personal del gobierno en comparación con el sector privado es posiblemente una de las causas para la falta de motivación y entusiasmo, y la falta de disciplina en el trabajo.

#### (5) Relaciones con otras Instituciones

Hay otras instituciones directa o indirectamente relacionadas con el CRM, tales como el Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE) y la Junta de Recursos Hidráulicos de Jipijapa y Paján (JRH). Además existe una coordinación con el Consejo Provincial, las Municipalidades y otras organizaciones.

En lo que respecta a los recursos hidráulicos y particularmente al uso, el CRM tiene una relación institucional con INERHI, JRH, IEOS, y las Municipalidades. No parece haber una superposición (estudio del Plan Maestro), por el contrario,

generalmente se puede observar la falta o deficiencia de funciones y coordinación. La coordinación interinstitucional es incipiente, sin embargo, en lo que respecta al agua potable, las funciones del CRM, JRH e IEOS son algo sobrepuestas por las municipalidades.

A continuación se describen, de manera breve, las funciones de las instituciones afines al CRM.

- 1) CONADE es la agencia responsable de la formulación del Plan Nacional de Desarrollo, cuya función es la de controlar y guiar a los ministerios de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo. CRM tiene una relación muy especial con el CONADE en la preparación de sus propios planes, programas y proyectos para la Provincia de Manabí, así como la coordinación de éstos con el Plan Nacional de Desarrollo.
- 2) INERHI es la agencia a cargo del desarrollo de los recursos hídricos del Ecuador. En lo que respecta al manejo del agua y desarrollo de las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo, su autoridad pertenece al INERHI. Sin embargo, la competencia por el manejo del agua y sus usos en la Provincia de Manabí ha sido transferida al CRM mediante concesiones, de conformidad con los acuerdos realizados entre INERHI y CRM.
- 3) CEDEGE es la agencia responsable del desarrollo de los recursos hídricos de la cuenca del río Guayas, y controla la presa Daule-Peripa. De conformidad con el acuerdo firmado en Diciembre de 1986 entre CEDEGE y CRM, y plenamente avalizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, CRM tiene el derecho a derivar agua de la presa Daule-Peripa hasta una cantidad de 500 MCM/año para uso en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo.
- 4) IEOS es la agencia de planificación y supervisión de obras y proyectos afines al agua potable y alcantarillado del país. También tiene la autoridad para controlar la calidad del agua potable.
- 5) JRH es una institución de derecho privado con funciones públicas, con patrimonio y fondos propios; está ubicada en Jipijapa, en la zona sur de la Provincia de Manabí. Sus objetivos son de proveer agua potable a las áreas urbanas y rurales de Jipijapa y Paján, alcantarillado sanitario y sistema de drenaje, pavimentación y abastecimiento de agua para riego, desarrollo de