

actividades productivas, y por último actividades que impulsen el desarrollo económico y social de Jipijapa y Paján.

3.7.3 Arreglos institucionales recomendados y programas de apoyo

(1) Papel del CRM en el Proyecto de Trasvases

CRM es la agencia ejecutora para la implementación, operación y mantenimiento del Proyecto de Trasvase. Sin la exitosa operación y mantenimiento de las obras, nunca se alcanzarán los objetivos propuestos en el proyecto. Es por eso que no hay exageración al decir que el desarrollo socioeconómico de la provincia depende fuertemente del éxito de los trasvases.

Con este fin en mente, el fortalecimiento institucional del CRM es esencial, en vista del análisis institucional de la situación actual del CRM y las bases de los requisitos a cumplir para la deseada operación y mantenimiento del proyecto. A continuación se proponen alternativas de arreglos institucionales.

(2) Estructura Orgánica Propuesta

La estructura orgánica del CRM debe estar diseñada para ejecutar los actuales programas y actividades, y a responder a las actividades de operación y mantenimiento, particularmente el de trasvase. Es por esto que se proponen tres alternativas de estructura orgánica para el nivel operativo, dependiendo de los roles y responsabilidades de las Direcciones respectivas, y los roles y funciones del Proyecto de Trasvase para la etapa de operación y mantenimiento.

1) Alternativa 1

La Alternativa 1 está diseñada para dividir la Dirección actual de Infraestructura Física en dos nuevas Direcciones, de acuerdo a las funciones y responsabilidades. Se propone que bajo el Subdirector Ejecutivo estén organizadas tres Direcciones: Dirección de Estudios y Diseños, Dirección de Implementación, Operación y Mantenimiento, y Dirección de Desarrollo Socioeconómico. El cuadro de organización de la alternativa 1 se presenta en la Figura 3.7.3.

(a) Dirección de Estudios y Diseños

La Dirección de Estudios y Diseños es creada del actual Departamento de Estudios y Diseños para fortalecer sus capacidades y la competencia de planificación. La Dirección es responsable por los estudios y diseños desde su etapa preliminar, estudios de planes maestros, estudios de prefactibilidad hasta el diseño definitivo. La Dirección está compuesta de seis Departamentos: Planificación y Diseño, Ingeniería, Análisis Socioeconómico, Finanzas, Evaluación de Proyectos y Laboratorio. Cada departamento está diseñado y especializado en un solo tipo de trabajo y obligación.

(b) Dirección de Implementación, Operación y Mantenimiento

La Dirección propuesta de Implementación, Operación y Mantenimiento está principalmente formada para transferir los trabajos y funciones pertenecientes a los departamentos que en la actualidad están bajo la Dirección de Infraestructura Física, aparte del Departamento de Estudios y Diseños. Las principales funciones de la Dirección son las de realizar gestiones de implementación de proyectos, que comprenden la construcción y supervisión, y además las actividades de operación y mantenimiento. Los actuales Departamentos de Construcción y de Supervisión son reformados y reestructurados en nuevos departamentos, de acuerdo con los proyectos. Los tres Sistemas Regionales de Abastecimiento de Agua son supervisados y controlados por la nueva Dirección, a fin de que se encargue de una operación y mantenimiento eficiente de las instalaciones, así como la distribución de los recursos y administración.

La incorporación de los sistemas de agua potable en estas tres propuestas de estructura orgánica será hasta la implementación de la nueva organización empresarial para este servicio.

El Proyecto de Traspase (de aquí en adelante llamado Departamento del Proyecto de esta sección) también está bajo la Dirección, funcionando como uno de los departamentos. Las labores y funciones del Departamento del Proyecto tratan específicamente con la operación y mantenimiento de todas las instalaciones. El Departamento del Proyecto tiene seis unidades de trabajo: Manejo de Agua, Operación, Monitoreo e Inspección, Servicios de Adquisiciones, Mantenimiento y Oficinas de Campo.

La Unidad de Manejo de Agua administra y monitorea el flujo del agua y balance para los trasvases de: (i) Daule Peripa a La Esperanza, (ii) La Esperanza a Poza

Honda, (iii) Poza Honda a Mancha Grande, y (iv) flujo de agua para riego, abastecimiento de agua y mantenimiento del río. La Unidad de Operación controla las actividades de operación de acuerdo con las directrices e instrucciones de la Unidad de Manejo de Agua, y con las normas y criterios establecidos. La Unidad de Monitoreo e Inspección se encargará de monitorear e inspeccionar el sistema de bombeo, instalaciones de entrada y salida, y túnel de derivación de acuerdo con el monitoreo y normas de inspección. La Unidad de Servicios de Adquisición trata con el inventario, orden de compras, envío de repuestos, equipos y materiales necesarios para la operación y mantenimiento. La Unidad de Mantenimiento se encargará de la reparación y mantenimiento de las instalaciones. Finalmente, la Unidad de Oficina de Campo es responsable primeramente por las operaciones regulares diarias en el sitio, en estricto acuerdo con las instrucciones y directrices impartidas por la Unidad de Operación. Sus responsabilidades posiblemente cubran inspecciones menores y diarias de las instalaciones.

El Departamento de Programación y Evaluación, directamente bajo la Dirección, tiene la responsabilidad de planificación para la óptima distribución y manejo del agua de los proyectos, incluyendo el Proyecto de Trasvase. La unidad también estará a cargo de la revisión y evaluación de las tasas de agua para los sistemas de abastecimiento de agua, y se le da la autoridad de proponer nuevas tarifas, por lo menos para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

(c) Dirección de Desarrollo Socioeconómico

La Dirección propuesta para el Desarrollo Socioeconómico es casi la misma que en la organización actual, excepto por la inclusión del Departamento Ambiental. El Departamento tiene tres unidades: Unidad de Manejo Ambiental, Unidad de Monitoreo Ambiental, y Laboratorio. Las funciones del Departamento de Manejo de Cuencas es transferida completamente al nuevo Departamento Ambiental. Las nuevas funciones y obligaciones del Departamento Ambiental son, como se propone en los estudios ambientales: (i) realizar un manejo general de Control Ambiental y Plan de Monitoreo (PMMA), (ii) formular planes y programas así como la ejecución de los mismos, y (iii) desarrollar métodos de análisis efectivo y realizar estudios básicos para establecer normas y criterios ambientales.

Los Departamentos de Desarrollo Rural Poza Honda, Carrizal-Chone y Areas Marginales tienen un rol activo. Estos departamentos son directamente respon-

sables por la operación y mantenimiento de las instalaciones de riego y la provisión de guías técnicas a los agricultores en línea con la promoción del desarrollo rural. Los departamentos también están a cargo de la recolección de tarifas de agua de riego y ayudan a la organización de los agricultores en cooperativas y asociaciones.

El Departamento de Programación y Evaluación tiene la responsabilidad de planificar la distribución óptima y manejo del agua para riego. Esta Unidad es responsable de la revisión y evaluación de la tasa de agua por riego y tiene la facultad de proponer nuevas tasas para recuperar los costos de las instalaciones de riego.

2) Alternativa 2

La Alternativa 2 trata de dividir el Nivel Operativo de acuerdo a las funciones por Dirección: Cuatro Direcciones constituyen el Nivel Operativo bajo el Subdirector Ejecutivo: Dirección de Estudios y Diseños, Dirección de Construcción y Supervisión, Dirección de Operación y Mantenimiento, y Dirección de Desarrollo Socioeconómico. El cuadro de organización recomendado de la Alternativa 2 se presenta en la Figura 3.7.4.

(a) Dirección de Estudios y Diseños

La Dirección de Estudios y Diseños tiene seis departamentos, y sus funciones también son las mismas que en la Alternativa 1.

(b) Dirección de Construcción y Supervisión

La Dirección propuesta de Construcción y Supervisión es responsable por la construcción y supervisión de todas las obras y proyectos que pertenecen al CRM. Por ahora, la Dirección consiste de cuatro Departamentos por proyecto, y éstos actúan como agencias ejecutoras responsables de la construcción y supervisión de sus respectivos proyectos: Poza Honda, Carrizal-Chone, Proyecto de Plantas de Tratamiento de Agua y otros proyectos.

La Unidad de Programación y Evaluación es responsable por la planificación de la distribución de los recursos de todos los proyectos bajo la Dirección. La Unidad está a cargo del monitoreo e inspección de los proyectos bajo construcción.

(c) Dirección de Operación y Mantenimiento

La Dirección para la Operación y Mantenimiento es en primer lugar responsable del manejo del Proyecto, de todos los proyectos y programas en operación. La Dirección tiene siete departamentos, los cuales tienen que ver con la operación y mantenimiento de los respectivos proyectos, comprendiendo los tres sistemas regionales de agua potable (Poza Honda, Chone y La Estancilla), dos sistemas de riego (Poza Honda y Carrizal-Chone), otros proyectos y el Proyecto de Trasvase.

Los tres Sistemas Regionales de distribución de agua son respectivamente operados por departamentos bajo la Dirección, y serán responsables de todos los gastos de operación y mantenimiento. Los dos departamentos responsables de los sistemas de riego no sólo tienen las funciones y obligaciones de operación y mantenimiento de las instalaciones de riego, sino que también tienen la responsabilidad de asistir a los agricultores dándoles asistencia técnica. El Departamento del Proyecto de Trasvase tiene la misma estructura y funciones que en la Alternativa 1.

La Unidad de Programación y Evaluación tiene la responsabilidad de planificar la distribución óptima del agua y el manejo del agua para riego. Esa Unidad es responsable por la revisión y evaluación de la tasa de agua por riego, y tiene la autoridad de proponer nuevas tasas para recuperar los costos de las instalaciones de riego.

(d) Dirección de Desarrollo Socioeconómico

La Dirección de Desarrollo Socioeconómico trata con los proyectos y programas de orientación económico social, que son específicamente designados para promover el bienestar y el mejoramiento del estándar de vida de la población de la Provincia. Esta cuenta con cinco Departamentos: Desarrollo de Empresas, Manejo de Cuencas, Ambiental, Desarrollo Rural, y Programación y Evaluación

Los dos primeros departamentos y el de Programación y Evaluación tienen las mismas funciones y obligaciones, como en las asignaciones bajo la actual organización. El Departamento Ambiental, recientemente creado, tiene la misma organización y función como las presentadas en la Alternativa 1. El Departamento de Desarrollo Rural es responsable de la planificación y diseño de proyectos y programas dirigidos a promover el bienestar social y el mejoramiento del estándar de vida, con el propósito de un desarrollo rural autosuficiente.

3) Alternativa 3

La Alternativa 3 está especialmente diseñada para establecer una nueva Dirección, que será responsable de la operación y mantenimiento del Proyecto de Traspase. Una vez que el Proyecto esté terminado y listo para ser operado, se requerirá la administración completa, incluyendo operación y mantenimiento del Proyecto de Traspase y de los embalses de La Esperanza y Poza Honda. Esto va más allá de una mera operación y mantenimiento de las instalaciones, pero demanda un sistema de manejo integrado en consideración a la distribución óptima del agua entre los usuarios, tales como abastecimiento de agua potable, agua para riego, y otros usuarios en potencia como son las camaroneras. La Alternativa 3 considera plenamente las funciones arriba descritas y el cuadro de organización de esta alternativa se muestra en la Figura 3.7.5.

(a) Dirección de Estudios y Diseños

La Dirección de Estudios y Diseños tiene seis Departamentos: Planificación y Diseño, Ingeniería, Análisis Socioeconómico, Finanzas, Evaluación de Proyecto, y Laboratorio. Sus funciones y obligaciones son las mismas que las presentadas en la Alternativa 1.

(b) Dirección de Construcción y Supervisión

La Dirección propuesta de Construcción y Supervisión es responsable por la construcción y supervisión de todos los proyectos, como en el caso de la Alternativa 2. La Dirección tiene cinco Departamentos: Proyecto Poza Honda, Proyecto Carrizal-Chone, Proyecto de Traspase, Proyecto de Plantas de Tratamiento de Agua, Programación y Evaluación, y otros proyectos.

(c) Dirección de Desarrollo Socioeconómico

La Dirección de Desarrollo Socioeconómico tiene la responsabilidad de planificación de proyectos y programación de diseño, con orientación de desarrollo Socioeconómico para el mejoramiento, bienestar social de la población. Las principales funciones y obligaciones son las mismas que en la Alternativa 2; excepto por el Departamento Ambiental.

(d) Dirección de Trasvase y Manejo de Agua

La Dirección propuesta de Trasvases y Manejo de Agua tiene la responsabilidad del manejo general de las aguas del trasvase y de la operación de los embalses de La Esperanza y Poza Honda, incluyendo el manejo de agua para el uso aguas abajo de los embalses. Con el fin de que el CRM maneje y se encargue de estas funciones de una manera efectiva y racional, la Dirección está formada por dos divisiones: División de Operación y Mantenimiento del Trasvase y la División de Abastecimiento y Manejo de Agua.

La primera División es responsable de la operación y mantenimiento de todas las instalaciones del Trasvase, La Esperanza y Poza Honda. Esta División está compuesta de siete Departamentos, v.g., Manejo de Agua, Operación, Monitoreo e Inspección, Servicios de Adquisición y Oficinas de Campo, tienen en principio las mismas funciones que en el caso de la Alternativa 1. Todas son fortalecidas en estructura orgánica, personal y competencia. La División también tiene el Departamento Ambiental, el cual tiene propuesto las mismas funciones y obligaciones como en la Alternativa 1. Esto se debe a que la mayor preocupación por el impacto ambiental estaría asociada con la operación del Proyecto del Trasvase en sí.

La otra división tiene cinco Departamentos: Riego de Poza Honda, Riego de Carrizal-Chone, Sistema de Abastecimiento de Agua de Poza Honda, Sistema de Abastecimiento de Agua de Chone y Sistema de Abastecimiento de Agua de La Estancilla. Ellos son responsables por la operación y mantenimiento de las instalaciones respectivas, facturación de la tasa de agua a los usuarios, y provisión de asistencia técnica y guía a los agricultores en el caso de operaciones de riego.

El Departamento de Programación y Evaluación está a cargo de prever las demandas de agua para los usuarios, planificación de la distribución óptima del agua, y diseño de programas para el manejo efectivo y eficiente de la misma. Este Departamento es responsable de revisar y evaluar las tarifas por el consumo del agua potable y agua para riego, y tiene la autoridad de proponer nuevas tasas.

4) Establecimiento del Comité de Distribución y Manejo de los Recursos Hídricos.

En el Ecuador, algunas instituciones y agencias están involucradas en el manejo del agua y su uso. Sin embargo, en la actualidad no existe una coordinación inter-

institucional entre ellas. Por lo tanto, se propone, antes que se culmine el Proyecto de Trasvase, que se establezca el Comité de Distribución y Manejo de los Recursos Hídricos (tentativo) con los siguientes objetivos:

- (a) formular planes y programas para el mejor uso y manejo de los recursos hídricos, de una manera efectiva y eficiente;
- (b) encargarse de la distribución óptima de los recursos hídricos entre los usuarios;
- (c) coordinar entre las instituciones involucradas la distribución de los recursos hídricos y el manejo de los mismos; y,
- (d) asistir a cada institución a diseminar y desarrollar varias actividades promoviendo el manejo del agua para un mejor entendimiento del público.

El Comité estará conformado por las siguientes instituciones: (i) Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE), (ii) Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), (iii) Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), (iv) Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM), (v) Consejo Provincial, (vi) Municipalidades, y (vii) otras partes, incluyendo la Cámara de Productores de Camarones (CPC) y las asociaciones o cooperativas agrícolas.

(3) Programas Requeridos de Capacitación

Para implementar una efectiva operación y mantenimiento de las instalaciones del Proyecto de Trasvase y otras instalaciones afines, el CRM necesita suficiente capacitación y base de conocimientos que en este momento no tiene. Se proponen programas de capacitación mediante el desarrollo de los recursos humanos, orientados a establecer habilidades competentes y base de conocimientos para que el personal del CRM pueda desempeñar nuevas funciones. Este programa beneficiará al CRM asegurando de esta manera que las habilidades técnicas, administrativas y de manejo propuestas, necesarias para la operación y manejo de todas las funciones, sean retenidas por el personal del CRM. Para los programas de capacitación, la gerencia superior debe asegurar que otros factores también sean tomados en cuenta a fin de que el personal pueda cumplir adecuadamente con sus obligaciones y trabajos, incluyendo: (i) personal con el antecedente académico apropiado, (ii) suficiente número de empleados para realizar las funciones de una manera efectiva, (iii) obligaciones y funciones operacionales bien definidas, (iv) nivel salarial

apropiado, y (v) trato justo y una adecuada asignación de personal, libre de intervención política.

1) Desarrollo del Programa de Capacitación

Deben realizarse grandes esfuerzos para el desarrollo de programas de capacitación dirigidos a incrementar las habilidades organizativas de todo el personal técnico, administrativo y mano de obra calificada del CRM. El desarrollo de programas de capacitación y entrenamiento profesional debería incluir todas las actividades técnicas y administrativas para fortalecer el rendimiento a todo nivel de los recursos humanos desde el nivel de gerencia, personal a nivel superior, medio e inferior. La Dirección de Recursos Humanos primero debería tomar la iniciativa de elaborar el desarrollo de programas de capacitación en base a una evaluación extensiva y general del nivel actual de competencia técnica del CRM, disponibilidad de recursos humanos y campos requeridos de profesiones y capacidades.

(a) Capacitación en el Trabajo

Este tipo de capacitación está dirigido a desarrollar las habilidades del personal a un nivel de pericia. Puede ser implementado de una manera flexible a corto plazo, rutinario continuo, en casa o en el trabajo para los empleados existentes o nuevos, de acuerdo a sus antecedentes técnicos y competencia. Los objetivos de este tipo de capacitación son de fortalecer las habilidades técnicas del personal.

(b) Cursos Formales en Sitio

Los cursos formales en sitio generalmente son los más apropiados para fortalecer las habilidades individuales. Este tipo de capacitación puede darse para rectificar las deficiencias de habilidades específicas de ciertos departamentos o de un grupo de empleados con antecedentes técnicos y trabajos similares.

(c) Talleres y Seminarios

Los talleres y seminarios son menos efectivos para capacitación individual pero se pueden usar para mejorar la efectividad de cierto grupo. Los talleres son una excelente manera de capacitar a la gerencia, personal técnico superior y medio.

(d) Viaje de Estudio

El viaje de estudio es una actividad convencional de capacitación. Este tipo de capacitación deberá ser apropiadamente seleccionado para evitar el mal uso y cubrir las necesidades de campos específicos, tales como ingeniería, operaciones, gerencia, financiamiento y análisis de tarifas.

(e) Internados

Los internados pueden dar un servicio extenso de capacitación con otras instrucciones. El CRM debería considerar en colocar un funcionario joven como interno, que no se encuentre en un cargo crítico, v.g.; en CEDEGE u otra institución o en otros países donde exista una operación y manejo similares, tales como el manejo de cuencas o manejo de cuencas en sitio.

2) Cursos Propuestos de Capacitación

Para implementar las funciones del CRM de una manera efectiva, se requiere un personal adicional con la capacitación apropiada que conlleve varias responsabilidades funcionales. En el transcurso de la construcción y posteriormente en la etapa de operación y mantenimiento, los campos y áreas del CRM que requieren fortalecimiento son:

(a) Campo de Ingeniería

La capacitación en el campo de ingeniería incluye diseño estructural, plan de construcción, supervisión de construcciones, mejoramiento riverseño, manejo de agua, manejo de cuencas, mecánica de suelos, etc. El propósito de capacitación en este campo es de fortalecer la capacidad de planificación, mejoramiento del manejo operacional y de la capacidad de supervisión, en particular para el nivel operativo, a fin de conseguir una firme base técnica.

(b) Campo Socioeconómico

La capacitación en el campo socioeconómico cubre el desarrollo rural y planificación regional, en áreas afines a la agricultura (cultivos y ganadería, agronomía y agroindustria), ecología, promover la industria y áreas ambientales afines (EIA, manejo ambiental y monitoreo ambiental). Este tipo de capacitación

está dirigido a edificar las capacidades de planificación y diseño de proyectos que permita al CRM formular planes, programas y proyectos hacia un desarrollo socioeconómico de la Provincia de Manabí.

(c) Campo de Operación y Mantenimiento

La capacitación en operación y mantenimiento incluye la operación, mantenimiento y control de estaciones de bombeo, presas e instalaciones, sistemas de abastecimiento de agua para riego y agua potable. Esta capacitación está dirigida a actualizar y mejorar las habilidades de operación y mantenimiento, y al mejoramiento en el rendimiento de los trabajos con actividades de rutina.

(d) Campo Gerencial

La capacitación en el campo gerencial incluye el manejo de proyectos, finanzas, contabilidad, evaluación de proyectos y estrategias para fijar la tasa de agua. Este tipo de capacitación se proveerá al personal gerencial, profesional y técnico superior para desarrollar capacidades gerenciales para que el CRM como institución se pueda fortalecer y autofinanciarse.

(4) Establecimiento del Sistema de Manejo del Traspase y Embalses (SMTE)

Una vez que el Proyecto de Traspase esté concluido, el CRM requerirá técnicas gerenciales comprensivas y habilidades que comprendan la operación y control del Traspase en sí, y la operación de los embalses de las presas La Esperanza y Poza Honda, en consideración al uso del agua y su distribución. Esto puede que lleve al CRM a establecer un Sistema de Manejo Coordinado del Traspase y del Embalse (SMTE) como un sistema integrado. El SMTE será desarrollado con el propósito de realizar rápidas decisiones de gerencia así como también asegurar la operación confiable y el control de todas las instalaciones como una herramienta gerencial.

Si se desea, el SMTE será el sistema centralizado computarizado de información, que monitorea la información en tiempo real, tales como: caudal de entrada desde el Daule-Peripa, observación del nivel del agua de los respectivos embalses, caudal de mantenimiento del río y uso del agua, aguas abajo. En la práctica, sin embargo, el SMTE es progresivamente actualizado de acuerdo al mejoramiento de la base técnica, disponibilidad de recursos humanos, desarrollo de base de datos y requerimientos financieros.

El SMTE puede conformarse por una oficina central y oficinas de campo, basándose en la información transmitida desde cada oficina de campo donde los datos son simultáneamente procesados, y las instrucciones y directrices apropiadas serán devueltas a las oficinas de campo para la operación y control.

El SMTE, por ahora, es una idea propuesta y se la elaborará a mayor detalle si se la considera necesaria.

3.7.4 Programas institucionales propuestos y cronograma de implementación

(1) Programas Institucionales Propuestos

Los programas propuestos se desarrollan en base a un conjunto integrado de principios con los que la capacidad institucional del CRM sea reforzada. Estos son clasificados en: (i) desarrollo de infraestructura institucional, (ii) desarrollo y capacitación de recursos humanos, y (iii) desarrollo del plan de operación y mantenimiento.

1) Desarrollo de Infraestructura Institucional

El desarrollo de infraestructura institucional intenta edificar la capacidad organizacional del CRM, de manera que cumpla con las crecientes demandas de roles y funciones, particularmente en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto de Trasvases y posiblemente las instalaciones de las presas. La fuerza de la infraestructura institucional depende en su mayor parte de: (i) adecuabilidad de la estructura organizacional, (ii) autoridades dadas al CRM, en las que el CRM cumple con sus funciones, (iii) funciones, obligaciones y trabajos asignados a las Direcciones, Departamentos y Unidades, (iv) disponibilidad de los recursos humanos, v.g., grado de pericia de las profesiones y habilidades técnicas, y (v) elegibilidad y efectividad de la configuración del sistema.

Por ahora, la estructura organizacional del CRM para la etapa de operación y mantenimiento aún se encuentra bajo estudio como se propone en las Alternativas. En vista de esto, los programas y actividades para el desarrollo de infraestructura institucional se indican a continuación, en sentido general, y se definirán en el transcurso del estudio.

(a) Evaluación de la Capacidad Institucional Actual

El CRM debería primero evaluar su propia capacidad institucional. El CRM en la actualidad forma parte de este programa mediante la Unidad de Fortalecimiento Institucional temporal (PFI). Sin embargo, debido a su limitada cantidad de personal sus actividades son un tanto restringidas.

Este programa apunta a evaluar la fuerza institucional, su debilidad y desventajas, a estimar sus limitantes institucionales, y a clarificar problemas cruciales y puntos que deben rectificarse. Esta tarea se propone que sea coordinada con la Dirección de Recursos Humanos para evaluar la disponibilidad de los recursos humanos del CRM.

(b) Estudio para el Desarrollo Institucional

El estudio para el desarrollo institucional sigue la estimación de la capacidad institucional actual. Es propósito de este estudio proponer la más adecuada institución del CRM, incluyendo estructura organizacional, designación de personal, clarificación de funciones, obligaciones y tareas a las respectivas Direcciones, Departamentos y Unidades. Para llevar a cabo este programa, se propone que el CRM designe un comité compuesto de representantes de cada nivel: Asesoría, Auxiliar y Operativo, o refuerce el actual PFI.

(c) Procedimientos Administrativos

Siguiendo el estudio para el desarrollo institucional, se requiere una serie de procedimientos institucionales para realizar los ajustes institucionales. El CRM necesita tomar las debidas acciones administrativas con las autoridades superiores a fin de obtener la aprobación oficial; también es necesario reformar su reglamento interno y normas.

2) Desarrollo y Capacitación de los Recursos Humanos

El desarrollo de los recursos humanos es un segmento vital para fortalecer y actualizar la capacidad institucional. En este sentido, los programas de capacitación deben ser bien diseñados y los programas también deben ser implementados de una forma efectiva.

(a) Evaluación de los Recursos Humanos Actuales del CRM

Este programa está diseñado para capacitar todos los niveles de los recursos humanos del CRM de una manera objetiva. La evaluación incluye los niveles y grados de competencia profesional, habilidades técnicas y su pericia. El programa también intenta clarificar la disponibilidad y distribución de los recursos humanos o profesiones en el CRM.

(b) Examen de las Necesidades de Personal y los Campos de Profesión

Las necesidades del personal y los campos de profesión son revisados desde muy cerca en base a una evaluación detenida de los recursos humanos del CRM y los requerimientos futuros. Este programa clarifica la elegibilidad de los requerimientos del personal en necesidad, y también evalúa la posibilidad del uso eficiente de los recursos humanos existentes, v.g., mediante la capacitación adecuada o transferencia de puestos de trabajo. Este también es el caso con el campo de profesiones y están indicados en el programa de capacitación en la sección previa. Este programa está diseñado para implementarse simultáneamente con el desarrollo institucional.

(c) Desarrollo de Programas de Capacitación

En base al examen de las necesidades del personal y campo de profesiones, se desarrollan los programas de capacitación necesarios. Este programa también evalúa los requerimientos financieros, y la disponibilidad de fuentes de capacitación doméstica y foránea. Como se propone, la combinación de los tipos fijos de capacitación se implementará de acuerdo con los requerimientos, urgencias y limitantes financieras.

(d) Implementación de capacitación del Personal del CRM

Siguiendo el desarrollo de los programas de capacitación, se implementa una capacitación intensiva al personal técnico y administrativo. La capacitación abarca a todo el personal en sus respectivos niveles de jerarquía administrativa.

(e) Establecimiento de un Sistema de Reclutamiento y Reglamento de Empleo

Aún cuando el CRM se encargue de actualizar la capacitación de los recursos humanos existentes, puede que se encuentre con cierta escasez de mano de obra. En

la actualidad el CRM no tiene un reglamento ni procedimientos sistemáticos para el reclutamiento de personal. Además, con frecuencia se ha puesto en práctica la intervención política para transferencia o designaciones de personal.

En vista de esto, el CRM necesita establecer un sistema de reclutamiento sistemático para todos sus nuevos empleados. Adicionalmente, el CRM debe establecer un reglamento de empleo que asegure un trato justo y transparente al personal.

3) Plan de Desarrollo de Operación y Mantenimiento

Un plan bien diseñado de operación y mantenimiento es esencial para el manejo general de las instalaciones y para hacer el mejor uso de los recursos hídricos en una forma efectiva y eficiente. El programa incluye el establecimiento y desarrollo no sólo del trasvase y operación de los embalses, sino también el abastecimiento de agua potable y agua para riego. Esto se debe a que el CRM requiere convertirse en una institución autofinanciada por razón de la nueva Ley No.18. Con este fin, el CRM necesita administrar y supervisar todos los sistemas no sólo desde el punto de vista técnico sino también desde el punto de vista financiero.

(a) Desarrollo de los Recursos Hídricos y Plan de Distribución y Manejo del Agua

Este programa es de vital importancia para aprovechar los recursos de agua de una manera efectiva. Por esto, el Comité de Recursos Hídricos, Distribución y Manejo del Agua debe establecerse como un comité que gobierne, coordine la distribución del agua, su uso y manejo. El CRM, la agencia ejecutora del Proyecto de Trasvase y la operación de la presa, elabora una práctica y opera la distribución de los recursos de agua en coordinación con las autoridades concernientes.

(b) Establecimiento de un Plan de Manejo para el Trasvase y Operación de Embalses.

Siguiendo el desarrollo de la distribución de agua y plan de manejo de agua, el CRM está a cargo de crear el plan de operación y mantenimiento. Por esto, los criterios y reglamentos de operación y mantenimiento deben formularse primero. También se trabajó un esquema práctico de operación, v.g., sistema centralizado de operación remota, sistema de control central de operación en sitio, o sistema independiente de operación en sitio. El trasvase y el manejo del embalse (SMTE) puede servir para la operación eficiente y precisa si se lo diseña y establece de la manera apropiada.

- (c) Establecimiento de un Plan de Manejo para los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable.

Este programa trata de establecer el manejo efectivo para controlar la operación y mantenimiento de los Sistemas Regionales de Abastecimiento de Agua. Adicionalmente, el programa apunta a fortalecer la capacidad administrativa, tal como informes, contabilidad, facturación y recolección de tasas.

- (d) Establecimiento de un Plan de Manejo para los Sistemas de Riego

El CRM necesita establecer un plan de manejo práctico para los dos sistemas de riego. El plan de manejo incluye la operación y mantenimiento de las instalaciones de riego, dar asistencia técnica y subprogramas para incrementar la productividad agrícola.

(2) Cronograma de Implementación

Todos los programas y actividades son tentativos en consideración del inicio de la operación y mantenimiento a inicios del año 2000. El cronograma tentativo de implementación se muestra en la Figura 3.7.6.

3.7.5 Ley reformativa a la ley constitutiva del CRM

A partir del 5 de Julio de 1994, el CRM tiene una nueva ley, denominada Ley 57 o "Ley Reformativa a la Ley Constitutiva del Centro de Rehabilitación de Manabí". Esta ley define al Centro de Rehabilitación de Manabí como una institución de Derecho Público, con personería jurídica, con finalidad social y pública, con sede en la ciudad de Portoviejo y con jurisdicción en la provincia de Manabí; teniendo como objetivos los siguientes:

Art. 2:

- a) Alcanzar el desarrollo socioeconómico integral de la provincia de Manabí;
- b) Preparar planes, programas y proyectos de desarrollo de la provincia, en concordancia con los planes nacionales y en coordinación previa con los organismos públicos y privados de la región, a fin de lograr el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles;

- c) **Planificación y ejecución de obras hidráulicas, particularmente el trasvase Daule-Peripa hacia las presas de La Esperanza-Poza Honda-Río Chico; obras de saneamiento ambiental, agua potable y alcantarillado de aguas servidas y lluvias; programas de control y cuidado del ecosistema, especialmente, flora y fauna, desechos tóxicos de las empresas, limpieza de ríos, reforestación, recuperación de manglares y, planificación urbanística y pavimentación en la provincia de Manabí;**
- d) **Organizar empresas de sistema de riego, de programas de control y cuidado del ecosistema, de sistema de agua potable y alcantarillado, por zonas en la Provincia, participar en las mismas en unión de los concejos cantonales y de otras instituciones públicas y privadas involucradas en ellas, con el objeto de hacer una administración y operación centralizada evitando la multiplicación de burocracia en cada cantón y diluyendo los recursos económicos; y,**
- e) **Asesorar en materia de desarrollo urbano a los municipios de la Provincia.**

Art. 4:

“Los Organismos Directivos del Centro de Rehabilitación de Manabí son los siguientes: Junta Directiva, Gerente General y Departamento Técnico y Administrativo”

Art. 5:

“La Junta Directiva del Centro de Rehabilitación de Manabí es la máxima autoridad de Nivel Directivo de la Institución y estará integrado con los siguientes miembros:

- a) **Un representante del Presidente Constitucional de la República, que la presidirá, quien deberá ser una persona residente de la Provincia de Manabí;**
- b) **El Secretario General de Planificación del Consejo Nacional de Desarrollo “CONADE” su delegado, un ciudadano manabita con amplio conocimiento de Planificación Nacional de Desarrollo;**
- c) **El Gobernador de la provincia de Manabí, o por delegación el Jefe Político del Cantón Portoviejo y que haga sus veces;**
- d) **El Prefecto Provincial de Manabí, o en su ausencia el Vicepresidente del Consejo Provincial;**

- e) El representante de la Iglesia Católica de mayor jerarquía con residencia en Manabí;
- f) Un representante designado por las municipalidades manabitas;
- g) Un representante elegido por las Cámaras de Comercio, Industrias y de la Construcción;
- h) Un representante de los centros agrícolas de la Provincia,
- i) Un representante de las Universidades de Manabí; y,
- j) Un representante de los trabajadores y organizaciones campesinas con personería jurídica legalmente reconocidas de Manabí.

Una de las funciones de la Junta Directiva es conocer, aprobar y autorizar la celebración de contratos, convenios, empréstitos nacionales o extranjeros y actos legales que representan compromisos para la institución (Artículo 9, literal f).

La administración del Centro de Rehabilitación de Manabí estará a cargo del Gerente General, máximo nivel ejecutivo, quien será el representante legal de la entidad (Art.10).

Una de las funciones del Gerente General es desempeñarse como Secretario de la Junta Directiva del CRM (Art.11).

Los departamentos técnico y administrativo son los niveles asesores de la institución y lo integran:

- El técnico con las secciones de hidráulica, saneamiento ambiental, ecosistema y planificación;
- El administrativo con las secciones de Secretaría, financiero, jurídico, comunicación, prensa, relaciones humanas y auditoría interna (Art.12).

El CRM estará facultado para contratar empréstitos nacionales e internacionales, así como realizar toda clase de transacciones financieras autorizadas por las leyes. El Gobierno Nacional podrá garantizar los empréstitos que directamente contrate la Institución (Art. 14).

El CRM gozará de la exoneración de todo gasto de impuestos generales y especiales, tasas y gravámenes vigentes incluyendo los derechos arancelarios a la importación de equipos, maquinarias, repuestos, accesorios y otros materiales que fueren necesarios para el mejor cumplimiento de sus objetivos, así como del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y prestación de servicios (Art. 16).

El CRM podrá celebrar contratos y convenios para la ejecución de estudios y obras con personas naturales y jurídicas de Derecho Público y Privado, nacionales e internacionales, de acuerdo a las disposiciones de la leyes respectivas (Art. 17).

Un organigrama basado en la interpretación de la Ley 57 y su reglamento ha sido preparado por el Grupo de Estudios de JICA y se muestra en la Fig. 3.7.7.

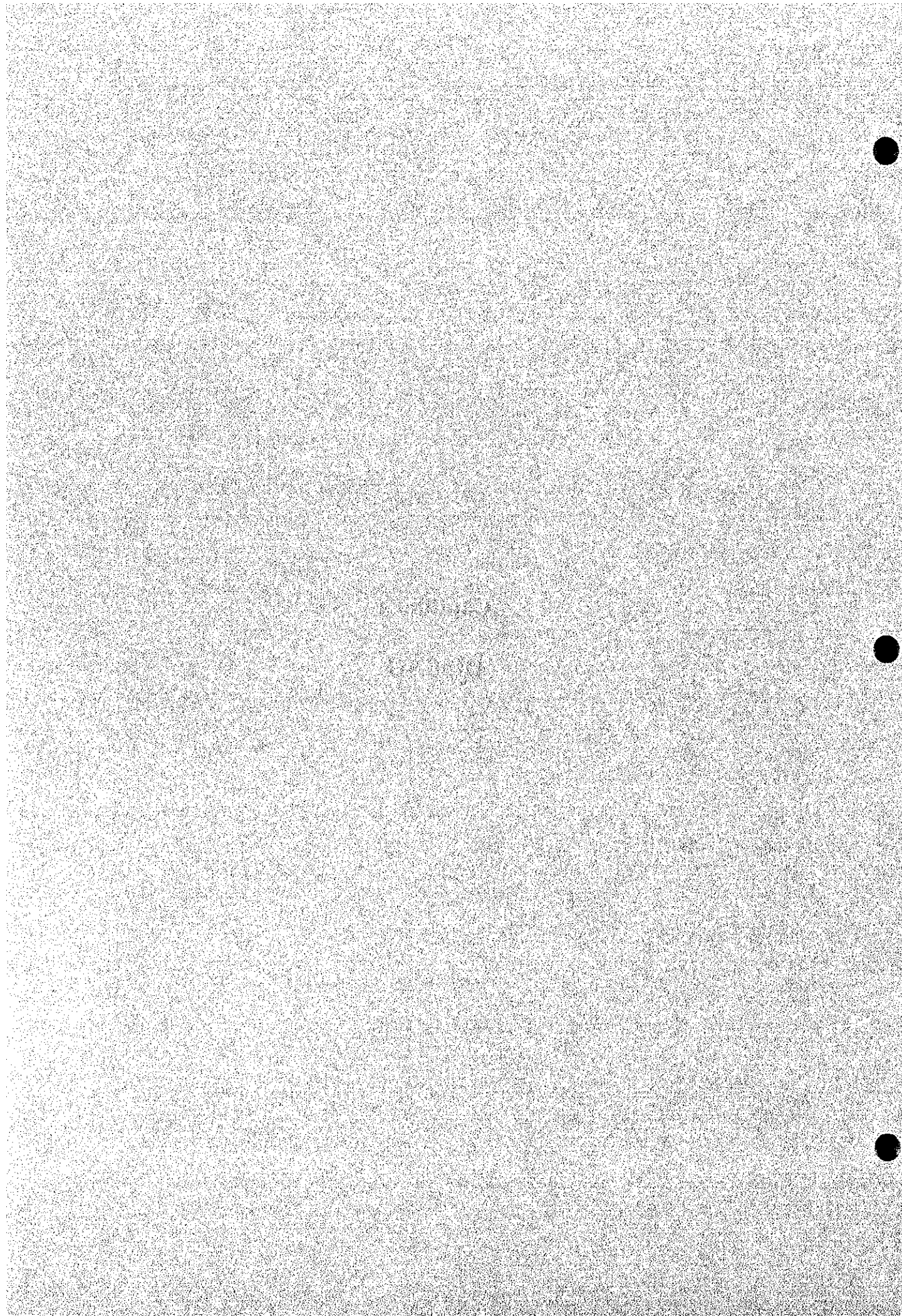
3.7.6 Organización del proyecto durante la construcción

Se ha planificado una oficina para el proyecto de trasvases a organizarse para la construcción del mismo. La organización que se propone para la oficina del proyecto de trasvases durante la construcción de las obras se muestra en la Fig. 3.7.8. El Gerente del Proyecto será designado por el Gerente General de CRM para la supervisión de la construcción del proyecto.

La oficina principal del proyecto se ha planificado localizarse en el sitio de la estación de bombeo Severino y oficinas sucursales en los sitios de los portales de entrada Conguillo y Poza Honda. Estas tres oficinas estarán interconectadas por un sistema de telecomunicaciones con las oficinas principales del CRM en Portoviejo. Una consultora internacional así como también una consultora ecuatoriana serán empleadas por CRM para asistirlo en la fiscalización de la construcción del Proyecto. Las consultoras trabajarán como una parte integral de los funcionarios de CRM para la fiscalización de la construcción.

Capítulo 4

DISEÑO



Capítulo 4 DISEÑO

4.1 Generalidades

El diseño básico ha sido realizado a fin de determinar el tipo y dimensiones básicas de las instalaciones permanentes del Proyecto. Tomando en cuenta los criterios de diseño y los datos recogidos por la investigación de campo, los estudios comparativos de varios casos se han realizado para determinar la escala óptima, ubicación y cota de las estructuras desde un punto de vista técnico y económico para llenar los requerimientos de calidad y función del Proyecto.

Los principales componentes del Proyecto estudiados en el diseño básico son los siguientes:

(1) Traslase Daule - Peripa ~ La Esperanza

- Entrada en Conguillo
- Túnel de Derivación
- Salida en Membrillo
- Ventana de Acceso Conguillo
- Ventana de Acceso El Guasmo
- Ventana de Acceso Membrillo
- Camino de Acceso Conguillo
- Camino de Acceso El Guasmo
- Camino de Acceso a Salida en Membrillo

(2) Traslase La Esperanza - Poza Honda

- Estación de Bombeo Severino
- Tubería de Carga Severino
- Tanque de Carga Severino
- Canal Abierto Severino
- Camino de Inspección Severino-Caña Dulce
- Túnel de Derivación La Esperanza - Poza Honda
- Salida en Los Cuyuyes
- Camino de Acceso Severino
- Camino de Acceso Caña Dulce

- Camino de Acceso Los Cuyuyes
- Subestación Severino
- Línea de Transmisión Daule-Peripa-Severino

(3) Túnel de Derivación Poza Honda - Mancha Grande

- Entrada en Poza Honda
- Túnel de Derivación Poza Honda - Mancha Grande
- Salida en Mancha Grande
- Ventana de Acceso Poza Honda
- Camino de Acceso Los Cuyuyes
- Camino de Acceso La Seca
- Camino de Acceso a Entrada en Poza Honda

4.2 Tránsito Daule - Peripa ~ La Esperanza

4.2.1 Entrada en Conguillo

(1) Condiciones actuales del sitio

Una parte de la estructura de entrada del túnel fue construida en 1990 en el sitio en Conguillo con la solera del canal de aproximación en la cota 66,0m donde el lecho original del río era de 69,0m. Los estudios de campo realizados a inicios del 1994 revelaron que el canal de aproximación ya estaba sedimentado hasta aproximadamente la cota 70m, seis años después de la creación del embalse.

Los lechugines han cubierto densamente la superficie del agua en y alrededor del sitio de entrada lo cual puede alterar el flujo del agua hacia la toma del túnel.

(2) Ubicación de la entrada del túnel y nivel del agua de toma

Para evitar los posibles problemas de sedimentación, primero se estudió el cambio de lugar del sitio de entrada aguas abajo del río Conguillo y se concluyó que dicho cambio incrementaría la longitud del túnel y se necesitaría una ataguía de gran magnitud para su construcción, y que no era económicamente factible.

La siguiente idea era de fijar el nivel de toma del agua en una cota más alta que la cota existente de 66,6m, fijando un muro en el frente de la estructura de entrada ya construida para así proteger la entrada de posible bloqueo por sedimentos. Esta idea también fue rechazada debido a las siguientes consideraciones.

- (i) Es casi imposible reducir el nivel del agua del embalse Daule - Peripa a la cota 66m, lo cual requiere una ataguía de gran magnitud para la construcción en el frente de la estructura de entrada, o una construcción bajo el agua. Ambas son difícil técnicamente y demasiado costosas.
- (ii) Si el nivel de agua de toma se eleva por sobre la cota 66,6m, el trasvase de agua desde Duale - Peripa a La Esperanza se hace más frecuentemente imposible tomando en cuenta el nivel mínimo del agua del embalse Daule-Peripa, cota 60,0m. Es de vital importancia asegurar el trasvase de agua desde Daule - Peripa por el mayor tiempo posible para no causar un déficit de agua en el área del proyecto.

Por lo tanto, se determinó utilizar la estructura existente tal como está con las siguientes medidas.

- (i) Para evitar el problema de sedimentación, los sedimentos existentes a lo largo de los 36m del canal de aproximación serán removidos mediante dragado hasta alcanzar su cota original de 66 m. El canal de aproximación ya limpio deberá mantenerse limpio mediante dragados después de construcción del túnel.
 - (ii) Para proteger la entrada del túnel de lechugines, una línea de flotadores con una malla de alambre se fijará alrededor de la entrada. Los lechuguines que entren ya sea sobre o debajo de la línea de flotadores deberán ser removidos a mano.
- (3) Entrada del túnel y cámara de válvulas (pozo de entrada)

La entrada del túnel tiene 15 m de longitud y un diámetro de 4,6m en forma circular diseñado como un túnel de conexión entre la estructura de entrada existente y la cámara de válvulas. A fin de prevenir infiltraciones desde el embalse, el túnel de entrada se taponará con hormigón después de que se hayan instalado las tuberías de acero y las válvulas.

La cámara de válvulas está diseñada como un pozo o lumbrera vertical de forma ovalada teniendo una dimensión de 20m de longitud, 16,0m de ancho y 25,1m de profundidad desde el nivel del techo en la cota 90,2m. El tamaño de la cámara de válvulas se determinó tomando en consideración los espacios para proveer de pozos de disipaciones las válvulas cónicas y válvulas de mariposa. La forma ovalada de la cámara de válvulas se ha adoptado para resistir mejor contra la presión de roca y del agua que actúa alrededor de ésta. Los pozos de las válvulas de 5,2m x 5,2m x 10,4m de tamaño se han diseñado bajo la cámara de válvulas para disipar la energía del agua descargada desde las válvulas cónicas.

Se construirá la losa del piso en la cota 74,0m con el fin de operar las válvulas cónicas. Su cota fue establecida tomando en cuenta el nivel máximo del agua debido a mala operación de las válvulas. La losa del piso en la cota 82,0m se provee para reforzar la estructura de la lumbrera.

La Edificación de Entrada en Conguillo es de un piso de estructura de hormigón reforzado para dar cabida a las escaleras de acceso y ventiladores de circulación para las partes más bajas de la instalaciones de entrada. Ya que esta área no será habitada, las instalaciones arquitectónicas y acabados se mantendrán a un mínimo básico. Las instalaciones de las edificaciones se compondrán de alumbrado eléctrico y sistema de ventilación.

(4) Válvulas de control de caudal.

Dos tuberías de acero de 1.400 mm de diámetro se empotrarán a la altura de la cota 67,2m y también una tubería de 800mm en la cota 65,5m en la estructura de entrada ya construida con una válvula de mariposa en cada tubería. La tubería de 800 mm de diámetro se instalará para complementar el caudal de descarga de las otras dos y con el propósito de limpiar los sedimentos acumulados en el frente de la tuberías de acero. Estas tres tuberías se extenderán para conducir el agua hacia el pozo de válvulas donde la descarga de las dos válvulas será controlada mediante válvulas de control.

Las válvulas cónicas se instalarán con fines de dispar la energía y control de flujo. Se instalarán cuatro válvulas de mariposa de 1.400 mm de diámetro, como válvulas de control para las válvulas principales (válvulas cónicas).

(5) Diseño hidráulico

El máximo nivel operacional del nivel del agua en el pozo de válvulas es en la cota 69,00 m con una descarga máxima de 18,0 m³/s. Este nivel de agua se obtuvo de los resultados de cálculos de flujo no uniforme en el túnel de derivación bajo condiciones en que el nivel del agua del túnel en la salida del mismo esté en la cota 63,5m (nivel de agua óptimo).

(6) Diseño estructural

El análisis estructural para el túnel de entrada y el pozo de entrada o lumbrera se llevó a cabo utilizando el programa de computación SAP 90 (Programa de Computación Autorizado en el Ecuador), y de acuerdo con el Código Ecuatoriano de la Construcción. Las estructuras de entrada son analizadas como estructuras de pórtico bajo las siguientes condiciones de diseño.

Las condiciones de diseño a usarse para el análisis estructural son las siguientes:

- Cargas de diseño

Caso 1: Después de la construcción

Peso muerto del revestimiento de hormigón + presión de la roca +
presión del agua

Caso 2: Durante la construcción

Peso muerto del revestimiento de hormigón + presión de la roca + presión de lechada de inyección + presión del agua.

- Valores de diseño

Valores de diseño de la roca

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| Peso Unitario | 1,8 tf/m ³ |
| Módulo de elasticidad | 20.000 kgf/cm ² |
| Cohesión | 5,0 kgf/cm ² |
| Angulo interno de fricción | 40,0 grados |

Valores de diseño del hormigón

| | |
|---|-------------------------------|
| Peso Unitario | 2,4 tf/m ³ |
| Módulo de elasticidad del hormigón | 235.000 kgf/cm ² |
| Módulo de elasticidad de la varilla de refuerzo | 2.100.000 kgf/cm ² |
| Ultima resistencia a la tensión de la varilla de refuerzo | 4.200 kgf/cm ² |

El diseño de la estructura de entrada de Conguillo se muestra en los Dibujos N°. 1-DT-002 al 1-DT-006.

4.2.2 Túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza

(1) Generalidades

En la etapa de diseño básico, la ruta del túnel de derivación fue seleccionada en busca de la ruta más corta entre la entrada y salida y una curva fue provista en su ruta para conseguir la suficiente profundidad de cobertura del suelo. De los resultados de los estudios posteriores, una curva adicional a 550m aguas arriba de la salida del túnel fue provista para obtener suficiente profundidad de cobertura desde el lecho del río Mulato.

Un túnel de conducción de agua puede diseñarse ya sea como un túnel de flujo a presión o un túnel de flujo sin presión. Para el proyecto de los trasvases propuesto, se ha seleccionado el túnel sin presión, de flujo libre en vista de los siguientes factores:

- Las condiciones geotécnicas consisten de arenisca blanda o limolita con una resistencia a la compresión de aproximadamente 60 kg/cm² lo cual, en caso de ser un túnel a presión, requeriría un revestimiento de alto costo.

- Un túnel a presión está sujeto a golpes de ariete y una presión alternada, mientras que un túnel sin presión está sujeto a golpes de aire, ambos requieren una operación cuidadosa y aparatos sofisticados, resultando en costo elevado de operación y mantenimiento.

Por lo que, el túnel de derivación está diseñado como un túnel sin presión de 8,3 m de longitud con un diámetro de 3,7 m en sección estándar de herradura y su pendiente es de 1:1.500. La velocidad media de flujo es de 1,84 m/seg a un caudal máximo de (18,0m³/seg).

Por otra parte, un diseño de un túnel está muy relacionado con los métodos de construcción. Hay algunos métodos de excavación así como también de revestimiento o métodos de soporte, que son los siguientes:

A. Métodos de excavación de túneles

- A-1. : Voladura
- A-2. : Máquina Excavadora de Túneles (Topos) (TBM)
- A-3. : Excavadoras con cabezales
- A-4. : Excavación de túneles con escudos
- A-5. : TBM con escudos

B. Revestimiento de túneles o métodos de soporte

- B-1. : NATM
- B-2 : Revestimiento de hormigón reforzado
- B-3 : Revestimiento de hormigón simple
- B-4 : Paneles o segmentos de hormigón pre-fabricado

Voladura (A-1) es un método convencional y el más común de los métodos de excavación de túneles, es aplicable para ambos tipos de rocas, duras y blandas y para cualquier forma de sección de túnel. TBM (A-2) se ha desarrollado para excavación de túneles a través de rocas duras, aplicable generalmente para túneles de sección circular. Excavadoras con cabezales (A-3) es adecuado para rocas blandas y es aplicable para cualquier forma de sección del túnel. Excavación de túneles con escudos (A-4) se ha desarrollado para suelos, aplicable generalmente para túneles de sección circular. TBM-escudo (A-5) ha sido desarrollado recientemente para excavar túneles a través de rocas blandas, aplicable generalmente para túneles de sección circular. Para el proyecto de trasvases propuesto se considera concebible los métodos, A-1, A-3 y A-5.

El método NATM (B-1) es un método común como sistema primario de soporte con hormigón lanzado y pernos de roca, adecuado para rocas blandas. Revestimiento de

hormigón reforzado (B-2) es un método convencional aplicable para rocas blandas y duras. Revestimiento de hormigón simple (B-3) es también un método convencional aplicable para rocas blandas como un revestimiento secundario y para rocas duras. Paneles de hormigón prefabricado (B-4) son erigidos con maquinaria especial usualmente asociada con la excavación de túneles con escudo (A-4) o con TBM con escudo (A-5). B-4 es generalmente aplicado como un sistema primario de soporte, combinado con A-4 o A-5.

Se ha determinado el diseño del túnel de derivación como una combinación de A-3, B-1 y B-3, en base a las siguientes consideraciones.

- Excavación de túneles con cabezales (A-3) es la más efectiva para rocas blandas y puede minimizar la sobre-excavación cuando se compara con el método por voladura (A-1), es adecuado para túneles de sección en forma de herradura lo cual es hidráulicamente ideal para túneles no a presión.
- NATM (B-1) es flexible a seguir para condiciones geológicas variadas durante la construcción y se considera ser un método adecuado para rocas blandas y como un sistema primario de soporte. Si NATM se utiliza como revestimiento final en túneles de rocas blandas, puede causar un costo excesivo de mantenimiento durante la operación.
- Un soporte secundario de revestimiento de hormigón simple (B-3) es necesario para asegurar un flujo uniforme del agua y para que sea prácticamente un túnel libre de mantenimiento.

Un diseño alternativo del propuesto puede ser la combinación de A-5 y B-4 ó A-5, B-4 y B-3, lo cual, sin embargo, fue rechazado en base a las siguientes consideraciones:

- Solo contratistas especializados y experimentados pueden aplicar este método mecanizado a plenitud de TBM con escudo (A-5) con revestimiento de paneles de hormigón prefabricado (B-4), lo cual no es adecuado para un concurso de licitación internacional. Esta alternativa de diseño puede considerarse cuando un contratista especializado ofrezca aplicarlo durante el período de licitación y negociación del contrato.
- Este método presenta mayores dificultades cuando las condiciones de las rocas son variables y cuando los sitios de trabajo están sujetos a excesiva filtración de agua.
- El control de calidad de los paneles prefabricados de hormigón a fabricarse en el sitio de construcción será difícil, resultando en una baja calidad del revestimiento. El método de revestimiento (B-4) solo es aceptable como un sistema de soporte primario.

- Aún cuando un revestimiento secundario de hormigón (B-3) no se tome en cuenta, el costo de construcción es un poco mayor en esta alternativa de diseño que aquel del diseño propuesto. A pesar de que el periodo de construcción se reduciría en cierto grado.

Como se mencionó en la Sección 3.5.1, el lecho rocoso alrededor del túnel está compuesto de lechos sub-horizontales de limolitas y areniscas las cuales ocurren alternadamente. De los resultados de las investigaciones geológicas, se determinó que la resistencia a la compresión sin confinar y el módulo de elasticidad del lecho rocoso eran considerablemente bajos. El lecho rocoso de esta clase causa deformaciones del túnel debido a la falta de resistencia del lecho después de que se ha hecho la perforación del mismo. La superficie del lecho rocoso en la periferia de túnel debe ser adecuadamente soportada y debe hacerse a tiempo mediante la combinación de hormigón lanzado y la sistemática colocación de pernos de roca en base a los resultados de las mediciones de convergencia y observaciones de las condiciones de la roca expuesta justo después de la excavación, de manera que se ha adoptado el NATM (New Austrian Tunneling Method). Los agujeros de drenaje son provistos en la corona del túnel para evitar pérdida de estabilidad y colapso del mismo por saturación con agua subterránea en la periferia de la perforación del túnel. La sección transversal típica del túnel se determinó en base a los resultados del análisis estructural mediante FEM (Método de Elementos Finitos).

Se construirán tres ventanas de acceso en Conguillo, El Guasmo y Membrillo para facilitar y agilizar los trabajos de construcción del túnel.

El diseño del túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza se muestra en los Dibujos N°. 1-DT-001 y 1-DT-007

(2) Diseño Hidráulico

En la etapa de diseño básico, la alineación, diámetro interno, gradiente, y nivel de la solera en la salida del túnel fueron determinados de acuerdo a los resultados del siguiente estudio de comparación.

La capacidad de flujo del túnel fue determinada en 18 m³/seg de acuerdo al acuerdo interinstitucional entre CEDEGE y CRM. Se propone un flujo abierto y libre en el grado que sea posible para mantener un flujo estable en el túnel. Se aplica la sección en herradura de forma estándar la cual es generalmente aceptada como la sección más apropiada para un túnel de flujo abierto y libre.

En planta la alineación horizontal del túnel debe ser tan recta como sea posible para minimizar la longitud del túnel. Ya que el flujo del túnel se ha planificado por gravedad, una gradiente de mayor inclinación es más económica debido a que el diámetro del túnel es más pequeño para conseguir la capacidad de flujo requerida.

El sitio propuesto para la salida del túnel es cerca del pueblo de Membrillo en la cota 62m. Las siguientes alternativas han sido estudiadas desde los puntos de vista técnicos y económicos.

| Alternativa | Diámetro del Túnel | Longitud del Túnel | Gradiente del Túnel | Nivel de la Solera en la Salida |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| A | 3,7 m | 8,3 km | 1/1.500 | Cota 60,5 m |
| B | 4,0 m | 8,3 km | 1/2.070 | Cota 62,0 m |
| C | 3,7 m | 8,6 km | 1/1.500 | Cota 60,3 m |
| D | 3,5 m | 9,2 km | 1/1.200 | Cota 58,3 m |

Para comparar las cuatro alternativas de arriba en igualdad, los niveles de agua en la salida del túnel se asumieron los niveles óptimos para mantener un flujo abierto libre en el túnel. Si el nivel óptimo de agua se baja, la carga de bombeo en la estación Severino sería mayor. Por lo tanto, el costo de energía se incluye en esta evaluación de la siguiente manera.

| Alternativa | Tirante del Agua (m) | Nivel Optimo del Agua (Cota m) | Nivel Promedio del Agua en el Embalse (Cota m) | ΔH (m) | Energía Incremental (Mwh) |
|-------------|----------------------|--------------------------------|--|----------------|---------------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| A | 3,0 | 63,5 | 58,7 | 0 | 0 |
| B | 3,2 | 65,2 | 60,0 | -1,3 | -2.120 |
| C | 3,0 | 63,3 | 58,5 | 0,2 | 330 |
| D | 2,8 | 61,1 | 57,0 | 1,7 | 2.270 |

Observaciones:

- (1) Tirante del agua = 0,8 x Diámetro del túnel
- (2) Nivel del agua en la salida del túnel = Nivel de la solera en la salida + tirante del agua = nivel óptimo del agua.
- (3) Del estudio de operación del embalse
- (4) La alternativa A se considera como caso base para las diferencias en el promedio de nivel del agua de La Esperanza.
- (5) El volumen de trasvase promedio anual desde La Esperanza a Poza Honda es de 213 MCM, equivalente a 6,8m³/seg en base constante. Luego,

$$P \text{ (kw)} = \eta g QH = 13 \times 6,8 \times 1,0 \text{ m} = 88,4 \text{ kW}$$

$$88,4 \text{ kW} \times 8.760 \text{ hrs/año} = 774 \text{ Mwh/año/m}$$

$$\text{Energía incremental} = 774 \text{ (Mwh/año/m)} \times \Delta H$$

El costo de construcción del túnel para la alternativa A se estimó en US\$ 22,6 millones durante el estudio de factibilidad. El costo total incluyendo el costo de

construcción y costo de energía se estimó para cada una de las alternativas como se muestra abajo

| (Millones de US\$) | | | |
|--------------------|-----------------------|---|-------------|
| Alternativa | Costo de Construcción | Costo Capitalizado de Energía (Incremental) | Costo Total |
| | (1) | (2) | (3) |
| A | 22,6 | 0 | 22,6 |
| B | 25,7 | -0,4 | 25,3 |
| C | 23,4 | 0,1 | 23,5 |
| D | 22,9 | 0,8 | 23,7 |

Observaciones:

$$(1) \text{ Costo de construcción} = \left(\frac{D + 0,8}{3,7 + 0,8} \right)^2 \times \frac{L}{8,3} \times 22,6$$

$$(2) \text{ Costo capitalizado de energía incremental} \\ = \text{Energía incremental} \times \text{US\$}0,06/\text{kWh} \times 10 \text{ (Factor de Capitalización)}$$

$$(3) \text{ Costo total} = (1) + (2)$$

En conclusión, La Alternativa A fue seleccionada como la mejor y sus características técnicas son las siguientes:

| | | |
|-----------|---|-----------------------------|
| Sección | : | Forma estándar de herradura |
| Diámetro | : | 3,7 m |
| Flujo | : | Flujo libre |
| Longitud | : | 8,3 km |
| Pendiente | : | 1:1.500 |

Nivel de la solera

| | | |
|---------|---|--------|
| Entrada | : | 66,0 m |
| Salida | : | 60,5 m |

Nivel óptimo del agua de la Esperanza; cota 63,5m

Planta y perfil del túnel de derivación se muestra en el Dibujo 1-DT-001

(3) Diseño estructural

El análisis estructural del túnel se llevó a cabo para las siguientes dos partes. La parte principal del túnel fue analizada por el Método de Elemento Finito (FEM) basado en la teoría de viscoelasticidad y la transición de las partes en la entrada y salida del túnel se realizó mediante análisis de pórtico.

(A) Análisis estructural del túnel

El análisis estructural del túnel se realizó por el Método de Elemento Finito para estudiar lo siguiente:

- (i) Momento flexor, fuerza cortante y axial actúa sobre el hormigón lanzado y pernos de roca desde el instante en que se excava el túnel hasta 12 meses después para determinar el espesor necesario del hormigón lanzado, intervalo de los pernos de roca, etc., como un revestimiento primario
 - (ii) Tiempo del revestimiento secundario, y
 - (iii) Seguridad del revestimiento secundario
- (a) Procedimiento de análisis

El procedimiento de análisis está compuesto de 2 pasos. El primer paso es un análisis del momento flexor, fuerza cortante y axial para actuar sobre el revestimiento primario que está conformado por hormigón lanzado y pernos de roca. El segundo paso es un análisis del máximo esfuerzo, mínimo esfuerzo, máximo esfuerzo cortante, etc., para que actúe sobre el revestimiento de hormigón. Basándose en este análisis, se determina el espesor del hormigón y distribución de los pernos de roca como un revestimiento primario y el espesor del hormigón como revestimiento secundario.

(b) Condiciones de análisis

El esfuerzo inicial en la ruta de excavación propuesta del túnel se estima en base a la sobrecarga desde la superficie del suelo a la elevación del túnel. El esfuerzo inicial está clasificado en 3 casos, v.g., Casos A-1, A-2 y A-3 como se muestra en la Figura 4.1.1 y la Tabla 4.1.1.

Los valores de diseño de la roca de cimentación en la ruta propuesta del túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza se muestran en la Tabla 4.1.1, y los valores de diseño del hormigón lanzado, pernos de roca y revestimiento de hormigón se muestran a continuación.

(i) Revestimiento primario

- Hormigón lanzado

- Resistencia de compresión de diseño : 210 kgf/cm²
- Resistencia al corte : 42 kgf/cm²
- Peso específico : 2,40 tf/m³
- Módulo de elasticidad : 235,00 kgf/cm² (a 28 días de edad)
- Espesor : 10 cm ó 15 cm.

- Perno de roca (SD35, D25)
 - Resistencia a la tensión : 17,6 t/m²
 - Area de sección transversal : 5,067 cm²
 - Módulo de elasticidad : 2.100.000 kgf/cm²
 - Longitud : 2,0 m

(ii) Revestimiento secundario

- Revestimiento de hormigón
 - Resistencia de compresión de diseño : 210 kgf/cm²
 - Peso específico : 2,40 tf/m³
 - Módulo de elasticidad : 235,000 kgf/cm²
 - Relación de Poisson : 0,20
 - Espesor : 30 cm.

Sección transversal típica del túnel se muestra en la Figura 4.1.2

(c) Análisis estructural

El análisis estructural del túnel se llevó a cabo mediante FEM. El ingreso de datos de mallas se realizó para el análisis, como se muestra en la Figura 4.1.5. La base de roca se considera que es un material viscoelástico.

(d) Resultados del análisis

Los resultados del análisis estructural del túnel se describen a continuación

(i) Caso A-1: Sobrecarga 60m (1.100m de longitud, 13% de la longitud total del túnel)

- Revestimiento primario

Esfuerzo resultante en el hormigón lanzado (espesor de 10 cm) es menor al 50% de la resistencia del hormigón lanzado transcurrido 12 meses después de la excavación del túnel. La fuerza axial que actúa sobre los pernos de roca es menor que el 50% de la resistencia a la tensión del mismo (referirse a la Tabla 4.1.3)

El incremento de esfuerzo a la compresión y fuerza de tensión las cuales actúan sobre el hormigón lanzado y los pernos de roca desde el momento inmediato a 12 meses se muestra en la Figura. 4.1.7

- Revestimiento secundario
La resistencia máxima a la compresión, máxima tensión y máximo esfuerzo cortante los cuales actúan sobre el hormigón son menor que la resistencia permisible del hormigón (referirse a la Tabla 4.1.4).
- (ii) Caso A-2: Sobrecarga 140 m (2.400m de longitud, 29% de la longitud total del túnel)
- Revestimiento primario
El esfuerzo resultante en el hormigón lanzado de 10 cm de espesor es menor al 60% de la resistencia del hormigón lanzado transcurrido 12 meses de la excavación del túnel.
- Incremento de la resistencia a la compresión y fuerzas de tensión las cuales actúan sobre el hormigón lanzado y los pernos de roca se muestran en la Figura. 4.1.8.
- Revestimiento secundario
Varios esfuerzos del hormigón son menor que la resistencia del hormigón (referirse a la Tabla 4.1.4)
- (iii) Caso-A-3: Sobrecarga 250m (4.800m de longitud, 58% de la longitud total del túnel)
- Revestimiento primario
Esfuerzo de compresión en el hormigón lanzado excede su resistencia a un tiempo de 4 o 5 meses después de la excavación del túnel. Por otra parte, la fuerza de tensión en los pernos de roca es alrededor de 95% de su resistencia después de 12 meses de excavación del túnel (referirse a la Tabla 4.1.3)
- Incremento de la resistencia a la compresión y fuerzas de tensión las cuales actúan sobre el hormigón lanzado y los pernos de roca se muestran en la Figura. 4.1.9.
- Los resultados del análisis sugiere que el revestimiento secundario debe colocarse 3 meses después de la excavación del túnel.
- Ya que la longitud del túnel del Case A-3 es más de la mitad del total, el cronograma de construcción para este túnel debe prepararse de manera tal que el revestimiento del hormigón se inicie dentro de 3 meses después de iniciar la excavación del mismo.

— Revestimiento secundario

La resistencia máxima a la compresión es de 19,6 kgf/cm², el esfuerzo máximo de tensión es de 0,5 kgf/cm² y el máximo esfuerzo cortante es de 9,5 kfg/cm², como se ilustra en la Tabla 4.1.4. De estos esfuerzos, el esfuerzo máximo cortante está sobre el esfuerzo permisible (8,5 kgf/cm²), pero su acción está en una porción limitada y el promedio de esfuerzo máximo cortante es de 8,4 kgf/cm². Por lo que, básicamente, el revestimiento de hormigón puede diseñarse como hormigón sin refuerzos.

Los datos detallados obtenidos mediante el FEM se muestran en el Informe de Cálculos de Diseño.

El tipo de túnel a aplicarse para el túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza se muestra en la Figura 4.1.13.

El espesor requerido del hormigón lanzado y el número de pernos de roca se determinan en base a los resultados del análisis estructural del FEM. De estos resultados de análisis mencionados arriba, la sección transversal típica del Tipo II se aplica a la parte principal del túnel de derivación Daule - Peripa ~ La Esperanza (referirse a la Tabla indicada abajo). Sin embargo, los Tipos I, III y IV son añadidos a las secciones transversales típicas a fin de que puedan enfrentar condiciones geológicas no previstas durante la construcción.

Por lo tanto, los siguientes cuatro tipos son diseñados a aplicarse en el túnel de derivación.

| Lugar | Tipo I | Tipo II Como se muestra en los Dibujos | Tipo III | Tipo IV |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Distancia aplicada (m) | 0 | 8.296 | 0 | 0 |
| Espesor del Hormigón lanzado (cm) | 10 | 10 | 15 | 10 |
| Pernos de Roca | D25 x 5N° x 2m (intervalo de 1,2m) | D25 x 8N° x 2m (intervalo de 1,2m) | D25 x 8N° x 2m (intervalo de 1,2m) | D25 x 8N° x 2m (intervalo de 1,2m) |
| Revestimiento de hormigón (cm) | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Refuerzo | Ninguno | Ninguno | Ninguno | Ninguno |
| Soporte de Acero H | Ninguno | Ninguno | Ninguno | H-125, 1,2 m intervalo máximo |

La sección transversal típica del túnel se muestra en el Dibujo N° 1-DT-007

(B) Análisis estructural de las partes de entrada y salida del túnel

Las condiciones de diseño a aplicarse para el análisis estructural de las partes de transición del túnel en la entrada y la salida son las siguientes:

- Cargas de Diseño

Caso 1: Después de la construcción
Peso muerto del revestimiento de hormigón + Presión del lecho rocoso + Presión del agua

Caso 2: Durante la construcción
Peso muerto del revestimiento de hormigón + Presión del lecho rocoso + Presión de las inyecciones de relleno + Presión del agua

- Valores de Diseño

| Valores de diseño del lecho rocoso | Entrada | Salida |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Peso Unitario | 1,8 tf/m ³ | 1,7 tf/m ³ |
| Módulo de elasticidad | 20.000 kgf/cm ² | 10.000 kgf/cm ² |
| Cohesión | 5,0 kgf/cm ² | 2,5 kgf/cm ² |
| Angulo de fricción interno | 40,0 grados | 35,0 grados |

Valores de diseño del hormigón

| | |
|---|-------------------------------|
| Peso Unitario | 2,4 tf/m ³ |
| Módulo de elasticidad del hormigón | 235.000 kgf/cm ² |
| Módulo de elasticidad de la varilla de refuerzo | 2.100.000 kgf/cm ² |
| Ultima resistencia a la tensión de la varilla de refuerzo | 4.200 kgf/cm ² |

La sección transversal típica de las partes de transición del túnel en la entrada y la salida se muestran en los Dibujos N°. 1DT-006 y 1DT-009.

4.2.3 Salida en Membrillo

La ubicación de la salida del túnel fue determinada de tal manera que minimice la longitud del túnel y tomando en consideración las condiciones topográficas y geológicas en el sitio. La cota del lecho del río en el sitio de salida en Membrillo es alrededor de la cota 62 m, la cual es más alta que la cota de la solera de la salida del túnel por sobre 1,5 m. Es necesario la excavación del lecho del río en una longitud de 60m desde la salida hacia aguas abajo para asegurar un flujo uniforme desde el túnel al río ó al embalse.

El nivel promedio de agua del embalse de La Esperanza se ha calculado en la cota 58,7 con un nivel óptimo en la cota 63,5 m. Esto significa que el nivel del agua del embalse de La Esperanza baja por debajo de la cota del lecho del río de 62 m casi cada año y la sedimentación se lavará durante el período de nivel bajo por el caudal de la misma cuenca o por el caudal de derivación de 18 m³/s.

El diseño de la salida en Membrillo se muestra en los Dibujos N° 1DT-008 y 1DT-009.

4.2.4 Ventanas de acceso

Se han previsto tres ventanas de acceso para agilizar y facilitar los trabajos de construcción del túnel. La ubicación de cada una de las ventanas de acceso se determinaron de acuerdo al plan de construcción y tomando en cuenta la ruta de los caminos de acceso.

| | |
|-----------------------------|---|
| Ventana de acceso Conguillo | 192m aguas abajo de la entrada del túnel |
| Ventana de acceso El Guasmo | 3.439 m aguas abajo de la entrada del túnel |
| Ventana de acceso Membrillo | 110 m aguas arriba de la salida del túnel |

Las ventanas de acceso tendrán una sección semicircular, circular en la mitad superior y rectangular en la parte inferior, con una altura de 4 m y un ancho de 4 m para distribuir doble rieles para carritos para desalojo de escombros y otros fines. El lecho rocoso circundante de la ventana de acceso tendrá soporte de hormigón lanzado, pernos de roca y soportes de acero excepto por la superficie del fondo donde se colocará revestimiento de hormigón para la parte horizontal. Después de terminar la construcción del túnel, la parte que se une con el túnel principal será taponada con hormigón para asegurar un flujo uniforme en el túnel y para ayudar a la estabilidad de la estructura en las partes de conexión.

La ventana de acceso Conguillo se ha provisto para proceder con la construcción del túnel, desde la entrada lateral, en paralelo con la construcción de las estructuras de entrada incluyendo la cámara de válvulas. La entrada de acceso se fijará en la cota 90 m y la longitud del acceso es de aproximadamente 183 m.

La ventana de acceso el Guasmo se ha provisto para agilizar la construcción del túnel de 8,3 km de longitud a aproximadamente 3,4 km aguas abajo de la entrada del túnel. La entrada del acceso se fijará en la cota 130m y la longitud del acceso será de 350 m.

La ventana de acceso Membrillo es necesaria para la excavación de la salida del túnel. La entrada del acceso se fijará en la cota 70 y la longitud será de 128 m.

Estos accesos son enteramente a opción del contratista y el diseño detallado de los accesos se llevará a cabo por el contratista en base al método de construcción del túnel.

La referencia de diseño de las ventanas de acceso se muestra en los Dibujos N° 1-DT-018 al 1-DT-022.

4.3 Traspase La Esperanza - Poza Honda

4.3.1 Estación de bombeo Severino

(1) Descripción General

La sedimentación en y alrededor de la estación de bombeo en el embalse de La Esperanza es un tema serio. El nivel de sedimento después de 50 años se anticipa en la cota 45 m. El nivel mínimo de operación por lo tanto, se anticipa a fijarse en la cota 47,0 m, 2m sobre la cota 45 del nivel de sedimentación anticipado para prevenir la entrada de sedimentos a la succión de las bombas.

La presa de La Esperanza en la actualidad se encuentra bajo construcción y se culminará en 1996. La estación de bombeo se construirá después de finalizar la presa y el llenado del embalse.

Por otra parte, la demanda de hidráulica aguas abajo de la presa de La Esperanza tal como agua para riego y agua potable no se espera que se incremente rápidamente. El proyecto de riego se encuentra en la etapa de factibilidad y se implementará después del año 2000. Se juzga, por lo tanto, que sólo una mínima demanda de agua dependerá del embalse de La Esperanza y el nivel del agua del embalse se mantendrá a un mínimo para la construcción de la estación de bombeo Severino.

Sólo se requerirá una ataguía de pequeña magnitud para la construcción de la estación de bombeo Severino si es que el nivel del agua del embalse de La Esperanza se mantiene en la cota 45 m. La cota de la cresta de la ataguía es por lo tanto determinada en la cota 51 m para que soporte una crecida con periodo de retorno de 25 años como se estima abajo:

Nivel inicial del agua + tirante del agua en crecida + borde libre

$$= \text{Cota } 45 \text{ m} + 5,7 \text{ m} + 0,3 \text{ m} = \text{Cota } 51 \text{ m}.$$

De acuerdo con los resultados del estudio de operación integrada del embalse, el caudal de descarga máximo de diseño se determinó en 16 m³/seg. Y las condiciones básicas de diseño de la estación de bombeo se muestran a continuación:

Nivel del agua en el pozo de succión de las bombas

| | | |
|----------------------------|---|---------------|
| Nivel de crecida (FWL) | : | Cota 69,00 m. |
| Nivel máximo de agua (HWL) | : | Cota 66,00 m. |

| | | |
|---|---|----------------|
| Nivel de agua de diseño | : | Cota 58,50 m. |
| Nivel mínimo de operación (NMO) | : | Cota 47,00 m. |
| Nivel del agua de diseño del tanque de carga | | |
| para la descarga de diseño | : | Cota 114,02 m. |
| para sobre descarga | : | Cota 114,06 m. |
| Carga actual de diseño | : | Cota 55,52 m. |
| Cota de la solera de la estructura de entrada | : | Cota 42,00 m. |
| Cota del centro de las bombas | : | Cota 46,00 m. |

La casa de bombas es una estructura de hormigón reforzado y está diseñada para dar albergue a seis unidades de bombeo, cada una teniendo un caudal de 3,2 m³/seg impulsada con un motor de 2.400 kW de potencia. El nivel del suelo alrededor de la casa de bombas se formará por la excavación y relleno de la pendiente existente y su cota esta determinada en la cota 70,0 m la cual es 1,0 m más alta que el nivel de crecida de diseño del embalse de La Esperanza. La protección de taludes con hormigón lanzado con un espesor de 10 cm se aplica al talud de excavación sobre la cota 70,0 m donde se encuentre roca/roca meteorizada, se adoptará el revestimiento de grama donde se encuentre suelos.

La casa de bombas tiene una longitud total de 67,5 m y una anchura de 29 m. La altura desde la roca de cimentación hasta la parte superior de la super-estructura es de 43,60 m incluyendo 30,10 m de altura de la subestructura. La casa de bomba se extiende hacia arriba desde la roca de cimentación en la cota 40,0 m hasta el techo.

Se ha provisto de un espacio abierto por excavación y relleno detrás de la casa de bombas hasta la cota 70,0 m para dar un patio adecuado para la estación de bombeo. El patio del transformador principal de la subestación Severino está ubicado cerca de la casa de bombas en la cota 70,0 m. El patio de distribución de la subestación deberá construirse cerca de la casa de bombas en la cota 102, 0 m.

Las canaletas de drenaje y sumideros se proveen en la berma de la cota 92,5 y alrededores de la casa de bombas y al pie del talud de corte y perímetro externo de la casa de bombas en la cota 70,0 m para drenar las aguas lluvias en y alrededor de la estación de bombeo.

Las rejillas con un dispositivo de limpieza se proveen en el frente de la entrada de la casa de bombas para mantener fuera la basura que podría taponar o dañar el equipo de bombeo. También se suministra una línea de flotadores en el frente del canal de entrada.

El trazado general de la estación de bombeo se muestra en el Dibujo N°. 2-PS-001.

(2) Canal de entrada

Se requiere de un canal de entrada para introducir el agua del embalse en la entrada

de bombeo y para asegurar el espacio de la ataguía durante la construcción de la casa de bombas.

La cota de la solera del canal de entrada deberá ser lo suficientemente más bajo que el nivel mínimo de operación en la cota 47,0 m para que conduzca el caudal de una manera suave al pozo de succión de la casa de bombas. El fondo se fijó en la cota 45,0 m en el frente de la entrada y luego se inclina hasta el borde del pozo de succión en la cota 41,6 m. La porción inclinada está cubierta con una losa de hormigón reforzado con un espesor de 50 cm.

Los taludes del canal está determinada a ser de 1:0,5 con una berma de 2,5m de ancho a intervalos de 7,5 m de altura considerando que la mayoría de la alineación del canal está cubierta por roca/roca meteorizada, lo cual permitiría una excavación con una pendiente de bastante inclinación. La protección de los taludes se hará mediante hormigón lanzado con un espesor de 10 cm.

Una parte de la roca original en el espacio para el canal de entrada entre el embalse y la estación de bombeo se dejará y se utilizará como ataguía durante la construcción de la estación de bombeo. La ataguía tiene una pendiente de corte de 1:0,5 en el lado de las casa de bombas y su cresta a la cota 51,0 m para ayudar con una crecida de 25 años en el embalse. En la etapa final de la construcción, la ataguía será removida en la estación seca cuando el nivel del agua del embalse se mantenga por debajo la cota 45,0 m.

Consecuentemente, el canal de entrada está diseñado como se resume a continuación:

| | |
|--------------------|--|
| Sección | : Sección trapezoidal, taludes de 1:0,5 con protección de hormigón lanzado |
| Ancho de la solera | : 60,0m a 56,6m |
| Cota de la solera | : Cota 45,0m a 41,6m. |
| Longitud | : 13,5m (porción de la losa de fondo) |

(3) Casa de bombas, subestructura

(a) Tipo y número de unidades de bombeo

Considerando la carga actual máxima de 67,0 m y la descarga de diseño de 3,2 m³/seg como se determina abajo, se conciben dos (2) tipos de alternativas, v.g., (i) de eje horizontal bomba de doble succión y (ii) eje vertical de succión simple. De los dos tipos, se seleccionó la de eje vertical de succión simple como el tipo adecuado para la estación de bombeo, desde el punto de vista económico y constructivo, tomando en consideración un costo de estructuras civiles para resistir la presión del agua y subpresión así como el costo del equipo de bombeo.

El número de unidades de bombeo se determinó en base a que la descarga de diseño podría manejarse con bombas de operación excluyendo una unidad de reserva. Se instala una (1) unidad de reserva para asegurar una operación estable contra problemas o reparaciones de largo plazo de una de las unidades de operación.

El número de unidades de operación se determinó mediante comparaciones de los costos de instalación de las cuatro (4) opciones siguientes:

| Opción | Capacidad de bombeo por unidad (m ³ /seg) | Número de unidad | Diámetro de toma de la bomba (mm) |
|--------|---|------------------|--------------------------------------|
| 1 | 5,33 | 3 (4) | 1.400 |
| 2 | 4,00 | 4 (5) | 1.200 |
| 3 | 3,20 | 5 (6) | 1.100 |
| 4 | 2,67 | 6 (7) | 1.000 |

Nota: Las cifras en paréntesis significa número de unidad de bombeo instalada incluyendo una de reserva

Se realizó el estudio comparativo tomando en consideración (i) costo del equipo de bombeo y (ii) costo de construcción de las obras civiles para la estación de bombeo.

Como resultado, se seleccionó el caso más económico, el cual es la Opción 3, con 5 unidades de operación de 3,2 m³/seg y 1 unidad de reserva.

| Opción | Costo de Bomba y Motor | Obras Civiles | Costo Total |
|--------|------------------------|---------------|-------------|
| 1 | 5.212 | 9.797 | 15.009 |
| 2 | 4.620 | 10.365 | 14.985 |
| 3 | 4.200 | 10.688 | 14.888 |
| 4 | 4.116 | 11.002 | 15.118 |

(b) Distribución de la casa de bombas

Las bombas están colocadas a espacio de 8,0 m. La línea de centro de las bombas y sus tuberías de succión se fijan en la cota 46,0 m y 43,2 m, respectivamente, en consideración de NMO 47,000m. Los cuartos de válvulas están colocados en la cota 45,0 cercanos a los cuartos de bombas. El espacio sobre la cota 50,0m es utilizado para los cuartos de los motores donde se instala la grúa de pórtico.

En los alrededores del cuarto de motores, se ubica una plataforma en la cota 70,1m para dar un espacio de entrada para el equipo en el lado noreste de la casa de bombas. Una plataforma de montaje se ubica en la cota 55,0m. Se cuanta con cuatro pisos transversalmente ubicados al flujo de bombeo en la cota 50,0m, 55,0m, 60,0m y 65,0m.

La distribución de los cuartos principales se determina de la siguiente manera:

| | |
|--------------|--|
| Cota 45,0 m. | : Cuarto de válvulas |
| Cota 46,0 m. | : Cuarto de bombas |
| Cota 50,0 m. | : Piso de motores, cuarto de reostato líquido |
| Cota 55,0 m. | : Cuarto de control de alta tensión, taller de reparaciones, plataforma de montaje |
| Cota 60,0 m. | : Cuarto de control de baja tensión |
| Cota 65,0 m. | : Galería de cubículos, bodega |
| Cota 70,1 m. | : Plataforma |
| Cota 70,2 m. | : Cuarto de control, oficinas, hall de entrada |
| Cota 75,1 m. | : Cuarto de máquinas de elevador. |

En el tumbado del cuarto de motores, se equipará una grúa corrediza de pórtico. La grúa tiene como función el transporte de los equipos desde la plataforma de montaje a un lugar específico para que este sea instalado después del montaje durante la etapa de construcción en la plataforma provista para este propósito. El izador principal tiene una capacidad de 32 toneladas y el izador auxiliar tiene una capacidad de 8 toneladas. El equipo de bombeo será transportado desde la plataforma de montaje por otra grúa corrediza de pórtico teniendo la misma capacidad la cual se instalará en la superestructura en la cota 78,1 m.

(c) Sistema estructural y diseño

Se ha adaptado el hormigón reforzado para el sistema principal de la subestructura de la casa de bombas debido a su simplicidad y estabilidad. En el diseño estructural de los elementos respectivos de la subestructura, se aplicaron las siguientes asunciones:

- Todos los elementos estructurales paralelos a la dirección del flujo están diseñados como estructuras de pórticos rígidos en dos dimensiones
- Todos los miembros con un ángulo recto a la dirección del flujo se diseñan como vigas fijas, y
- Muros y losas están diseñadas como losas de dos direcciones, vigas fijas y vigas simples de acuerdo a sus condiciones de apoyo.

El criterio de diseño aplicado al diseño estructural es de acuerdo a "Código Ecuatoriano de la Construcción, Requerimientos de Diseño para Hormigón Reforzado, Quinta Edición" establecido por el Instituto de Normalización Ecuatoriano (INEN). Los siete casos siguientes se hicieron para el análisis estructural.

Caso-1: Condiciones Normales

Estación de bombeo se culmina y se pone en operación sin el efecto de terremoto y cambio de temperatura.

La presión hidrostática dada por el agua del embalse, presión del nivel freático en el relleno, presión de la tierra por el relleno y peso de las maquinarias se consideran como fuerzas externas.

Caso-2 y Caso-3: Cambio de Temperatura

La estación de bombeo se termina y es puesta en operación sin el efecto de terremoto.

Las cargas debidas al cambio de temperatura, incremento súbito de 10°C (Caso-2) y disminución de 10°C (Caso-3) se consideran además de las fuerzas del Caso-1

Caso-4: Después de Conclusión-1 (justo después de terminar)

La casa de bombas se termina pero antes de la remoción de la ataguía.

La presión de la tierra de relleno y el peso de la maquinaria se consideran como fuerzas externas.

Caso-5: Después de Conclusión-1 (justo después de terminar)

Justo después de concluir la estación de bombeo estando en la condición del nivel freático más bajo en el relleno.

La presión hidrostática debida al agua del embalse al Nivel de Crecida en la cota 66,0 m, la presión del relleno y el peso de la maquinaria se consideran como fuerzas externas.

Caso-6 y Caso-7: Condición Sísmica

La fuerza sísmica se asume que actúa en la casa de bombas en dirección del flujo (Caso-6) y hacia el embalse (Caso-7) además de las fuerzas del Caso-1

La estructura está dividida en dos bloques por una junta de expansión, esto es, el bloque del lado del patio de transformadores y el bloque de la plataforma de montaje. Se analizó la estabilidad para prevenir el volcamiento, deslizamiento, flotación y capacidad portante de la cimentación. Los tres casos siguientes se consideraron en el análisis de estabilidad.

Caso-1: Después de Terminar la Construcción

La casa de bombas se termina y justo después se procede a la remoción de la ataguía.

Las fuerzas externas que actúan sobre la subestructura incluye el peso muerto,

presión hidrostática del agua del embalse en el nivel NMO de 47,0 m, presión del relleno, sobrecarga y subpresión debido al agua del embalse.

Caso-II: Condición Normal

La estación de bombeo se termina y es puesta en operación sin el efecto de sismo.

Las fuerzas externas que actúan sobre la subestructura incluye el peso muerto, presión hidrostática del agua del embalse en el nivel HWL de 66,0 m, presión del relleno, presión del nivel freático, sobrecarga y subpresión.

Caso-III: Condición Sísmica

La estación de bombeo se termina y es puesta en operación con el efecto de sismo.

Además de las fuerzas externas que actúan en el Caso-II, se considera la carga de sismo.

Como se discutió anteriormente, la casa de bombas está dividida en dos bloques, los cuales están diseñados a construirse sobre una cimentación de roca/roca meteorizada. Cada bloque es de estructura casi simétrica, por lo tanto, el análisis de estabilidad se realizó para el bloque del patio de transformadores.

Los detalles del análisis de estabilidad y estructural se discuten en el "Informe de Cálculos de Diseño".

- (4) Diseño Arquitectónico
- (a) Acabados arquitectónicos

Ya que el principal objetivo del edificio de la estación de bombeo es de proveer el espacio requerido para la operación y mantenimiento de las máquinas y equipos así como para dar protección contra las inclemencias del tiempo a estos equipos, el principal criterio de diseño para el acabado arquitectónico son de acabados similares a los requeridos por los cuartos. Sin embargo, también es necesario considerar al personal de operaciones y su ánimo así como proveer una agradable impresión a los visitantes. Esto es una manera efectiva de levantar la moral del personal de operaciones. Los materiales de acabado serán seleccionados considerando la disponibilidad local, costo y durabilidad.

El acabado del techo se da con una cubierta de hormigón para protección de la capa a prueba de agua.

Se construyen paredes de bloques de hormigón con espacio libre en la subestructura de la estación de bombeo para evitar la humedad debido a filtraciones de los muros subterráneos.

(b) Diseño estructural de la Superestructura

La superestructura es de un piso de alto con un "penthouse" para el cuarto de máquinas del elevador. Está dividida en dos bloques a lo largo de la línea 4 mediante una junta de expansión mediante la cual son calculadas como estructuras separadas. El trabajo de pórtico estructural fue modelado en tres dimensiones y los cálculos de realizaron utilizando el programa SAPCON 90. Los cálculos completos y los resultados se muestran en el "Informe de Cálculos de Diseño".

(c) Instalaciones

Las instalaciones para la estación de bombeo comprenden el sistema de aire acondicionado, sistema de ventilación, suministro de agua potable, drenaje y alcantarillado y un sistema contra incendios.

i) Sistema de suministro de agua potable

El sistema de suministro de agua para la estación de bombeo comprende el suministro de agua potable, uso de los sanitarios y sistema contra incendios.

El agua se obtiene de la tubería de enfriamiento de las bombas en el cuarto de válvulas en la cota 45,0m. El agua cruda antes de su tratamiento se almacena en un tanque en el mismo nivel. El sistema de tratamiento de agua el cual consiste de un tanque de filtrado, el tanque de almacenamiento del agua tratada, bomba de suministro de agua, tanque de presión y unidades de esterilización se instalan en el piso de la cota 50,0 m.

El agua potable y para uso de los sanitarios se filtrará mediante el método de filtrado de arena, almacenada en el tanque de almacenamiento de agua tratada y distribuida para cada requerimiento mediante las bombas de agua mediante el tanque de presión. La solución de esterilización de hipoclorito sódico será bombeada automáticamente en la tubería de suministro.

El suministro de agua contra incendios se hará mediante un sistema separado con una bomba contra incendios. El agua se suministrará desde el tanque de almacenaje de agua cruda en el piso de la cota 45,0 m.

ii) Sistema de drenaje y alcantarillado

El sistema de drenaje y alcantarillado de la estación de bombeo se ha provisto para aguas servidas, aguas lluvias filtraciones de agua y aguas negras. El agua proveniente del techo se colectará y se drenará al sistema de drenaje. Las aguas negras se colectará en un tanque séptico y se bombeará al sistema de drenaje después de su tratamiento. Las aguas servidas se colectarán y se drenarán al tanque séptico. El agua proveniente de infiltraciones de la estación de bombeo

se colectarán mediante canaletas de drenaje provistas a lo largo del perímetro del muro subterráneo de la estación de bombeo y se drenará en el sumidero colocado en el nivel de la cota 41,0 m.

iii) Sistema de aire acondicionado y ventilación

El sistema de aire acondicionado y ventilación de la estación de bombeo está diseñado para suministrar un ambiente adecuado de trabajo. Se ha provisto de aire acondicionado en el cuarto de control, oficinas y otras áreas administrativas donde generalmente esté el personal de operación y mantenimiento. La ventilación de aire fresco se ha hecho en otras áreas ocupadas por maquinaria y equipos donde no se ha instalado los acondicionadores de aire.

— Aire acondicionado

Las condiciones de diseño para determinar la capacidad de acondicionadores de aire son las siguientes

| Valor de Ambiente | | Condiciones de Diseño | |
|-------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| Temperatura (°C) | Humedad (%) | Temperatura (°C) | Humedad (%) |
| 33 | 68 | 25 | 56~60 |

Los acondicionadores de aire son del tipo de bombeo por calor. Estos se instalarán en los cuartos de máquinas en la cota 70,2m. El aire ya frío se distribuirá a cada uno de los ambientes requeridos mediante el sistema de ductos de abastecimiento de aire acondicionado, mientras que el aire de retorno se colectará al acondicionador de aire mediante un sistema separado de ductos. El aire fresco se suministrará a una tasa de 25 m³/h por persona.

— Ventilación

Se dará ventilación para la plataforma de los motores, cubículos y otros espacios donde sea requerido. Se instalarán ventiladores de suministro de aire fresco para que tome el aire del exterior mediante ductos y se distribuya a cada una de las áreas requeridas.

- El aire viciado se descargará mediante celosías provistas en los muros de las plataformas y mediante ventiladores de expulsión instalados en el techo. Se provee de un sistema separado de ventilación para el cuarto de baterías. También se instalará ventiladores individuales para la cocina y baños.

(d) Sistema contra incendios

El sistema contra incendios de la estación de bombeo está compuesto de un sistema

de hidrantes.

El sistema de hidrantes está dispuesto a cubrir toda el área del piso de la estación de bombeo. Los hidrantes contra incendios se han instalado en todos los pisos a intervalos de aproximadamente 50 m. Cada hidrante cubre un área de un radio de 25 m.

También se instalarán extintores portátiles de 6 kg de capacidad cada uno distribuidos en todo el edificio.

(e) Casa del generador diesel

Considerando el ruido, olor y las dificultades de suministro de aire fresco, el generador a diesel de emergencia estará confinado en una estructura separada en el patio de la estación de bombeo.

Los planos de diseño de la estación de bombeo se ilustran en los Dibujos N°. 2-PS-002 al 2-PS-082.

4.3.2 Tubería de carga Severino

La tubería de carga Severino se extiende desde la estación de bombeo hacia el sur. El eje central está fijado en paralelo con la dirección del flujo y dobla hacia la ruta del canal abierto Severino para conectarse con el tanque de carga Severino provisto al final de la tubería de carga.

Se ha provisto dos (2) líneas de tubería de carga en consideración de asegurar una operación con riesgo mínimo de mal funcionamiento y para facilitar la inspección y/o reparación durante la operación.

De acuerdo con la configuración óptima de las estructuras para los trasvases de La Esperanza-Poza Honda tales como la estación de bombeo, el tanque de carga, el canal abierto y el túnel de derivación y los resultados de una operación integrada del embalse, las condiciones de diseño de la tubería de carga Severino se determinan como se indica a continuación:

| | |
|--------------------------|--|
| Caudal total de diseño: | 16,0 m ³ /seg |
| Caudal máximo de diseño: | 9,6 m ³ /seg cada línea (3,2m ³ /seg x 3 unidades de bombeo) |
| Carga máxima actual: | 67,0 m |
| Longitud de la tubería: | 173 m (desde la bomba N° 1 y Línea N°1) 170 m (desde la bomba N° 6 y Línea N°2) |

Como se indicó en la Sección 4.6.2, se ha decidido utilizar el tipo de tubería de carga superficial, de 2.000 mm de diámetro, como el tipo más económico con 9,6m³/seg por cada línea.