

4.6.4 Línea de Transmisión Daule-Peripa ~ Severino

(1) Diseño Básico

(i) General

En esta Sección se justifican las características básicas del diseño de la línea de transmisión

(ii) Normas aplicadas

Las normas a ser aplicadas para el Proyecto serán básicamente IEC (International Electrotechnical Commission), norma JIS (Japanese Industrial Standards), JEC (The Japanese Electrotechnical Committees) y otras normas internacionales y prácticas de diseño utilizadas en Ecuador, Japón o en el mercado internacional, también serían aplicadas para el diseño de componentes específicos

(iii) Condiciones meteorológicas

Existe una estación meteorológica en la zona del Proyecto Daule Peripa.

A continuación se anotan las condiciones para el diseño de la línea, que se desprenden de los valores estadísticos:

a) Máxima temperatura del aire	39,9 °C
b) Temperatura promedio	26,38 °C
c) Temperatura mínima absoluta	13,0 °C
d) Velocidad media del viento	1,38 m/seg.
e) Precipitación atmosférica media mensual	163,56 mm
f) Humedad relativa promedio	87,6 %

Para la temperatura máxima del conductor, se adopta 60 °C a partir de la temperatura máxima del aire de 39,9 °C y el aumento de temperatura debido a la circulación de corriente. Para la temperatura mínima se adopta por seguridad 5 °C.

No existen registros de la velocidad de viento ni de las fuerzas debidas a movimientos sísmicos. Sin embargo la velocidad de 60 Km/h es recomendada de acuerdo con la práctica en Ecuador y será adoptada para el diseño, con la cual se tendrá un más alto grado de seguridad de las instalaciones

Generalmente las cargas de viento son mucho mayores que aquellas debidas a los movimientos sísmicos que afectan a las torres y estructuras de soporte; por lo tanto, no se considerará para el diseño cargas debidas a movimientos sísmicos.

(iv) Selección de la ruta

La ruta de la línea de transmisión debe seleccionarse considerando una fácil y económica construcción, la operación y mantenimiento de la misma así como la consideración del punto de vista ambiental.

Las siguientes alternativas tal como se ilustra en el mapa adjunto, Fig. 2-4, fueron examinadas para seleccionar la ruta óptima entre la central hidroeléctrica Daule-Peripa y la subestación Severino.

- a) La Ruta-A tiene el recorrido más corto a través de una área montañosa. La distancia total de la ruta es de 32 kilómetros. No hay caminos cercanos a la ruta en el tramo intermedio por una distancia aproximada de 10 kilómetros
- b) La Ruta-B está alineada a lo largo del camino existente a La Balsa, Puente de Solamillo, Cuatro Hermanos y el Topadero. La distancia total de la ruta es de aproximadamente 46 kilómetros. El tramo de los primeros ocho kilómetros desde la Subestación Severino es igual a la alternativa de la Ruta-A
- c) El primer tramo desde la Subestación Severino de la Ruta-C está alineado a lo largo de caminos de accesos en el área del proyecto recientemente construidos, los cuales partes de una vía pública existente. La ruta va desde la subestación via La Torre, San Sebastián, Azucena Baja, El Desvío y luego empalma con la Ruta-B en el sitio del puente Solamillo. La distancia total es de aproximadamente 53 kilómetros.

La comparación general de las alternativas se resumen a continuación:

	Ruta-A	Ruta-B	Ruta-C
Distancia total de la ruta	32 km	46 km	53 km
Construcción de la línea	normal	fácil	fácil
Mantenimiento de la línea	normal	fácil	fácil
Costo de construcción de la línea	100 %	125 %	135 %
Pérdida anual de energía de la línea	148 MWh	213 MWh	246 MWh

A pesar de que la Ruta-A está alineada en la área montañosa y que 30 % de la ruta está alejada de los caminos principales, el costo de mantenimiento de la misma está casi al mismo nivel que las otras rutas debido a su menor longitud. Además, las instalaciones de la Ruta-A no son vistas desde la carretera principal la cual al momento de ser evaluado ambientalmente tiene un peso. Adicionalmente, como se muestra en la table de arriba, la Ruta-A es económica y técnicamente avanzada. Por lo tanto, la Ruta-A es la seleccionada para la línea de transmisión de 138 kV del Proyecto.

La ruta seleccionada de línea de transmision 138 kV está señalada en el diseño No. 3-I-023 y 3-I-024.

(v) Voltaje de la línea

a) Voltajes normalizados

Actualmente, los voltajes normalizados utilizados en el país son 230 kV, 138 kV, 69 kV, 46 kV y 34.5 kV. Para mantener la uniformidad, el voltaje para la línea será seleccionado de entre los existentes

b) Voltaje para la línea proyectada

La línea transmitirá una potencia de 20 MW desde la central de generación hasta la estación de bombeo, sobre una distancia aproximada de 32 km. Tomando en consideración la dimensión del Proyecto, los voltajes 138 y 69 kV son igualmente adecuados para el voltaje de transmisión. La Empresa Eléctrica de Manabí ha sugerido que se adopte el nivel 138kV para este Proyecto, para mantener la consistencia con el voltaje utilizado para el Proyecto Daule Peripa que está relacionado intimamente con este Proyecto. Por lo tanto, para este Proyecto se adoptará el nivel de 138 kV., uno de los voltajes normalizados en el país

(2) Conductor de Potencia y Cable de Tierra

(i) Selección del conductor

De los siguientes calculos para la determinación del voltaje crítico por efecto corona, se obtiene que el diámetro mínimo del conductor para un voltaje nominal de 138 kV., deberá ser 18,7 mm.

(Formula de Peek)

$$V = \sqrt{3} \times 48.6 \times m_0 \times m_1 \times d \times r \times \log_{10} (D/r)$$

Donde,

- V : Voltaje crítico por corona (fase-fase)
- m_0 : Factor de superficie del conductor (0.85)
- m_1 : Factor por condiciones meteorológicas (1.0 para buenas 0.8 para lluvia)
- d : Densidad del aire = $0.386 \times b / (273 + t)$
- b : Presión atmosférica (mm.Hg) (720 para un rango de altura sobre el nivel del mar entre 400 y 500 m)
- t : Temperatura del aire (promedio 25 °C en el sitio del Proyecto)
- r : Radio del conductor (cm)
- D : Espaciamiento equivalente entre conductores (cm) (550 cm para 138kV) =
$$\sqrt[3]{\frac{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ac}}{D}}$$
- D_{ab}, D_{bc}, D_{ac} : distancia entre fases (cm)

El tamaño mínimo para un sistema de 138 kV corresponde al conductor de ACSR, código ORIOLE (diámetro exterior = 1.883 cm) según las normas ASTM B232 para evitar excesivas pérdidas por efecto corona.

Por razones técnicas y económicas, el cable de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR) es utilizado extensivamente para líneas aéreas de transmisión y también generalmente en el país. En consecuencia, para este Proyecto este material, ACSR será adoptado.

La capacidad de corriente para el conductor ACSR ORIOLE (aproximadamente 490 amp.) es más que suficiente para la transmisión de 20 MW. Las pérdidas de potencia y la caída de voltaje para el conductor ACSR ORIOLE, 138 kV, cuando se transportan 20 MW serán aproximadamente 1% y 2.5 %, respectivamente. Estos valores son adecuados para una línea de alimentación principal

Por estas consideraciones, se recomienda la utilización del conductor ACSR ORIOLE para la línea entre la central de generación y la estación de bombeo.

También se analiza la conveniencia de utilizar una o dos ternas para el Proyecto, considerando los costos de construcción y la continuidad de servicio. La proposición de utilizar dos ternas es excelente desde el punto de vista de la continuidad, pero el costo se incrementa en alrededor del 50 % con relación a la alternativa de simple terna.

Desde el punto de vista de la administración del agua en la Represa de Poza Honda, encontramos que no se produce ninguna limitación en el suministro de la demanda de agua, aún cuando las bombas se paralicen por 2 o 3 días, debido a que la represa dispone de suficiente capacidad de almacenamiento.

En consecuencia se recomienda para este Proyecto la línea de una sola terna.

(ii) Características específicas de los conductores de potencia

A continuación se tabulan las características técnicas del conductor ACSR ORIOLE recomendado para este Proyecto.

Características	ACSR ORIOLE
Sección Nominal	170 mm ²
Sección Calculada: Aluminio	170.5 mm ²
: Acero	39.8 mm ²
: Total	210.3 mm ²
Cableado (Al + St #/mm)	30/2.69 + 7/2.69
Diámetro	18.83 mm
Peso Unitario	737 kg/km
Tensión Última de Rotura	7590 kg
Resistencia a C.C. y 20 °C	0.1579 ohm/km
Capacidad de Corriente	490 amp

La línea a 138 kV simple terna, conductor ACSR ORIOLE, tiene una capacidad de transmisión de aproximadamente 117 MVA tomando en consideración la capacidad de corriente del conductor.

(iii) Cálculo de flechas y tensiones del conductor ACSR ORIOLE

Las flechas y tensiones del conductor son necesarias para la localización de los soportes sobre el perfil longitudinal de la línea, la determinación de la altura de los soportes y las condiciones para el tendido de los conductores.

Las flechas del conductor para las siguientes condiciones climáticas locales:

- a) Condición de máxima
solicitud para diseño : presión de viento máxima para una
temperatura de 18 °C

- b) Presión máxima de viento : 39 kg/m²
- c) Temperatura máxima : 60 °C
- d) Temperatura media : 25 °C
- e) Temperatura mínima : 5 °C
- f) Factor de seguridad
 - para la máxima tensión : mayor a 2,5 con relación de la tensión de rotura
 - tensión promedio : mayor a 4,0 con relación a la tensión de rotura
- g) Módulo de Young, aluminio : 6300 kg/mm²
Módulo de Young, acero : 21000 kg/mm²
- h) Coeficiente de dilatación lineal.
 - aluminio : 23 x 10⁻⁶/°C
 - acero : 1.5 x 10⁻⁶/°C
- i) Tensión última de rotura : 7590 kg

Los resultados del calculo de flechas y tensiones, determinan una tensión máxima de trabajo de 2400 Kg, con el factor de seguridad corespondiente de 3.16 y una tensión media (EOS) de 1750 Kg, con un factor de seguridad correspondiente de 4.34

El proceso de computo de la flecha se encuentra en el Reporte de Cálculos de Diseño. A continuación se tabulan los valores máximos y mínimos para un vano equivalente de 350 m.

Long. del vano (m)	100	200	300	350	400	500	800	1,000
Max. flecha (m)	0.58	2.32	5.23	7.12	9.30	14.59	37.18	58.10
Min. flecha (m)	0.44	1.75	3.94	5.37	7.01	10.95	28.03	43.80

En la figura 4.6.8 se muestra el dibujo de la plantilla para la localización de estructuras definida de los resultados de los calculos de un vano promedio de 350 m.

(iv) Accesorios para los conductores

Para evitar la fatiga debido a la vibración repetida originada por el viento de baja velocidad, se prevé la utilización de los siguientes dispositivos:

- Grapas de suspensión tipo "Trunnion"
- Amortiguadores de vibración
- Varillas de armar

A continuación se presenta una descripción de los mencionados dispositivos:

a) Grapas de suspensión tipo "Trunnion"

Las grapas de suspensión serán del tipo "trunnion" diseñadas para evitar cualquier deformación de los conductores cableados y la separación de los hilos individuales; deberán poder girar libremente en el plano vertical que contiene el conductor.

b) Amortiguadores de vibración

En todos los vanos, excepto en aquellos con tensión mecánica reducida en la central de generación y en la estación de bombeo, se instalarán amortiguadores de vibración tipo "stockbridge". El peso unitario de los amortiguadores será de 4,5 Kg. (10 lbs.). El número de amortiguadores por vano será de dos (2) para vanos de hasta 600 m. y de cuatro (4) para vanos superior a 601 m.

El primero y el segundo amortiguador serán colocados a 1,1 y 2,2 metros desde el centro de la grapa de suspensión o desde la boca de la grampa de retención.

c) Varillas de armar

En todas las grampas de suspensión excepto en las cadenas de apoyo de los puentes, se colocarán varillas de armar preformadas. Las dimensiones de las grampas de suspensión deberán ser apropiadas para el uso de varillas de armar en los conductores.

(v) Cable de tierra

a) General

Con el propósito de proteger a los conductores contra descargas atmosféricas directas, se instalará un cable de tierra por encima de los conductores, con un ángulo de protección de 30 grados. Las características del cable se seleccionarán en función de su resistencia mecánica para asegurar el suficiente efecto de protección y para evitar contradescargas desde el cable de tierra a los conductores a el punto medio del vano. La flecha del cable de guardia deberá ser inferior al 80 % de la del conductor, para la condición sin viento y con la temperatura mínima.

b) Cable de tierra

En el apéndice se presenta el cálculo mecánico del cable de tierra. Como se desprende de los cálculos, el cable de acero galvanizado con una sección de 55 mm² es el adecuado para el conductor de fase seleccionado ACSR ORIOLE.

La tensión máxima de trabajo del cable será de 1754 Kg, con un factor de seguridad de 2.66 con relación a la tensión última de rotura. El factor de seguridad mínimo normalmente aplicado es, en general, mayor a 2.5

c) Características técnicas del cable de tierra

Sección nominal	:	55 mm ²
Cableado (nos./mm)	:	7/3.2 mm
Sección calculada	:	56.29 mm ²
Diámetro exterior	:	9.60 mm
Peso unitario	:	0.446 kg/m
Tensión última de rotura	:	4.660 kg

d) Accesorios para el cable de tierra

Con el mismo propósito establecido para los conductores, el cable de tierra se instalará con los siguientes accesorios:

- Grapas de suspensión tipo "trunnion"
- Amortiguadores de vibración

Puesto que los cables de acero son más elásticos que los de aluminio, no se considera necesario colocar amortiguadores de vibración.

El peso unitario de los amortiguadores tipo "stockbridge" para cable de tierra, deberá ser de 1,8kg (4 lbs), y se colocará el mismo número de unidades que para el caso de los conductores, pero con una separación de 0,6 m. para la primera unidad y 1,2 m. para la segunda, desde el centro de la grampa de suspensión a la boca de la grampa de retención

(3) Aislamiento

(i) General

El principio que fundamenta el diseño básico es la consideración de que en ningún caso deberían producirse descargas debido a sobrevoltajes inducidos internamente en el sistema.

(ii) Aislador tipo

El aislador normalizado a utilizar para el Proyecto deberá ser del tipo bola-horquilla (ball and socket), de vidrio templado o de porcelana, de suspensión, con un diámetro de 254 mm y una separación de 146mm.

Las características mecánicas y eléctricas del aislador tipo, deberán ser las siguientes:

- | | | |
|---|-----------------------------------|------------|
| a) Voltaje mínimo de descarga | Frecuencia industrial, seco | : 78 kV |
| | Frecuencia industrial, húmedo | : 45 kV |
| | 50% impulso positivo | : 120 kV |
| | 50% impulso negativo | : 125 kV |
| b) Voltaje mínimo que soporta (withstand voltage) | Frecuencia industrial, seco | : 70 kV |
| | Frecuencia industrial, húmedo | : 40 kV |
| | c) Carga electromecánica de falla | : 12000 kg |

Los pasadores de retención deberán ser de acero inoxidable o de bronce fosfórico, formados de tal manera que bajo ninguna condición de transporte o de servicio, no permitan la separación de los aisladores de la cadena o de los accesorios ni tampoco existirá ningún riesgo de desplazamiento de los mismos.

(iii) Cadenas de aisladores

Se utilizará una sola cadena para las posiciones de suspensión o retención.

El número de unidades por cadena se determinará de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) El voltaje que soporta la cadena para sobrevoltajes de maniobra, deberá ser superior al valor de cresta del sobrevoltaje de maniobra inducido en el sistema, para la descarga en húmedo, y
- b) El voltaje a la frecuencia industrial que soporta la cadena para descarga en húmedo, debe ser mayor efectivo del sobrevoltaje de corta duración que puede presentarse en la línea.

El voltaje de descarga de la cadena, es afectado por la altitud sobre el nivel del mar y por las condiciones del ambiente tales como presión atmosférica, contaminación por polvo, etc.

A continuación se tabulan los valores de diseño de la cadena para un sistema con el neutro conectado sólidamente a tierra. Las cadenas estarán provistas de cuernos de descarga tanto en el extremo de la línea como en el extremo de fijación, para su protección contra descargas atmosféricas, con el propósito de evitar arcos superficiales en los aisladores y también para uniformizar el campo eléctrico que se produce en cada aislador individual.

Voltaje nominal del sistema	V_0	: 138 kV
Voltaje máximo de operación	$V=1.12 \times V_0$: 155 kV
Sobretensión de maniobra	$U = \frac{2.8 \times V \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$: 355 kV
Factor de reducción de aislamiento	R	: 1.1
Factor de sobrevoltaje por período corto	Q_r	: 1.3
Voltaje de descarga requerido		
por sobretensiones de maniobra	$U_0 = U \times R$: 391 kV
por sobretensión de corta duración	$U_0' = (V / \sqrt{3}) \times R \times Q_r$: 128 kV
Número de unidades requerido	N	: 9 unidades para suspensión
	N	: 10 unidades para retención
Voltaje de descarga de la cadena por sobrevoltaje de maniobra	para ser mayor que U_0	: 530 kV para suspensión : 575 kV para retención

	por sobrevoltaje de corta duración mayor que U_{i0}	: 300 kV para suspensión
		: 330 kV para retención
Longitud de la cadena	$Z_0 = N \times 146(\text{mm})$: 1.314 m para suspensión
		: 1.460 m para retención
Separación de los cuernos	$Z = 0.85 \times Z_0$: 1.12 m para suspensión
		: 1.24 m para retención
Descarga a impulso del espaciamento de los cuernos	mayor que U_0	: 500 kV para suspensión
		: 560 kV para retención
Descarga a frecuencia industrial del espaciamento entre cuernos	mayor que U_{i0}	: 320 kV para suspensión
		: 360 kV para retención

De acuerdo al análisis precedente, se recomienda adoptar una cadena de 9 unidades para las posiciones de suspensión y de 10 unidades para las posiciones de retención que tienen suficiente margen de reserva.

La resistencia electromecánica de los aisladores deberá garantizar los siguientes factores de seguridad con relación a las sollicitaciones para las condiciones climáticas más desfavorables:

- a) Cadena de suspensión : mayor que 3.0
- b) Cadenas de retención : mayor que 3.0

La disposición general de las cadenas, se encuentra en el Dibujo No. 3-I-026.

(iv) Resistencia de pie de torre

Las estadísticas disponibles indican que la corriente debida a descargas atmosféricas sobre la línea es menor de 100 kA para el 95 % de los casos y que la corriente de descarga a través de la torre es menor a 50 kA para el 95 % de los casos. Para evitar una contradescarga de la torre a la cadena de aisladores, la resistencia de pie de torre deberá ser menor que el valor calculado con la siguiente fórmula:

$$(V - E) / \{(1 - C) \times I\}$$

- donde, V : descarga a impulso de la cadena, 560 kV
E : valor de la cresta del voltaje más alto del sistema, $(2/3)^{1/2} \times 155 = 127$ kV
C : factor de acoplamiento entre el conductor y el cable de tierra, 0,2
I : valor de la cresta de corriente de descarga, 50 kA

Por lo tanto, la resistencia de pie de torre deberá ser menor que 11 ohms para evitar la contradescarga sobre los aisladores, por lo cual en cada fundación se instalarán varillas de puesta a tierra y de ser necesario se agregarán contrapesos.

(v) Separación mínima de las partes bajo tensión de la estructura de soporte

Las separaciones mínimas de las partes bajo tensión a la estructura puesta a tierra, están determinadas por la coordinación del aislamiento. En el Dibujo No. 3-I-025, se presentan los diagramas especiales que normalmente se utilizan para asegurar las separaciones mínimas entre las partes bajo tensión y el material puesto a tierra.

- a) La separación normal es equivalente a la distancia en aire coordinada con la tensión de descarga a impulso debida a sobretensiones atmosféricas de la cadena. En la práctica, la distancia de aire es mayor que la obtenida de la fórmula experimental " $L=1.115Z+0.021(m)$ ", puesto que "Z" es la distancia en aire de los cuernos de la cadena (1.12 m. para suspensión y 1.24 m. para retención), la distancia en aire "L" será la siguiente:

Para cadenas de suspensión: $1,115 \times 1,12 + 0,021 = 1,27$ (m) mínimo

Para cadenas de retención : $1,115 \times 1,24 + 0,021 = 1,40$ (m) mínimo

- b) La separación mínima requerida, deberá ser mayor que la distancia en aire coordinado con el voltaje requerido para la cadena por sobrevoltajes de maniobra (391 kV) y también mayor que la distancia en aire equivalente debido al sobrevoltaje de corta duración para la condición en húmedo a frecuencia industrial (128 kV). La distancia mínima en aire deberá ser 900 mm.

- c) Una separación especial de 350 mm. es la distancia en aire coordinada con el sobrevoltaje debido a sobretensiones de maniobra de la cadena.
- d) El espaciamiento mínimo desde la cuello de los puentes de conexión a la cruceta, deberá ser del 120 % del espaciamiento normal, esto es $1,2 \times 1,40 = 1,68$ (mm.).
- e) Las separaciones adoptadas para la geometría de las torres proyectadas, deberán ser las siguientes:

i)	Sin viento (posición vertical)	para suspensión	:	1.300 mm
		para retención	:	1.400 mm
ii)	Con un desplazamiento de 20°	para suspensión	:	1.300 mm
		para retención	:	1.400 mm
iii)	Para un desplazamiento de la cadena o de los puentes de 40°		:	900 mm
iv)	Para un desplazamiento de la cadena o de los puentes de 60°		:	350 mm

El esquema para las reparaciones requeridas del conductor o de las torres de suspensión y retención, se muestra en el Dibujo No. 3-I-025.

(vi) Distancias mínimas al terreno

Las separaciones mínimas de los conductores al terreno para líneas de 138 kV deberán ser como las que se indica a continuación:

- | | | | |
|----|------------------------------|---|-------|
| a) | Sobre el terreno en general | : | 6.8 m |
| b) | Sobre carreteras principales | : | 9.0 m |
| c) | Sobre carreteras secundarias | : | 7.8 m |
| d) | Sobre líneas férreas | : | 9.0 m |
| e) | Sobre otras líneas | : | 4.0 m |

(4) Estructuras de Soporte

(i) General

Las estructuras de soporte serán autosoportantes, de base ancha, construidas con acero galvanizado, de tipo celosía y ancladas al terreno por medio de fundaciones de hormigón. Las torres se utilizarán para la línea a 138 kV simple terna con conductor ACSR ORIOLE y un (1) cable de protección de acero galvanizado de 55 mm² de sección. La altura nominal de las torres deberá considerar extensiones de cuerpo en pasos de 3 m. y

prolongaciones de ladera en pasos de 1 m. Las extensiones de ladera serán utilizadas en cada una de las patas de la torre para compensar la pendiente del terreno en el sitio de implantación con el propósito de evitar un movimiento de tierra excesivo alrededor de las fundaciones y el riesgo de derrumbes.

(ii) Tipo de torres

Las torres a utilizar se clasifican en los siguientes tipos:

- a) Tipo-SS : Torre para los tramos en alineación o para posiciones angulares de hasta 2° con la horizontal, con cadenas de suspensión.
- b) Tipo-LA : Torre angular para posiciones con un ángulo de hasta 15°, con cadenas de retención.
- c) Tipo-MA : Torre angular para posiciones con ángulo de hasta 30°, con cadenas de retención.
- d) Tipo-HA : Torre angular para posiciones con un ángulo de hasta 45°, con cadenas de retención.
- e) Tipo-TA : Torre terminal o angular de hasta 60°, con cadenas de retención.

(iii) Alturas de las torres

Las alturas de las torres serán determinadas a partir de la siguiente expresión:

$$H = G_c + S_g + L_i + 2 \times H_c + H_g$$

- Donde,
- H : Altura total de la torre tipo
 - G_c : Separación del conductor inferior al terreno
 - S_g : Flecha máxima del conductor
 - L_i : Longitud de la cadena de suspensión; es cero para torres de retención
 - H_c : Separación vertical entre crucetas
 - H_g : Separación vertical entre la cruceta superior y el punto de fijación del cable de tierra

Las torres tipo de suspensión y de retención se muestran en el Plano 3-I-025.

(iv) Vano de diseño

Las torres serán diseñadas para los siguientes valores de los vanos de viento y gravante.

Tipo de torre		SS	LA	MA	HA	TA
Vano básico de diseño	(m)	350	350	350	350	350
Vano viento (normal)	(m)	500	500	450	450	450
Vano viento (conductor roto)	(m)	400	400	350	350	350
Vano peso (normal)	(m)	900	1000	800	600	600
Vano peso (conductor roto)	(m)	400	700	600	350	350
Vano peso para tiro hacia arriba	(m)	300	800	300	300	300

El término "vano básico de diseño" significa la distancia horizontal entre los centros de dos torres adyacentes, con terreno plano, en el cual la altura de la torre es determinada a partir de la separación mínima al terreno especificada para la condición sin viento y temperatura máxima.

El término "vano viento" significa la semicurva de los vanos adyacentes soportados por cualquier estructura.

El término "vano gravante" es la longitud equivalente del peso de los conductores y del cable de tierra soportado por cualquier torre, para la condición sin viento y temperatura mínima.

La longitud del "vano normal" significa el vano de diseño para las condiciones normales de carga. La longitud del vano "para conductor roto" significa la longitud del vano de diseño cuando se considera roto el conductor o el cable de tierra

(v) Cargas de diseño

Para el diseño estructural de las torres, se considerarán las siguientes cargas de diseño:

a) Cargas de viento

- Sobre conductor y cable de tierra
(sobre el área proyectada de conductores y cable de tierra) : 39 kg/m²
- Sobre torres

(sobre el área de los perfiles estructurales) : 80 kg/m²

- Sobre cadenas de aisladores
(sobre el área proyectada) : 50 kg/m²

b) Tensiones máximas de trabajo para conductores y cable de tierra.

- Conductor : ACSR ORIOLE : 2400 kg
- Cable de tierra : acero galvanizado, cableado de 55mm² : 1750 kg

c) Cargas verticales

- Torres : Peso de la torre y accesorios
- Conductores : Peso del vano gravante
- Cable de guardia : Peso del vano gravante
- Carga de montaje : Cargas como el peso de un trabajador sobre los miembros de la torre, reacción temporal de los tensores durante el tendido.

d) Efecto horizontal de ángulo sobre conductores y cables de tierra

: Componente horizontal del tipo máximo de conductores y cable de tierra debido a la desviación horizontal del ángulo

(vi) Condiciones de diseño

a) Considerando las condiciones normales de carga:

Se considerarán las siguientes cargas actuando simultáneamente sobre la torre:

i) Cargas verticales : Las establecidas anteriormente
ii) Cargas transversales : Cargas de viento y las correspondientes al efecto de ángulo de desviación.
iii) Cargas longitudinales : Simultáneamente las cargas de viento y las cargas de montaje con la máxima tensión de trabajo para los conductores y el cable de tierra, para el caso de la torre terminal tipo TA.

b) Condiciones para rotura de un cable

Además de las cargas determinadas para condiciones normales, bajo esta condición se considerará que un (1) conductor o el hilo de guardia se rompen con su máxima tensión de trabajo.

c) **Factor de seguridad**

Se considerarán, para el diseño de las torres, los siguientes factores de seguridad:

- i) Más de 2.0 para las cargas máximas resultantes bajo condiciones normales.
- ii) Más de 1.25 para las cargas resultantes para las condiciones de rotura de un cable; para las crucetas se tomará 1.25.

Estos factores de seguridad se tomarán con respecto al límite de fluencia del material y serán verificados durante las pruebas a realizar en las instalaciones del fabricante.

(vii) **Utilización de las torres tipo**

Para obtener la distribución económica de las torres tipo sobre el perfil, se utilizará el gráfico ángulo-vano correspondiente.

El gráfico se realizó determinando la relación entre la carga transversal por presión de viento y la carga transversal por efecto de ángulo de desviación, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$2T \times \sin(\vartheta/2) + W_i \times d \times S = \text{constante}$$

- donde,
- T = Tensión máxima de trabajo para el conductor y el cable de tierra
 - ϑ = Ángulo de desviación horizontal (grados)
 - W_i = Presión del viento (kg/m^2)
 - S = Vano viento (m)
 - d = Diámetro de los cables (m)

En la siguiente tabla se presentan los valores calculados con la ecuación, para cada una de las torres tipo

Tipo de torre		SS	LA	MA	HA	TA
Conductor	S = 0 m.	10° 47i	23° 54i	38° 15i	53° 41i	69° 20i
	450 m			30° 00i	45° 00i	60° 00i
	500 m	2° 00i	15° 00i	-	-	-
	800 m	-	9° 43i	23° 41i	38° 26i	53° 02i
	∅ = 0° (m)	614	1353	2142	2951	3718
(Overhead Earthwire)						
S	0 m	8° 08i	21° 12i	35° 45i	51° 08i	66° 29
	450 m	-	-	30° 00i	45° 00i	60° 00i
	500 m	2° 00i	15° 00i	-	-	-
	800 m	-	11° 18i	25° 35i	40° 24i	55° 06i
	∅ = 0° (m)	663	1720	2870	4027	5124

Figura 4.6.10 muestra el cuadro de vanos-ángulos el cual se usa para diseñar el perfil.

(viii) Accesorios para las torres

Las torres serán suministradas con los accesorios que se detallan a continuación, para la operación y mantenimiento de la línea. La disposición general de los accesorios son mostrados en el Plano No. 3-I-027.

a) Pernos para escalar

Dos cantoneras opuestas llevarán pernos para escalar hasta la parte superior de la torre en la instalación y mantenimiento de la torre. Los pernos serán colocados con intervalos de 45 cm. desde una altura de 2 m. sobre el suelo, hasta la parte superior. Después del montaje, los pernos colocados por debajo del dispositivo antiescalante, serán removidos para evitar que suban a la torre personas no autorizadas.

b) Dispositivo antiescalante

Todas las torres serán suministradas con un dispositivo en cada pata, a una altura de 3 a 5 m. sobre el nivel del terreno. El dispositivo será construido con alambres de púas y un candado de seguridad en una de las patas que lleven pernos para escalar.

c) Placas de señalización

Cada torre llevará una placa de numeración. La placa será numerada iniciándose en la estación de bombeo.

En las torres más próximas a las vías de acceso, centros poblados o ríos, se colocará una placa con la señal de peligro.

En el Plano No. 3-I-027, se muestra la disposición de la leyenda de las placas.

d) Varillas para puesta a tierra y cables para contrapesos.

Con el propósito de reducir la resistencia de puesta a tierra, en cada una de las patas de las torres se instalará una varilla de puesta a tierra, conectada con un cable de acero galvanizado a los "stubs" de la fundación. En el caso de que una vez colocadas las varillas, la resistencia de puesta a tierra sea superior al valor especificado, se agregarán uno o más contrapesos. Estos contrapesos serán de cable de acero galvanizado enterrados a 50 cm. de profundidad. Todas las patas de las torres deberán llevar una perforación para la conexión de los contrapesos.

(5) Fundaciones de las Torres

(i) General

El Contratista de la construcción deberá determinar las características del subsuelo, utilizando métodos de pruebas adecuados para obtener una información general. Los resultados de las pruebas serán utilizados para establecer la fundación tipo a ser utilizada en cada torre.

(ii) Tipo de fundación

Las fundaciones normales serán del tipo zapata y columna, clasificadas en los siguientes casos para ser aplicadas a las condiciones del suelo correspondientes a cada uno de los sitios de implantación.

Tipo de Fundación	Capacidad Portante (ton/m ²)	Peso Unitario del Suelo (ton/m ³)	Angulo de Arranque (grados)
Liviana (L)	60	1.6	30
Mediana (M)	40	1.5	20
Pesada (P)	20	1.4	10

El término “ángulo de arranque” significa el ángulo formado por el plano vertical y la pendiente de la pirámide invertida cuyo peso se opone al tiro hacia arriba de la fundación.

(iii) Características del hormigón

Las características del hormigón para las fundaciones deberán ser las siguientes:

Resistencia a la compresión	(kg/cm ²)	60,0
Resistencia a la tracción	(kg/cm ²)	6,0
Resistencia al corte	(kg/cm ²)	6,0
Peso sin armadura	(kg/m ³)	2300
Peso de hormigón armado	(kg/m ³)	2400
Resistencia por adhesión del hormigón con:		
Perfil de hierro galvanizado	(kg/cm ²)	3,6
Varilla de refuerzo redonda	(kg/cm ²)	7,2
Varilla de refuerzo deformada	(kg/cm ²)	12,0

(iv) Diseño de las fundaciones

Cada una de las fundaciones tipo deberá ser dimensionada sobre la base de las siguientes fórmulas:

(Por las cargas a la compresión)

$$\frac{q}{F} \geq \frac{C+G+W_s}{A}$$

- Donde, q : Capacidad portante del subsuelo (ton/m²)
 F : Factor de seguridad
 C : Carga total de la compresión transferida desde la superestructura (ton)
 G : Peso total del hormigón (ton)
 W_s : Peso total del subsuelo sobre la zapata de fundación (ton)
 A : Area de la zapata de fundación (m²)

(Por tiro hacia arriba)

$$G + \frac{W'}{F} \geq T$$

Donde, T : Tiro hacia arriba transferido desde la superestructura (ton)

Wsi : Peso total del subsuelo que actúa sobre las zapatas (ton)

(Por carga transversal)

$$\frac{q' \times A'}{F} \geq Q$$

Donde, Q : Carga horizontal transferida desde la superestructura (ton)

qi : Capacidad de resistencia a los esfuerzos transversales del subsuelo (ton/m²)

Aí : Area proyectada de la columna y la zapata de la fundación (m²)

A menos que se utilice hormigón armado, las caras superiores de la zapata de fundación, deberán tener una inclinación de 45° con la horizontal o planas siempre que la diferencia del ancho entre la zapata y la columna no sea mayor que dos veces el espesor de la zapata. El espesor de los extremos de la zapata, no deberá ser inferior a 300 mm.

La base de la pirámide invertida cuyo peso se opone al tipo hacia arriba, se supondrá que arranca desde el filo superior de la zapata, por razones de seguridad, a menos que se utilice sobre excavación para la zapata.

El espesor del hormigón sobre los perfiles estructurales embebidos en el hormigón, deberá ser de por lo menos 100 mm. y la columna deberá prolongarse por los menos 250 mm. sobre la superficie del terreno.

(Factor de seguridad)

Los siguientes serán los valores de los factores de seguridad aplicables para todos los tipos de fundación:

- No menos de 2.5 con relación a la carga máxima de trabajo bajo condiciones normales, y
- No menos de 1.5 con relación a la carga máxima de trabajo, para las condiciones de rotura de un conductor.

(6) Topografía de la ruta de la línea

(i) General

Se realizó el levantamiento topográfico de la ruta de la línea considerada como la más conveniente entre los puntos terminales Central Hidráulica Daule Peripa y la Estación de Bombeo Severino.

El levantamiento topográfico se realizó con el propósito de elaborar los planos topográficos del perfil y la planta del trazado de la línea, así como también para obtener información general sobre las características del suelo a lo largo de la ruta.

En esta subsección se describen los trabajos topográficos realizados en el campo y la evaluación de los resultados obtenidos.

(ii) Perfil y planta

El trazado de la ruta fue seleccionado con los criterios mencionados en la subsección (1). Para el levantamiento de los datos de campo, se utilizó equipo electrónico de topografía y los resultados fueron dibujados por computador.

La ubicación de las estructuras sobre el perfil, fue realizada utilizando la plantilla de flechas calculadas en la Subsección (2) y el esquema Angulo-Vano elaborado en la Subsección (5).

Para establecer la posición de las torres, se analizaron detenidamente las posibles alternativas para seleccionar la más conveniente técnica y económicamente. Para cada una de las posiciones, se determinó el tipo y la altura de la torre, tomando en consideración la clasificación adoptada por longitud de vano, el ángulo de desviación horizontal y la separación mínima del conductor al terreno.

Como se indicó en la Subsección (4), cada una de las torres tipo tiene extensiones de cuerpo en tramos de 3 m. Por lo tanto para la localización de las torres también se ajustó la longitud de los vanos para optimizar la utilización de las extensiones en tramos de 3 m.

Los resultados del levantamiento topográfico y de la localización de las torres, se presentan en la libreta de campo No. 3.

El resumen de los resultados se presentan a continuación:

i)	Longitud total del trazado.....	32.894km
ii)	Número de torres.....	90
iii)	Vano promedio.....	370m
iv)	Número de torres de cada tipo	
	Tipo - SS.....	51
	Tipo - LA.....	32
	Tipo - MA.....	4
	Tipo - HA.....	1
	Tipo - TA.....	2
<hr/>		
	Total	90
v)	Número de cadenas de suspensión.....	153
vi)	Número de cadenas de retención.....	228
vii)	Número de juegos de varillas de armar.....	153
viii)	Número de ensamblajes de suspensión para cable de tierra ..	52
ix)	Número de ensamblajes de retención para cable de tierra.....	40
x)	Número de amortiguadores:	
	Para conductor.....	546
	Para cable de tierra.....	182

(iii) Ubicación de las torres en planta

La posición definitiva seleccionada para las torres fué obtenida del análisis de un área de aproximadamente 15 x 15 m. con el propósito de definir las extensiones de ladera.

(iv) Investigación del suelo

Con el propósito de obtener información general sobre las características del suelo en el trazado de la línea, se procedió a realizar pruebas con un equipo de sonido, en algunos puntos representativos de la ruta.

En general las condiciones del suelo en la ruta de la línea son bastante adecuados para las fundaciones de las torres.

(7) Construcción

(i) Preparación del terreno e indemnizaciones

Antes de la iniciación de los trabajos por parte del Contratista o antes de la formalización del Contrato de construcción, los terrenos afectados por el paso de la línea y los sitios para las fundaciones de las torres que sean de propiedad privada, deben ser negociados y en casos necesarios se deberán pagar las indemnizaciones por los daños previstos y todas las casa, viviendas precarias, árboles y otras pertenencias de valor que se encuentren dentro de la faja del derecho de paso de la línea, deberán ser removidas y las indemnizaciones serán por cuenta del Gobierno.

(ii) Diseño y fabricación

El Contratista deberá diseñar todos los equipos y materiales de acuerdo con las correspondientes especificaciones y presentar a la Fiscalización los documentos y planos para su aprobación.

Una vez obtenida la aprobación del diseño, el Contratista proseguirá con la fabricación de los equipos y materiales que una vez terminados serán sujetos a la inspección y pruebas por parte de la Fiscalización.

Los equipos y materiales una vez inspeccionados, serán enviados al sitio de las obras para su instalación.

(iii) Comprobación de la topografía y pruebas de suelos

El Contratista deberá realizar una verificación del levantamiento topográfico de la línea entregado por el CRM/Fiscalización, en cada una de las estaciones de aparato se confirmarán los datos del perfil y la planta registrados en los planos. Una vez realizada la verificación, el Contratista asumirá la responsabilidad total sobre los datos topográficos. Simultáneamente, el Contratista señalará con una marca los árboles que deberían ser cortados dentro de la faja del derecho de paso (10 m. a cada lado del eje central).

Después de la confirmación de los datos topográficos, el Contratista realizará las pruebas de resistencia de suelo utilizando equipos apropiados, para determinar el tipo de fundación a aplicar en cada caso.

(iv) Desbroce

Antes de iniciar los trabajos de montaje, todos los árboles y malezas existentes en la faja del derecho de paso de la línea serán cortados a una altura de 30 cm. y removidos del sitio.

Durante el período de ejecución de los trabajos, deberán tomarse medidas para impedir el rebrote de los troncos de los árboles.

Sin embargo la utilización de productos químicos especiales para este propósito, no será permitida, para proteger el medio ambiente.

(v) Fundaciones

De acuerdo a los tipos de fundación adoptados, las mismas deberán ser localizadas en la posición exacta especificada.

No se permitirá la realización de sobre excavaciones y para mantener la resistencia original del terreno, deberá realizarse la ampliación de la excavación realizada para la columna a la profundidad correspondiente para fundir la zapata, a fin de incrementar la resistencia al arrancamiento, en aquellas estructuras sujetas a empuje hacia arriba.

En terrenos suaves, la excavación será realizada utilizando protecciones de madera o de acero con soportes adecuados. Después de realizadas las excavaciones, podrán realizarse con aprobación de la Fiscalización, pruebas adicionales del suelo, con el propósito de confirmar la capacidad portante.

Para la colocación de los "stubs" para las fundaciones se utilizarán plantillas debidamente dimensionadas para evitar desplazamiento de la posición normal. Antes del hormigonado de las fundaciones, cada "stubs" será fijado con una varilla de anclaje por debajo de la fundación. El hormigón a ser utilizado en las fundaciones tendrá una dosificación en volumen 1:3:6. Para el mezclado de los agregados, deberá utilizarse una hormigonera de tambor; no se permitirá el mezclado manual. En la colocación del hormigón se utilizarán vibradores mecánicos a fin de asegurar su compactación. Los encofrados para las fundaciones serán de madera o de hierro. Los encofrados deberán mantenerse en la fundación por lo menos por 48 horas después de la fundición.

Los cilindros de prueba del hormigón se tomarán de cada parada y serán probados por su resistencia a la compresión, que deberá ser superior a 180kg/cm^2 .

Las fundaciones de pilotes podrán ser con pilotes hincados o fundidos en sitio, dependiendo de la propuesta del Contratista.

El relleno de las excavaciones será realizado utilizando un suelo apropiado, inmediatamente después de que se hayan retirado los encofrados. El suelo deberá ser compactado firmemente, utilizando compactadores mecánicos.

(vi) Armado de estructuras

Las torres deberán ser armadas de acuerdo a lo especificado en los planos de montaje. Antes o durante el armado, los perfiles deberán ser inspeccionados para detectar fallas de galvanizado y en caso necesario, deberá procederse a la limpieza del óxido blanco de la superficie.

Después del armado de las estructuras, una parte de la rosca de los pernos será deformada para evitar que se aflojen las tuercas debido a la vibración. Antes de proceder al engrampado de los conductores, deberá medirse la resistencia de puesta a tierra de las torres y si los valores superan los 11 ohmios se colocarán contrapesos para reducirlos a los valores de diseño. Los cables de los contrapesos se colocarán en la dirección de los conductores de la línea, enterrados en una profundidad de 50 cm.

(vii) Tendido de los conductores

Los cables de la línea serán tendidos con la utilización de equipos mecánicos de tiro y tensión a fin de evitar daños en la superficie debidos al arrastre sobre el terreno o rozamiento con árboles.

Para los cruces sobre caminos, ríos, ferrocarriles, y otras líneas eléctricas o de teléfonos o áreas densamente pobladas, se utilizarán andamios de protección suficientemente reforzados para obtener una adecuada seguridad. Todas las operaciones de tendido serán coordinadas mediante un sistema de comunicaciones por radio, a fin de asegurar su seguridad y continuidad. Por seguridad, también se estacionará personal de vigilancia en los puentes de cruce importantes o en los puntos de instalación de tensores provisionales.

(viii) Trabajo anexo

Se espera que la línea de transmisión y las subestaciones pueden entrar en servicio en un plazo de 17 meses a partir de la firma del Contrato, sujeto a la programación general que se muestra en la Figura 4.6.11.

4.6.5 Boca de Entrada a Conguillo

(1) Válvulas de descarga

(i) General

Una parte de la estructura del tunel de entrada ha sido construido en 1990, incluyendo la rejilla y tres tuberías de acero con válvulas mariposa y con bridas ciegas, dos tuberías de 1200 mm. de diámetro y la restante de 800 mm.

Las condiciones de diseño de las válvulas de descarga para liberar el caudal máximo $Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$. se resumen abajo:

- Desviación máxima de los requerimientos de agua	18.00 m ³ /seg.
- Nivel de agua en el reservorio Daule-Peripa	
Nivel de crecida	EL. 88.00 m.
Nivel alto	EL. 85.00 m.
Nivel bajo	EL. 60.00 m.
- Nivel de agua mínimo operable para un caudal de 18.10 m ³ /seg.	EL. 76.60 m.
- Nivel de agua más bajo operable a un caudal de 0.0 m ³ /s	EL. 66.60 m
- Nivel de agua en la boca del tunel de desvio	
Nivel de diseño a 18.00 m ³ /seg	EL. 69.00 m
- Elevación fijada de las válvulas a la descarga	EL. 67.20 m para las 2 válvulas principales x 1.4 m. diám. EL. 65.5 m. para 1 válvula inferior x 0.8 m diám.

(ii) Mínima carga efectiva

La mínima carga efectiva para el diseño de las válvulas sería de 3.6 m, que corresponde a 7.6 m de la carga estática de diseño menos 4.0 m de pérdidas de carga en la tubería.

(iii) Tipos de válvulas de descarga

El tipo de válvula de descarga seleccionada fue válvula de camisa cónica para las válvulas principales, por cuanto este tipo de válvula tiene principalmente dos funciones, por ejemplo: (1) Disipación de energía y (2) control de flujo

(iv) Diámetro de la válvula

El diámetro de la válvula principal es calculado como sigue:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{c\pi\sqrt{2gH}}}$$

$$= 14 \text{ m}$$

Donde, D = Diámetro de la válvula en (m)

Q = Máximo caudal de diseño 9.0 m³/seg/unidad

c = Coeficiente de flujo 0.7

g = Gravedad 9.8 m/seg²

H = Mínima carga efectiva 3.6 m

(v) Rango de control de flujo

Debido a las características de la válvula de camisa cónica, el rango de control de flujo es como lo sigue:

N. A. en el reservorio	Rango de control de flujo válvula abriéndose
A. N. A. 85.00	1.5 ~ 9.0 m ³ /s/unidad (9 ~ 55) %
N. M. O. 76.60	1.0 ~ 9.0 m ³ /s/unidad (7 ~ 80) %

Nota: (1) El rango de control de flujo es mostrado con operación de 2 válvulas de camisa regulable.

El rango de regulación de la válvula en la apertura es normalmente entre 5% al 80%

(vi) Cavitación

El fenómeno de cavitación ocurrirá en caso de mínimo flujo a alto nivel de agua en el Reservorio. Para prevenir la cavitación, el coeficiente de cavitación (s) debe ser mayor que el coeficiente propio de cavitación de la válvula de camisa cónica (s_0) como en la siguiente ecuación

$$s > s_0$$

Donde, $s = (H_2 + 10) / (H_1 - H_2) = 2.54$

$$H_1 = (\text{Carga estática}) - (\text{Pérdidas de carga en la tubería}) = 15.666 - 0.053 = 15.61\text{m}$$

$$H_2 = (\text{N.A en el tunel}) - (\text{E. L. del fondo del foso amortiguador}) = 90.834 - 82.450 = 8.38\text{m}$$

$$s_0 = 0.2 \sim 0.4$$

Por lo tanto, el fenómeno de cavitación no ocurrirá para este caso.

(vii) Sistema de control

La operación de la válvula principal es normalmente controlada desde el panel de control previsto en el cuarto de control por medio de un control remoto, y por medio del tablero el local de control de la válvula localizada adjunto a la válvula la misma que es usada para cuando se requiera efectuar inspecciones y/o ajustes. Las válvulas son operadas para ajustar las demandas de agua vs. el agua acumulada a descargar; los cálculos de caudal están basados sobre información proveniente de los aparatos que detectan el nivel de agua previstos en el reservorio y sobre el pozo amortiguador y con la indicación de los medidores de la posición de apertura de las válvulas.

Las válvulas de guardia de las válvulas principales son abiertas / cerradas por medio del dispositivo de operación manual localizado sobre el piso EL. 70.2310. La operación de la válvula inferior es también manual por medio de un volante equipado con el cuerpo de la válvula.

4.6.6 Boca de Entrada a Poza Honza

(1) Válvulas de descarga

(i) General

Las condiciones de diseño de las válvulas de descarga para liberar el caudal máximo $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$. son como se resumen abajo:

- Desviación máxima de los requerimientos de agua $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Nivel de agua en el reservorio Poza Honda
 - Nivel de crecida EL. 110.30 m
 - Alto nivel EL. 106.50 m
 - Bajo nivel EL. 88.30 m
- Mínimo nivel de agua operable para un caudal de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ EL. 94.00 m
- Nivel más bajo de agua operable para un caudal de $0.0 \text{ m}^3/\text{s}$. EL. 91.40 m
- Nivel de agua en la boca del tunel de desvío
 - Nivel de diseño para un caudal de $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ EL. 92.0 m
- Elevación fijada de las válvulas de descarga EL. 90.8 m para 2 válvulas principales x 0.9m por diám.

(ii) Mínima carga efectiva

La mínima carga efectiva para el diseño de las válvulas sería de 1.09 m, que corresponde a 1.94 m de carga estática de diseño menos 0.85 m de pérdidas de carga en la tubería.

(iii) Tipo de válvulas de descarga.

El tipo de válvula de descarga seleccionada fue válvula de camisa cónica para las válvulas principales, por cuanto este tipo de válvula tiene dos funciones principales, por ejemplo: (1) disipación de energía y (2) control de flujo.

(iv) Diámetro de la válvula

El diámetro de las válvulas principales es calculado como sigue;

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{c\pi\sqrt{2gH}}}$$

$$= 0.9 \text{ m}$$

Donde D = Diámetro de la válvula (m)

Q = Máximo flujo de diseño 2.0 m³/s/unidad

c = Coeficiente de flujo 0.7

g = Gravedad 9.8 m/seg²

H = Mínima carga efectiva 1.09 m

(v) Rango de control de flujo

Debido a las características de la válvula de camisa cónica, el rango de control de flujo es como sigue:

N.A. en el reservorio		Rango de control de flujo (válvula abriéndose)
A.N.A	106.50	0.5 ~ 2.0 m ³ /s/unidad (7 ~ 31) %
N.M.O	94.00	0.5 ~ 2.0 m ³ /s/unidad (15 ~ 78) %

Nota: (1) El rango de control de flujo es mostrado bajo operación de 2 válvulas de camisa regulable.

(2) El rango de regulación de la válvula en la apertura es normalmente entre 5% al 80 %.

(vi) Cavitación

El fenómeno de cavitación ocurrirá en caso de mínimo flujo a alto nivel de agua en el Reservorio. Para prevenir la cavitación, el coeficiente de cavitación (s) debe ser mayor que el coeficiente propio de cavitación de la válvula de camisa cónica (s₀) como en la siguiente ecuación

$$s > s_0$$

$$\text{Donde, } s = (H_2 + 10) / (H_1 - H_2) = 2.54$$

$$H_1 = (\text{Carga estática}) - (\text{Pérdidas de carga en la tubería}) = 15.666 - 0.053 = 15.61$$

$$H_2 = (\text{N.A en el tunel}) - (\text{E. L. del fondo del foso amortiguador}) = 90.834 - 82.450 = 8.38$$

$$s_0 = 0.2 \sim 0.4$$

Por lo tanto, el fenómeno de cavitación on ocurrirá para este caso.

(vii) Sistema de control

La operación de la válvula principal es normalmente controlada desde el panel de control previsto en el cuarto de control por medio de un control remoto, y por medio del tablero el local de control de la válvula localizada adjunto a la válvula la misma que es usada para cuando se requiera efectuar inspecciones y/o ajustes. Las válvulas son operadas para ajustar las demandas de agua vs. el agua acumulada a descargar; los cálculos de caudal están basados sobre información proveniente de los aparatos que detectan el nivel de agua previstos en el reservorio y sobre el pozo amortiguador y con la indicación de los medidores de la posición de apertura de las válvulas.

Las válvulas de guardia de las válvulas principales son abiertas / cerradas por medio del dispositivo de operación manual localizado sobre el piso EL. 93.05 m.

4.7 Plan de Operación y Mantenimiento

4.7.1 Operación y mantenimiento de las instalaciones del Proyecto

Al concluir la construcción de las instalaciones del Proyecto, CRM entregará la línea de transmisión entre la subestación Daule-Peripa y la subestación Severino a INECEL para operación y mantenimiento, y celebrará un contrato con INECEL por la compra en bruto de energía eléctrica a un precio contratado por kwh. También se entregarán los caminos de acceso al Ministerio de Obras Públicas (MOP) para mantenimiento ya que los caminos de acceso una vez utilizados con fines de construcción serán utilizados por la gente local como vías públicas así como por el personal de operación y mantenimiento de las instalaciones del Proyecto. Por lo tanto, CRM será responsable por la operación y mantenimiento de las instalaciones restantes.

La operación y mantenimiento de las instalaciones restantes del Proyecto se hará por cuenta del CRM en principio, de la siguiente manera

La oficina del Proyecto en Severino la cual será utilizada por la Fiscalización de la Construcción durante la construcción de las instalaciones del Proyecto será el Centro de Operación y Mantenimiento Severino. El Jefe del Centro de O y M de Severino será nombrado por el CRM. El Centro de O y M es responsable de los siguiente.

- Operación de la estación de bombeo Severino de acuerdo con el manual de operación, basándose en tales datos como el nivel de los embalses de Daule-Peripa, la Esperanza Y Poza Honda, datos de caudales en La Esperanza y Poza Honda incluyendo el caudal derivado de Poza Honda a Mancha Grande.
- Datos de demandas de agua son recolectados en el Centro de O y M de Severino mediante la oficina de O y M de la presa de La Esperanza para las demandas en la cuenca del río Chone y mediante la oficina de O y M de la presa de Poza Honda para las demandas en la cuenca del río Portoviejo.
- El manual de operaciones de la estación de bombeo Severino se establecerá durante el periodo de construcción bajo las condiciones siguientes:
 - (1) Se deben satisfacer todas las demandas de agua con la mayor de las garantías
 - (2) Las horas de operación de la estación de bombeo Severino deben mantenerse a un mínimo para ahorrar en el costo de energía por bombeo.
 - (3) El nivel del agua del embalse de La Esperanza deberá mantenerse lo más alto posible para reducir la carga de bombeo resultando en un menor costo de energía en la estación de bombeo.

(4) Los vertidos de las presas, especialmente en la presa de Poza Honda deben limitarse a un mínimo, tratando de sacar el mayor provecho de los caudales naturales que ingresan a los embalses.

- Instruir a la oficina sucursal de O y M en Conguillo de Los caudales requeridos a derivarse desde Daule-Peripa a La Esperanza.
- Instruir a la oficina sucursal de O y M en Poza Honda de los caudales requeridos a derivarse desde Poza Honda a Mancha Grande
- Mantenimiento de las obras electromecánicas de la estación de bombeo Severino y la tubería de carga de acuerdo con el manual de mantenimiento a establecerse en base a las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.
- Mantenimiento de las obras civiles y arquitectónicas de la estación de bombeo Severino, la tubería de carga Severino, el tanque de carga Severino, el canal abierto Severino con su camino de inspección y el túnel de derivación a Poza Honda incluyendo la entrada del túnel en Caña Dulce y la salida en Los Cuyuyes.
- Informar a la Oficina Principal del CRM en Portoviejo de la operación y mantenimiento del proyecto en informes diarios, semanales y mensuales de acuerdo a un formato establecido previamente.

La oficina sucursal de Conguillo la cual será utilizada por la Fiscalización de la Construcción, será la Oficina Sucursal de O y M en Conguillo, la cual será responsable de lo siguiente.

- Operación de la cámara de válvulas en Conguillo en la entrada del túnel de derivación a La Esperanza de acuerdo con el manual de operación y las instrucciones sobre los caudales requeridos cuando dicha instrucción sea dada por el Centro de O y M de Severino.
- Informar de manera diaria sobre el nivel de agua del embalse Daule-Peripa al Centro de O y M en Severino.
- Mantenimiento de las obras electromecánicas de la entrada en Conguillo de acuerdo con el manual de mantenimiento a prepararse en base a las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.
- Mantenimiento de las obras civiles y arquitectónicas de la entrada en Conguillo, la cámara de válvulas, y el túnel de derivación a La Esperanza incluyendo la salida del túnel en Membrillo y la salida del canal abierto.

- Mantenimiento del canal de aproximación a la entrada del túnel mediante dragado así como de la superficie del agua alrededor de la entrada limitada con la línea de flotadores y removiendo los lechuguines y otros materiales flotantes.
- Informar al Centro de O y M en Severino de los registros de operación y mantenimiento en Conguillo mediante informes diarios, semanales y mensuales.

La oficina sucursal Poza Honda la cual se utiliza para la fiscalización de la construcción, será la oficina sucursal de O y M Poza Honda, la cual será responsable de lo siguiente:

- Operación de la cámara de válvulas en Poza Honda en la entrada del túnel de derivación a Mancha Grande de acuerdo con el manual de operaciones y las instrucciones sobre los caudales requeridos a derivar dadas por el Centro de O y M Severino.
- Informar de manera diaria sobre el nivel del agua del embalse Poza Honda al Centro de O y M Severino.
- Mantenimiento de las obras electromecánicas de la entrada en Poza Honda de acuerdo con el manual de mantenimiento a prepararse en base a las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.
- Mantenimiento de las obras civiles y arquitectónicas de la entrada en Poza Honda, la cámara de válvulas Poza Honda y el túnel de derivación a Mancha Grande incluyendo la salida del túnel y el canal abierto de salida.
- Informar al Centro de O y M en Severino de los registros de operación y mantenimiento en Poza Honda mediante informes diarios, semanales y mensuales.

La organización propuesta del CRM para el proyecto de operación y mantenimiento se muestra en la Figura 4.7.1.

4.7.2 Costo de Operación y Mantenimiento

El costo de operación y mantenimiento del Proyecto está compuesto del costo de personal, costo del equipo de O y M, vehículos, costo de operación de la oficina y costo de energía para bombeo.

El costo de O y M excepto por el costo de energía se estima en US\$ 820.000/year como se muestra en la Tabla 4.7.1.

El costo de energía también se estima a ser de US\$ 2,69 millones/año como se muestra en la Tabla 4.7.2 a nivel de demanda desde el 2020 en adelante. El costo de energía en el año 2002, el primer año de operación del Proyecto, en el 2010 y 2015, se

en US\$ 1,55 millones/año, US\$ 1,93 millones/año y US\$ 2,28 millones/año, respectivamente, en base a lo siguiente.

Año	Requerimiento de Agua Cruda para Suministro de Agua del Sistema de Poza Honda (MCM/año)	Diferencia (MCM/año)
2002	22,1	89,9
2010	51,9	60,1
2015	79,4	32,6
2020	112,0	0

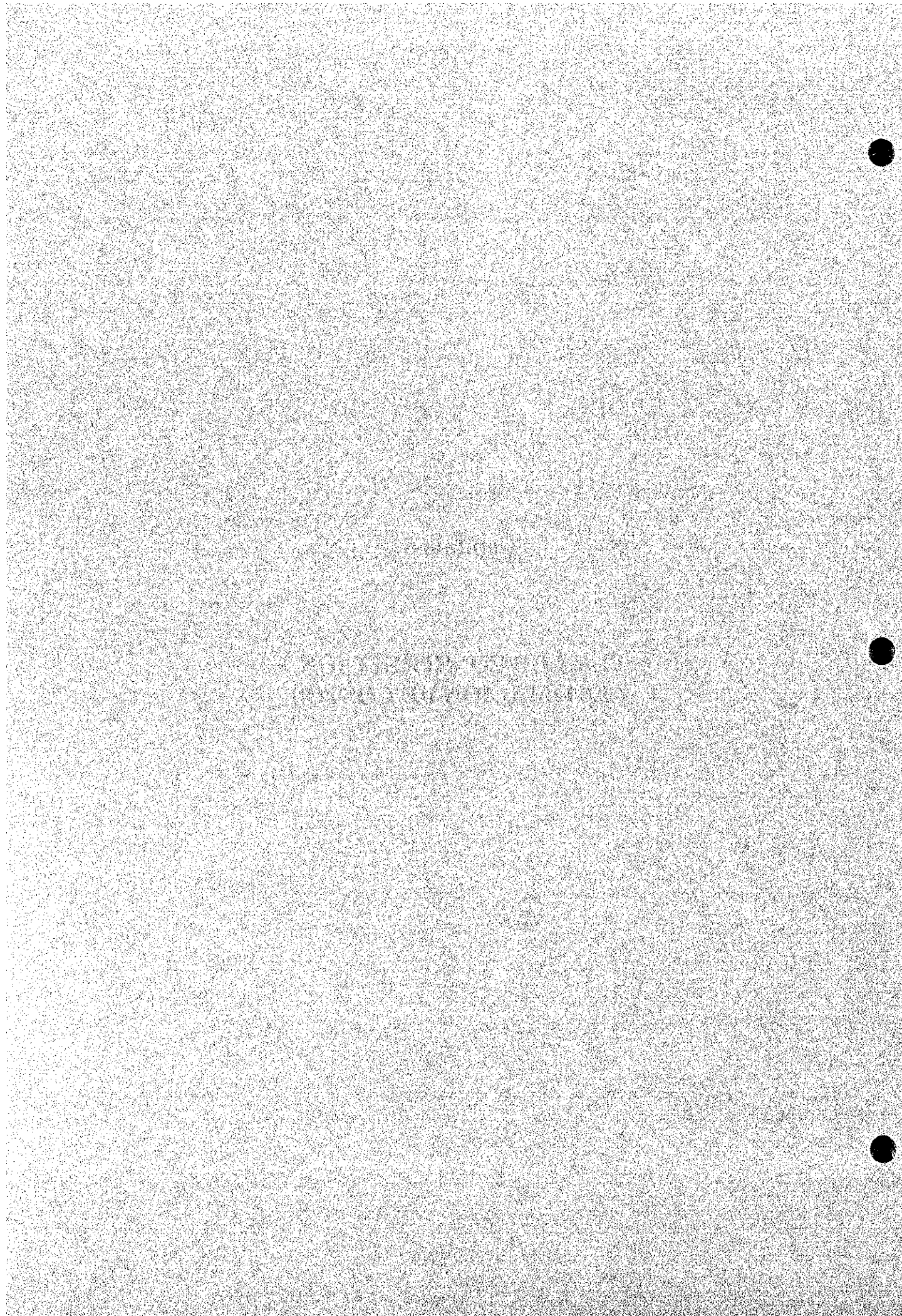
Año	Volumen de Agua a Bombearse (MCM/año)	Costo de Energía (US\$ Millones/año)
2002	123,1	1,55
2010	152,9	1,93
2015	180,4	2,28
2020	213,0	2,69

El costo total de operación y mantenimiento por lo tanto se estima como a continuación

Año	Costo de Operación y Mantenimiento (US\$ Millones /año)
2002	2,37
2010	2,75
2015	3,10
2020	3,51

Capítulo 5

PLAN DE CONSTRUCCION Y ESTIMACION DE COSTOS



Capítulo 5 PLAN DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

5.1 Generalidades

Se ha preparado un plan de construcción del proyecto sobre la base de los diseños detallados discutidos en los capítulos precedentes, y se esbozan los posibles procedimientos, secuencias de construcción, métodos y tipos de plantas y equipos para implementar los trabajos de construcción.

La construcción de las obras se dividirá en tres paquetes tal como se muestran a continuación y serán ejecutados por contratistas seleccionados a través de licitación internacional para cada uno de los paquetes. Para los servicios de ingeniería, se requerirá de un consultor para asistir a CRM en la ejecución del proyecto en la fase de fiscalización.

- a. Paquete 1: Obras Civiles del Tránsito Daule-Peripa - La Esperanza
- b. Paquete 2: Obras Civiles de los Tránsitos La Esperanza - Poza Honda y Poza Honda - Mancha Grande
- c. Paquete 3: Obras Mecánicas y Eléctricas de los Tránsitos Daule-Peripa - La Esperanza, La Esperanza - Poza Honda y Poza Honda - Mancha Grande.

El paquete 3 incluye las siguientes tres secciones:

- Sección - 1 : Estación de Bombeo Severino
- Sección - 2 : Entrada Conguillo
- Sección - 3 : Entrada Poza Honda

5.2 Plan de Construcciones

5.2.1 Condiciones Básicas

El método de construcción y su secuencia se planifican sobre la base del modo construcción y el cronograma objetivo o meta de construcción. Se toman en consideración la disponibilidad de la fuerza laboral para construcción, las condiciones del tiempo, las condiciones geológicas y topográficas de los sitios y la construcción mecanizada.

El inicio de los trabajos de construcción está programado para Junio de 1997 y se ha planificado que el Proyecto esté listo para operación en Noviembre del 2001, siendo entonces el periodo de construcción de 4,5 años (54 meses).

En relación con los días trabajables, se ha supuesto 240 días en un año para los trabajos de tierra. Días trabajables para los trabajos en concreto y en los tuneles se ha planificado que sean 252 y 276 días por año respectivamente. Para las horas diarias trabajables, se ha aplicada un turno de 8 horas diarias para los trabajos de tierra y concreto y los turnos de 1 horas diarias para los trabajos en los tuneles.

5.2.2 Trabajos Preliminares e Infraestructura para La Construcción

(1) Caminos de Acceso

La carretera entre Guayaquil y Portoviejo tiene una longitud aproximada de 200 km y es de pavimento asfáltico. El acceso a los sitios del proyecto desde Portoviejo, se hace a través de las siguientes carreteras existentes pavimentadas : Rocafuerte - Tosagua, San Plácido - Pichinchá y Santa Ana - Poza Honda. Sin embargo se requieren de caminos de acceso permanentes para conectar los diferentes sitios de trabajo con las carreteras existentes.

Los caminos de acceso permanentes se construcción al principio de los trabajos de construcción para uso temporal y de transporte. Para el Paquete 1, se construirá el camino de acceso Buenaventura - Entrada Conguillo con una longitud aproximada de 25 km. Los caminos de acceso a la ventana El Guasmo y Salida Membrillo forman parte del camino anterior.

El Paquete 2 requiere de aproximadamente 31 km de caminos de accesos, los cuales son: camino de acceso Sevenino, camino de acceso a la entrada Caña Dulce, camino de acceso La Seca y los caminos de acceso Los Cuyuyes y entrada Poza Honda.

(2) Campamento Base del CRM y Edificaciones Temporales

El campamento base del CRM se ha planificado que esté localizado a 800 m de la Estación de Bombeo Severino y a lo largo del camino de acceso Severino. El campamento base del CRM comprende la oficina principal, oficinas sucursales y casas del campamento. El campamento base del CRM se construirá al principio de los trabajos de construcción para fiscalización y manejo del proyecto. Las edificaciones permanentes se utilizarán

posteriormente por el personal encargado de la operación y mantenimiento de la estación de bombeo una vez que entre en servicio.

Las edificaciones temporales o provisionales tales como las oficinas del contratista, cuartos, taller de reparaciones, depósitos, cuartos de labores, etc, se construirán principalmente en el sitio de la estación de bombeo Severino, Paza Honda, Mancha Grande, Membrillo y Conguillo.

(3) Sistema de Suministro de Energía

El suministro de energía eléctrica para el uso en la construcción y campamentos se ha planificado que se haga con generadores a diesel y provistos por el contratista de cada paquete. El suministro de energía eléctrica al campamento base se ha planificado que sea una línea de distribución de 13,8 KV, la cual se extiende desde la línea de transmisión propuesta que conecta a la estación de bombeo Severino.

Grupos de generadores a diesel se instalarán en cada ventana de acceso y en el sitio de la estación de bombeo Severino. No se ha considerado una línea de distribución que cubra toda el área del proyecto debido a que los sitios de demandas eléctricas se encuentran separados uno del otro.

(4) Sistema de Suministro de Agua

El sistema de suministro de agua para su uso en la construcción, domestico y campamento base se ha planificado para cada paquete. Las fuentes de agua y la localización de los portales de las ventanas de trabajo se han tomado en consideración para el suministro de las instalaciones para el abastecimiento de agua. Las fuentes de agua y su localización son las siguientes: Río Conguillo, río el Guasmo, río Membrillo, río Severino, río Pata de Pájero, embalse Poza Honda y río Mancha Grande.

(5) Sistema de Telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicación, los cuales consisten en sistema de comunicación por radio y sistema telefónico inalámbrico (micro onda), se instalarán para el uso durante la construcción y para la operación y mantenimiento. Estas instalaciones serán suministradas por el contratista del Paquete 2.

El sistema de comunicación inalámbrico por radio se ha planificado que sean equipos de radio VHF y se establecerán para las comunicaciones entre la oficina principal de CRM y las oficinas sucursales, mientras que el sistema telefónico inalámbrico se instalará entre la estación de transmisión en Calceta y la oficina principal del CRM en Severino.

El contratista puede usar el sistema telefónico anterior para una emergencia. El sistema de comunicación por radio se instalará por el contratista de cada Paquete. Los sistemas telefónicos alámbricos se requerirán dentro de los sitios de trabajos de los tuneles, incluyendo los sitios de las ventanas de acceso y sitios de construcciones abiertas.

5.2.3 Obras Principales de Construcción

(1) Estación de Bombeo Severino

La Estación de bombeo está programada a ubicarse en Severino, aguas arriba del embalse de La Esperanza. El llenado del vaso del embalse alcanzará la cota 66,00 m antes de iniciar la construcción de la estación de bombeo. Se requiere bajar el nivel del embalse a la cota 45 m para proveer de un ataguía provisional en el frente de la entrada. La construcción abierta es necesaria para la construcción de la estación de bombeo.

La primera fase de la construcción consiste de una excavación abierta, subestructura de hormigón, obras metálicas embebidas e instalación de tuberías. La segunda fase de la construcción consiste del hormigón estructural para muros, pilas y vigas, hormigón encajonado para la tubería de carga, superestructura de hormigón e instalación de la grúa pórtico. Las obras arquitectónicas seguirán a las obras de hormigón estructural y en paralelo con los trabajos de la superestructura.

Las obras de hormigón del canal de entrada y la remoción de la ataguía se ha programado a hacerse en dos meses desde abril a mayo del año 2001, bajando el nivel del embalse de La Esperanza bajo la cota 45 m. Se requerirá el llenado del vaso del embalse a la cota 58,50 para prueba de operación de las bombas y el periodo de llenado se ha estimado en cuatro meses con abastecimiento de agua desde Daule-Peripa.

Los trabajos de excavación se llevarán a cabo por bulldozers de 21 toneladas y bulldozers de 32 toneladas equipados con escarificador. La roca blanda se excavará por un método combinando de voladura retardada con escarificación. El material excavado será cargado por cargadores de 2.2 m³ a volquetas de 11 toneladas y transportado a las escombreras localizadas a lo largo de la ruta del canal abierto.

La planta de hormigón se instalará cerca del tanque de carga o al inicio del canal abierto. El hormigón será transportado por camiones agitadores de 3.0 m³ desde las dos (2) plantas de hormigón de 0.75 m³ cada una y colocado en baldes para hormigón de 1,0 m³ a través de camiones grúas de 30 toneladas y carro bomba para hormigón de 45 m³/hora. Se instalarán dos torres gruás fijas con capacidad de levantar 1 tonelada y 30 m de radio de acción para manejar las formaletas, barras de refuerzo, etc.

Las tuberías embebidas y tubería de carga por debajo de la cota 70,0 m se instalarán al inicio de los trabajos en la estación de bombeo, usando camiones grúas de 30 toneladas y torre-grúa fija.

(2) Tubería Forzada

La instalación de la tubería forzada o de carga se ha dividido en dos fases. La tubería forzada por debajo del relleno de la cota 70,00 m se instalará en tres meses, desde Julio a Septiembre de 1999. La longitud restante para conectarse con el tanque de carga se ha programado ser instalada desde Octubre del año 2000 hasta Enero del 2001.

Los trabajos de excavación abierta y de hormigón son los mismos que el método aplicado en la estación de bombeo. Las placas de hormigón de los apoyos se colocarán antes de la instalación de la tubería forzada. Los tubos de acero de 6 m de longitud se transportarán desde el puerto de Guayaquil hasta el patio de almacenamiento. Los tubos se instalarán utilizando una máquina inclinada, un gato y camión grúa de 30 toneladas. Luego las tuberías serán colocadas y ajustadas a su correcto alineamiento uniendolas con soldadura. En las partes planas se colocarán primero los apoyos de hormigón y las barras de anclaje. Los anillos de seguridad se sujetarán a los pernos de anclaje.

(3) Canal Abierto

Antes de empezar los trabajos de excavación se construirá el camino de acceso provisional en la margen derecha del alineamiento del canal abierto. El camino de acarreo a la escombrera se desprende del camino antes mencionado. Este camino de acceso provisional también se utilizará para los trabajos del túnel de derivación La Esperanza - Poza Honda.

Los trabajos de excavación del camino de inspección planificado se harán utilizando bulldozers de 21 toneladas y bulldozers de 32 toneladas equipados con escarificador. El material será cargado por cargadores en las volquetes de 11 toneladas y acarreado a las

escombreras. En la que respecta a la sección del canal, los trabajos de excavación se harán mediante bulldozers de 11 toneladas, retroexcavadoras de 0,6 m³ y rompe rocas con retroexcavadoras de 0,6 m³. La etapa final de excavación adyacente al talud del canal se hará utilizando martillos de pico y recorte y acabados a mano.

Para la sección en terraplén, ésta se llenará primero con material y se compactará y se excavará posteriormente la sección del canal. Los trabajos del terraplén se harán solamente durante la estación seca de Junio a Diciembre.

La colocación del concreto se ha planificado que se haga por el método convencional utilizando para ello formaletas metálicas transportables. Primero se colocará la placa de hormigón del fondo y después el hormigón en los taludes se colocará en dos tardas. Las formaletas metálicas se instalarán y removerán manualmente utilizando para ello un camión grúa de 20 toneladas. El hormigón se transportará por camiones agitadores de 3,0 m³ y después vaciados en baldes hormigonero de 0,5 m³ transportados manualmente sobre carritos a ruedas.

Antes de la colocación del hormigón, los drenes subterráneos de tubería perforada de 100 mm de diámetro envueltos en filtros de arena y grava se colocarán en el fondo. La capa de drenaje de 100 mm de espesor en el fondo se colocará y compactará manualmente.

Los trabajos en hormigón para los sifones se harán por el método convencional utilizando para ello un camión bombeador de hormigón de 45 m³/h y balde hormigonero de 1,0 m³ con un camión grúa de 30 toneladas.

(4) Obras de Entrada y Salida

- Túnel de Derivación Daule-Peripa - La Esperanza.

El camino de acceso Conguillo se construirá para conectar con la estructura de entrada. La roca común y meteorizada se excavará por bulldozers de 21 toneladas y bulldozers de 32 toneladas con escarificador. Después de la excavación abierta, la entrada de la lumbrera se excavará. La excavación en roca se hará mediante un barreno de oruga de 7 m³ y barreno sumergible de 2,9 m³/min. La roca partida será recogida por un cargador de 0,4 m³ y retro excavadora de 0,3 m³ y cargada en un

vagón de depósito. El vagón de depósito será luego levantado por un camión grúa y descargado en el balde de una volqueta de 11 toneladas.

Luego de la excavación de la lumbrera, la entrada del túnel será realizada mediante el método de voladura y la roca partida será cargada por un tractor de 0,4 m³ con pala y depositada en el vagón de depósito y este descargado en el balde de una volqueta de 11 toneladas con una grúa de 30 ton. El tapón de hormigón será demolido cuidadosamente después de evacuar el agua del interior del túnel previo. La demolición del hormigón se hará a mano con combos y picos.

El hormigón será descargado en un balde hormigonero de 1,0 m³ y vaciado a una tolva hormigonera por una grúa de 30 toneladas y distribuido a los lugares de colocación a través de canaletas desde la tolva. El revestimiento de hormigón de la entrada del túnel se hará por colocadores de hormigón utilizados para los trabajos de revestimiento de los túneles de derivación.

El dragado del canal de entrada será llevado a cabo por una máquina de dragados de 200 HP y el material de sedimentación será transportado mediante tuberías de 200 mm de diámetro. Este material será secado y luego cargado por una pala mecánica de 0.6 m³ en una volqueta de 11 toneladas y transportada a las áreas de escombros.

Las estructuras de salida del portal del túnel están programadas a construirse a partir de Enero del 2001 después de la construcción de las ataguías provisionales. Los 10 m restantes del túnel a la salida serán perforados y revestidos de hormigón por el mismo método aplicado para las obras del túnel de derivación. Sin embargo, la construcción del canal de salida requerirá bajar el nivel del embalse de la presa de La Esperanza.

- Túnel de Derivación La Esperanza - Poza Honda

Las Estructuras de la entrada Caña Dulce entre el canal abierto y el túnel de derivación está programado a construirse durante la estación seca del año 2000. Las estructuras de salida están programadas a construirse en dos meses de Julio a Agosto del año 2001 después de bajar el embalse Poza Honda.

- Túnel de Derivación Poza Honda-Mancha Grande

Las estructuras de entrada se han diseñado similares a las de entrada en Conguillo. La excavación de la lumbrera se llevará a cabo por el mismo método "sumergido" aplicado en la lumbrera de Conguillo. La entrada del túnel se hará mediante el método de voladura y el material excavado será cargado por un cargador de 0,4 m³ y depositado en el vagón de depósito.

El canal de entrada y parte de la entrada del túnel están programados a construirse en dos meses de Julio a Agosto del 2001, después de bajar el embalse Poza Honda. El período de llenado del embalse Poza Honda es de un mes, Octubre 2001, después de completar la construcción del canal de entrada.

(4) Trabajos en los Túneles de Derivación

Todos los túneles se han planificado ser del tipo sección en herradura con revestimiento de hormigón, ellos son: túnel Daule-Peripa - La Esperanza (8.296 m de longitud y diámetro de 3,7 m), túnel La Esperanza - Poza Honda (11.417 m de longitud y diámetro de 3,5 m) y túnel Poza Honda - Mancha Grande (4.095 m de longitud y diámetro de 2,5 m). Los tres túneles están alineados principalmente en una limolita arenosa blanda y macisa con una resistencia a la compresión de aproximadamente 60 kg/cm² y se ha anticipado que no se encontrarán problemas de fallas o de agua. La construcción del túnel será un camino crítico en los trabajos de construcción. Con el fin de acortar el período de construcción, las siguientes ventanas de acceso se requieren para cada túnel considerando las secuencias de construcción.

- (a) Túnel Daule-Peripa - La Esperanza : ventana Conguillo (183 m),
ventana El Guasmo (350 m) y
ventana Membrillo (137 m)
- (b) Túnel La Esperanza - Poza Honda : ventana La Seca (532m) y
ventana Los Cuyuyes (130 m)
- (c) Túnel Poza Honda - Río Mancha Grande : ventana Poza Honda (168 m)

Las ventanas de acceso son del tipo rectangular semicircular de 4,0 m ancho x 4,0 m alto. El sistema de soporte está compuesto por pernos de anclaje y hormigón lanzado para el sostenimiento de los túneles de derivación. La excavación de los túneles se ha planificado hacerse aplicando el método de ataque total frontal. La perforación de la roca se hará con una perforadora de 4 patas con balde portátil. La roca partida será cargada por un cargador

de escombros tipo inclinado de 0.4 m^3 en dos carros de desalojo de escombros de $4,5 \text{ m}^3$, estos últimos serán halados hacia afuera del portal del túnel por un winche de 150 KW. La roca partida será cargada por un cargador de $1,2 \text{ m}^3$ en los volquetes de 8 toneladas para acarreo a las escombreras para la ventana Poza Honda se utilizarán carros de desalojo de $3,0 \text{ m}^3$ y winche de 100 KW.

Se han planificado cuatro tipos de secciones I, II, III, IV como secciones transversales típicas de los túneles de acuerdo a las condiciones geológicas y el sistema de soporte tipo NATM el cual es aplicado. El método de ataque total frontal se aplica para la construcción de los túneles, mientras que el acarreo de la roca partida se hace por el método de acarreo por riel. Tres frentes de trabajos se atacarán simultáneamente para los túneles Daule-Peripa - La Esperanza y La Esperanza - Poza Honda utilizando para ello tres equipos de túneles para cada uno. Para el túnel Poza Honda - Río Mancha Grande se utilizarán dos frentes de trabajo.

La excavación del túnel se hará utilizando una rozadora, considerando las condiciones geológicas y el subsecuente sistema de soporte el cual consiste de revestimiento de hormigón y pernos de anclaje. La roca partida será cargada en carros de desalojo de escombros de $4,5 \text{ m}^3$ y $3,0 \text{ m}^3$ con locomotoras de 8 y 6 toneladas a batería. La roca partida será llevada a campo abierto por los equipos anteriores de donde será cargada por cargadores de $1,2 \text{ m}^3$ en los volquetes de 8 toneladas para el acarreo a las escombreras.

Justo después de terminar un ciclo de operaciones de excavación de 1,2 m de avance, se aplicará el hormigón lanzado con 100 mm de espesor con malla de alambre de $100 \times 100 \text{ mm}$ y pernos en roca de 2,0 m de largo. En la que respecta a secciones en donde la resistencia a la compresión es baja y zonas de fallas, se requerirá nervaduras de acero H y hormigón lanzado adicional.

El espesor del revestimiento de hormigón está diseñado para ser de 300 mm excepto para el hormigón lanzado del sistema de soporte. Los trabajos de revestimiento de hormigón están requeridos a realizarse en paralelo con las obras de excavación del túnel para los túneles Daule-Peripa - La Esperanza y La Esperanza - Poza Honda de acuerdo con el análisis del método NATM. Los trabajos de revestimiento de hormigón para el túnel Poza Honda - Mancha Grande se hará después de completos cada 200 m de excavación del túnel en consideración a la limitada capacidad interna de área de trabajo.

El revestimiento de hormigón se colocará primero en la porción en arco y después en la porción de solera. La tasa de avance del revestimiento de hormigón se ha planificado

que sea la misma tasa de avance de excavación del túnel, con el fin de mantener el interrado de 200 m con tramos de revestimiento de 12 m de largo. La tasa de avance de revestimiento del túnel Poza Honda - Río Mancha Grande se ha planificado ser de 276 m por mes. El hormigón será transportado por camiones hormigoneros de 3,0 m³ desde la planta de hormigón y descargados en calcoadores de hormigón de 6 y 4,5 m³ sobre locomotoras de 6 toneladas a batería hasta los sitios de colocación en el túnel. El hormigón se colocará detrás de formaletas deslizantes de 12,0 m de largo desde los colocadores de hormigón a través de compresores. La colocación del hormigón en la solera se hará utilizando camiones hormigoneros de 3,0 m³.

5.3 Cronograma de Construcción

5.3.1 Cronograma de Proyecto

El período de construcción requerido por el Proyecto es de 4,5 años incluyendo los tres paquetes de contrato. Los trabajos de construcción se han programado empezar en Junio de 1997 y completarse en Noviembre del año 2001.

Los arreglos financieros para el préstamo extranjero se espera que se concluyan en un periodo de 10 meses después de la solicitud formal del préstamo. El arreglo del préstamo extranjero se completará antes de iniciar la selección de la consultora. El arreglo financiero del presupuesto nacional deberá ser concluido al mismo tiempo que el arreglo financiero extranjero.

El cronograma de implementación se muestra en la Figura 5.1 y el cronograma de construcción en la Figura 5.2. La adquisición de tierras y compensación para el proyecto será arreglado por CRM antes del inicio de la construcción.

El siguiente cronograma básico se ha establecido con el fin de asegurar la fecha de terminación del Proyecto que se ha fijado como objetivo.

- (a) Arreglos financieros para la construcción : 10 meses, desde Abril 1995 hasta Enero 1996
- (b) Selección de la consultora : 3 meses, desde Febrero 1996 hasta Abril 1996
- (c) Licitación y contratos incluyendo precalificación

Paquete 1	: 13 meses, desde Mayo 1996 hasta Mayo 1997
Paquete 2	: 13 meses, desde Mayo 1996 hasta Mayo 1997
Paquete 3	: 11 meses, desde Julio 1997 hasta Mayo 1998

(b) Trabajos de construcción:

Paquete 1	: 54 meses, desde Junio 1997 hasta Noviembre 2001
Paquete 2	: 54 meses, desde Junio 1997 hasta Noviembre 2001
Paquete 3	: 42 meses, desde Junio 1998 hasta Noviembre 2001

(c) Inicio de Operaciones de Proyecto : Diciembre 2001

5.3.2 Cronograma de construcción

El cronograma de construcción del Proyecto se muestra en la Figura 5.2 mediante un grafico de barras. El cronograma de trabajo para los rubros principales se resumen a continuación por año.

(1) Paquete 1

1997

- (a) Adjudicación del contrato del paquete 1
- (b) Movilización y construcción de las instalaciones del sitio
- (c) Obras de tierra del camino de acceso Conguillo

1998

- (a) Construcción de las ventanas de acceso (Conguillo, El Guasmo, Membrillo)
- (b) Obras de tierra del camino de acceso Conguillo

- (c) Construcción del camino de acceso (El Guasmo y salida a Membrillo)
- (d) Túnel de derivación (excavación y revestimiento de hormigón)

1999

- (a) Construcción del túnel de derivación
- (b) Construcción del camino de acceso Conguillo

2000

- (a) Trabajos de excavación de la entrada
- (b) Dragado de la porción del canal de entrada
- (c) Lumbrera y trabajos de entrada al túnel
- (d) Construcción del túnel de derivación
- (e) Construcción del camino de acceso Conguillo

2001

- (a) Construcción del canal de salida (bajar el nivel del embalse La Esperanza)
- (b) Construcción del túnel de derivación
- (c) Desmovilización

(2) Paquete 2

1997

- (a) Adjudicación del contrato del Paquete 2
- (b) Movilización y construcción de las instalaciones del sitio
- (c) Excavación de las ventanas de acceso Los Cuyuyes y Poza Honda
- (d) Construcción de los caminos de acceso (Severino, Caña Dulce, La Seca, Los Cuyuyes y entrada a Poza Honda)

1998

- (a) Obras de excavación para la estación de bombeo Severino y el canal abierto
- (b) Construcción del túnel La Esperanza-Poza Honda
- (c) Construcción del túnel Poza Honda-Mancha Grande
- (d) Construcción de las ventanas de acceso (La Seca, Los Cuyuyes y Poza Honda)
- (e) Construcción de los caminos de acceso (Severino, Entrada a Caña Dulce, La Seca y Los Cuyuyes)

1999

- (a) Obras de hormigón de la estación de bombeo
- (b) Una parte de las obras de concreto encajonado de la tubería de carga
- (c) Obras civiles de la tubería de carga
- (d) Construcción del canal abierto Severino
- (e) Construcción del túnel de La Esperanza-Poza Honda y Poza Honda-Mancha Grande
- (f) Construcción del camino de acceso Los Cuyuyes

2000

- (a) Relleno atrás de la edificación de la estación de bombeo
- (b) Obras de hormigón de la superestructura y edificaciones
- (c) Obras de hormigón de la tubería de carga
- (d) Construcción del tanque de carga Severino
- (e) Construcción del canal abierto (hormigonado del canal y sifones)
- (f) Construcción del túnel de derivación
- (g) Lumbrera de las obras de toma Poza Honda y construcción del túnel

2001

- (a) Remoción de ataguía y construcción del canal de entrada al túnel (bajar el nivel del embalse La Esperanza)
- (b) Edificaciones
- (c) Obras de hormigón del canal abierto y construcción de sifones
- (d) Construcción de los túneles de derivación
- (e) Construcción de entrada Poza Honda
- (f) Desmovilización

(3) Paquete 3

1988

- (a) Adjudicación del contrato del Paquete 3
- (b) Diseño, manufactura y entrega

1999

- (a) Obras preparatorias
- (b) Tuberías empotradas e instalación de tubería de carga en la subestructura de hormigón
- (c) Construcción de la línea de transmisión

2000

- (a) Instalación de las grúas de pórtico, válvulas, tuberías, bombas y motores, compuertas y grúa, rejillas, chimenea de equilibrio y tubería de carga
- (b) Construcción de la línea de transmisión

2001

- (a) Instalación de motores, paneles de control y transformadores
- (b) Construcción de la línea de transmisión
- (c) Construcción de la subestación
- (d) Obras mecánicas para las entradas Conguillo y Poza Honda
- (e) Prueba de operación en seco y húmedo