

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“PROCESO CONSTRUCTIVO Y PROGRAMACIÓN DE UN PUENTE  
POSTENSADO DE 38 METROS DE LUZ DE CÁLCULO, DOBLEVÍA Y  
PARA SOBRECARGA MÓVIL HS 20”**

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

MOISÉS VÍCTOR VIVANCO TORRES

**LIMA – PERU**

**2005**

## INDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	01
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA Y ACEROS DUROS</b>	04
1.1 Introducción	04
1.2 Concretos de alta resistencia	04
1.3 Resistencias del concreto	06
1.4 Deformaciones del concreto	07
1.5 Aceros duros	07
1.6 Deformaciones	09
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PÉRDIDAS DEL PREESFUERZO EN LOS TENDONES</b>	10
- Pérdidas generales	10
- Introducción	12
2.1 Estimativo de pérdidas individuales	13
2.2 Deslizamiento en los anclajes	13
2.3 Acortamiento elástico del concreto	14
2.4 Pérdidas por fricción	15
2.5 Flujo plástico del concreto	16
2.6 Retracción de fraguado del concreto	16
2.7 Relajamiento del acero	17
2.8 Determinación de las armaduras	17

### **CAPITULO III**

<b>PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE</b>	<b>18</b>
3.1 Geología local y estratigrafía de suelos	18
3.2 Accesos al puente y replanteos	23
3.3 Estribos	24
3.4 Encofrados	25
3.5 Concreto	25
3.6 Mezclado	27
3.7 Vaciado	28
3.8 Curado	28
3.9 Acabados	28
3.10 Apoyos elásticos de neopreno	28

### **CAPITULO IV**

<b>PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA</b>	<b>31</b>
4.1 Construcción del falso puente	31
4.2 Medidas de protección del falso puente	32
4.3 Encofrados	33
4.4 Bloques de anclaje	34
4.5 Colocado de los tendones	34
4.6 Vaciado de las vigas	35
4.7 Tensado de los tendones	36
4.8 Inyectado de los tendones	39
4.9 Sellado de los tendones	39

## **CAPITULO V**

<b>PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA</b>	<b>40</b>
5.1 La losa	40
5.2 Preesfuerzo transversal	41
5.3 Barandas	42
5.4 Viga sardinel	42
5.5 Veredas	43
5.6 Asfalto	43
5.7 Tubería de desagüe	43

## **CAPITULO VI**

### **ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO Y ESTUDIO COMPARATIVO**

<b>DEL PRESUPUESTO</b>	<b>44</b>
6.1 Productividad(Rendimientos)	44
6.2 Metrados	50
6.3 Análisis de costos unitarios	53
6.4 Presupuesto por partidas	54
6.5 Valorizaciones	55
6.6 Liquidación de obra	56
6.7 Estudio comparativo de Presupuestos:	
C. Postensado Vs. C. Armado	57

## **CAPITULO VII**

<b>PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN</b>	<b>58</b>
7.1 Planeamiento general	58
7.2 Planeamiento regional	59
7.3 Programación CPM	59
7.4 Programación GANTT	61
7.5 Comparación de plazos: C. Postensado Vs. C. Armado	63
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 01: Síntesis del diseño y cálculo estructural del puente de concreto</b>	
Postensado	69
<b>Anexo 02: Diseño estructural del falso puente</b>	<b>70</b>
<b>Anexo 03: Diseño del encofrado de vigas T</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 04: Análisis de gastos generales</b>	<b>72</b>
<b>Anexo 05: Relación de planos</b>	<b>73</b>

## **INTRODUCCION**

La elección del tema de tesis sobre "*PROCESO CONSTRUCTIVO Y PROGRAMACIÓN DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38 METROS DE LUZ DE CÁLCULO , DOBLE VÍA Y PARA SOBRECARGA MÓVIL HS 20*" , ha obedecido a las siguientes razones:

- En los archivos de tesis de Ingeniería civil, existen pocas tesis que tratan sobre el diseño y cálculo estructural de puentes de concreto postensado , pero son muy anticuadas y además no existen tesis que versan sobre el Proceso constructivo de puentes de concreto postensado que estén acordes con los avances de la tecnología moderna del concreto postensado.
- La solución del concreto postensado, resulta más económica para esas luces debido a que las fuerzas del postensado, equilibra una parte del peso propio de la estructura dando como resultado vigas esbeltas de elevada resistencia a la compresión.

Actualmente en el Perú, son muy pocas las obras que se han construido con esta técnica. Indudablemente, ello es debido a la falta de una difusión más intensiva, que demuestre a los técnicos las ventajas técnicas y económicas, que se obtendrían al desarrollar las múltiples aplicaciones del concreto Postensado.

En la construcción de Puentes se pone en evidencia, las grandes ventajas que ofrece el concreto Postensado sobre los puentes de concreto Armado convencional y también sobre los Puentes Metálicos que requieren de permanente mantenimiento.

El Postensado, más que una técnica constructiva, es un principio general, aplicable a cualquier obra de la Ingeniería. En efecto, se puede Pretensar un tubo, una viga, un tanque elevado, un puente, una pista de despegue, etc.

Es en el campo de la construcción de elementos Prefabricados donde se le presenta un vasto y fecundo abanico de oportunidades.

Es un hecho comprobado, que en la mayoría de los casos, la finalidad de los aceros, consiste en suplir al concreto que falla a la tracción; en cambio gracias al Postensado, el acero ha pasado a ser una fuerza a disposición del Ingeniero, que le permite conferir al concreto, las propiedades de un cuerpo homogéneo y elástico e imponerle además, un estado de tensiones más favorable teniendo en consideración, el estado de tensiones al que estaría sometido en un futuro por las cargas exteriores.

En virtud a que el Postensado es aplicable a cualquier construcción, entonces compromete a todos los Técnicos y Empresas constructoras a desarrollar y aplicar esta tecnología que promete evidentes ventajas de carácter técnico y económico.

También constituye un reto a las Universidades e Instituciones relacionadas con la construcción, para que promuevan la investigación de las propiedades de ésta técnica a través de los ensayos de laboratorio.

Se deja constancia que la presente tesis tiene un carácter **“Puramente Académico”** que no corresponde a la solución de ningún proyecto específico, sino más bien se puede tomar como un modelo para casos similares que se pudieran presentar.

Se ha tomado como referencia el paraje denominado **“ Chaully ”** y la quebrada del mismo nombre, cuyas características son las siguientes:

Paraje	:	<b>Chaully</b>
Distrito	:	<b>Maranura</b>
Provincia	:	<b>La Convención</b>
Departamento	:	<b>Cuzco</b>
Altitud	:	<b>800 m.s.n.m</b>
Clima	:	<b>Semitropical</b>
Vías de comunicación	:	<b>Carretera afirmada</b>
Población beneficiada	:	<b>8000 habitantes</b>



# **CAPITULO I :**

## **CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA Y ACEROS DUROS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Si bien es cierto, que la naturaleza de los componentes de las mezclas diseñadas tanto para el concreto Armado como para el concreto Preesforzado, son las mismas sin embargo, el concreto a utilizar en concreto Preesforzado, además de las bondades y calidad del cemento, agregados grueso y fino, agua y aditivos; deberá reunir los siguientes requisitos:

Tener alta resistencia, superior a los  $280 \text{ Kg/cm}^2$  a fin de que pueda resistir los esfuerzos producidas por el Postensado.

Debe ser homogéneo y compacto, con la finalidad de que a la aplicación de las cargas exteriores, la integridad de la Sección Transversal del elemento resistente, se encuentre sometido a esfuerzos de compresión.

### **1.2 CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA**

En el ítem 1.1, se ha tratado sobre los requerimientos que deben tener los concretos de alta resistencia.

### **1.2.1 PROPIEDADES**

- Son homogéneos y compactos.
- Poseen altas resistencias a la compresión ( 300, 450, y 600 Kg/cm<sup>2</sup>).
- Son elaborados bajo un estricto control de calidad.
- Para su comercialización han tenido que satisfacer rigurosas pruebas y ensayos de laboratorio.

### **1.2.2 DOSIFICACIÓN**

Previa a la dosificación del concreto, sus ingredientes: cemento, agregados fino y grueso, son sometidos a ensayos de laboratorio, para determinar sus características:

- Peso específico absoluto.
- Peso por m<sup>3</sup>
- Tamaño máximo del agregado grueso.
- Módulo de fineza del agregado fino.

#### **1.2.2.1 Condiciones que debe cumplir la Muestra:**

- Flexión en Kg/cm<sup>2</sup>
- Compresión en Kg/cm<sup>2</sup>
- Asentamiento en cm.
- Cantidad de concreto, en Kg/m<sup>3</sup>
- Condición de durabilidad a/c
- Condición por resistencia a/c

### 1.2.2.2 Dosificación en Peso:

Para un concreto de  $350 \text{ Kg/cm}^2$  a la compresión, se tienen las cantidades siguientes:

- Cemento Pórtland	425 Kg/ m <sup>3</sup>
- Agua	174 lt/ m <sup>3</sup>
- Agregado fino	800 Kg/ m <sup>3</sup>
- Agregado grueso	1070 Kg/ m <sup>3</sup>

### 1.2.2.3 Proporciones en Peso:

- Cemento	1.0
- Agregado fino	1.9
- Agregado grueso	2.5

### 1.2.2.4 Proporciones en Volumen:

- Cemento	1.0
- Agregado fino	1.5
- Agregado grueso	2.0

### 1.2.2.5 Controles:

A los 07 días

A los 28 días.

## 1.3 RESISTENCIAS DEL CONCRETO

De acuerdo a los coeficientes de seguridad que rigen para las cargas de trabajo, según el ACI se exige el empleo de concretos con resistencia a la rotura a los 28 días en probetas cilíndricas de por lo menos  $300 \text{ Kg/cm}^2$ . Es frecuente el uso de concretos de las resistencias siguientes:

$$f'c = 350 \text{ Kg/ cm}^2$$

$$f'c = 450 \text{ Kg/ cm}^2$$

$$f'c = 600 \text{ Kg/ cm}^2$$

#### 1.4 DEFORMACIONES DEL CONCRETO

Las deformaciones que experimenta el concreto, tales como: Acortamiento elástico del concreto, flujo plástico del concreto, retracción de fraguado, deformación térmica y otras, serán tratadas en detalle en el capítulo II.

#### 1.5 ACEROS DUROS

Los Aceros duros (Hard Steel) usados en concreto postensado presentan una elevada resistencia a la tracción y por lo general en su composición química poseen un porcentaje de carbono que oscila entre 0.7 y 0.8 %.

##### 1.5.1 TIPOS DE ACEROS DUROS

De acuerdo a su fabricación, se suele clasificar en:

###### **a) Aceros Laminados en caliente**

Se suministran para diámetros superiores a los 5 mm.

Su límite de rotura varía de 85 a 100 Kg/ mm<sup>2</sup> y su límite elástico de 60 a 80 Kg/ mm<sup>2</sup>.

###### **b) Aceros Estirados en frío (hilos o alambres trefilados)**

Se fabrican de diámetros que varían de 2 a 7 mm.

Su límite elástico y de rotura, son tanto mayores, cuanto menor es su diámetro.

Así se tiene por ejemplo:

$\varnothing$	<u>Límite Elástico</u>	<u>Límite de Rotura</u>
2mm	180 Kg/ mm <sup>2</sup>	220 Kg/ mm <sup>2</sup>
5-7 mm	110-125 Kg/ mm <sup>2</sup>	140-160 Kg/ mm <sup>2</sup>

Atendiendo a su agrupamiento, se denominan:

*Torones o Cables*, al conjunto de 8,10,12 y 18 hilos.

*Tendones* al conjunto de 8, 10 y 12 torones.

### 1.5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Entre Las principales propiedades se tienen:

- \* Módulo de elasticidad en el periodo elástico  $2 \times 10^6 - 2.1 \times 10^6$  Kg/ mm<sup>2</sup>
- \* Límite Elástico convencional 110 – 125 Kg/ mm<sup>2</sup>
- \* Límite de Rotura 177 – 180 Kg/ mm<sup>2</sup>
- \* Alargamiento 4 – 6 mm/ m
- \* Acero al carbono, templado y Trefilado 0.7 – 0.8 % de C
- \* Límite de fluencia ( Yield point) 162 – 180 Kg/ mm<sup>2</sup>

Es recomendable que previa a la adquisición del acero, habrá que remitir muestras del mismo a algún laboratorio especializado para que se obtenga el diagrama esfuerzo – deformación y chequear los resultados.

### 1.5.3 ELEMENTOS TENSORES

Según el diseño y cálculo del puente, se ha obtenido el requerimiento de 3 Tendones, pero por seguridad se colocarán 4 Tendones. Cada tendón a su vez estará conformado por 3 torones de 12 hilos de acero 270 K de  $\varnothing$  7 mm.

## **1.6 DEFORMACIONES**

El acero como todo material elástico al ser sometido a una carga, se deforma estas deformaciones que obedecen a diversas causas intervienen fundamentalmente en las caídas de tensión del acero y serán tratadas en detalle en el capítulo II.

## **CAPITULO II**

### **PERDIDAS DE PREESFUERZO EN LOS TENDONES**

#### **PERDIDAS GENERALES**

Es un hecho comprobado por la experiencia, que la fuerza de preesfuerzo inicial proporcionada por el gato para producir el preesfuerzo en la viga inmediatamente después de la transferencia, quedará reducido a Preesfuerzo efectivo(  $P_e$ ) a consecuencia de los siguientes factores: Acortamiento elástico del concreto, el deslizamiento de los anclajes y de las Pérdidas por fricción a lo largo de los tendones.

Después de un periodo largo de meses o años el preesfuerzo continuará disminuyendo más aun, por los cambios de longitud originado por los fenómenos de Retracción de fraguado, del Flujo plástico del concreto y también por el Relajamiento del acero. Para condiciones normales de: tamaños de los elementos, luces de las vigas, calidad del concreto y del acero, cantidad de fuerza de postensado y condiciones ambientales, la AASHTO recomienda la aplicación de los valores estimativos de las pérdidas totales, para los distintos tipos de acero de preesforzado, los mismos que figuran en la tabla 19.3 del Libro concreto Preesforzado del autor A. Nilson.

## **INTRODUCCION**

Cuando se aplica la fuerza de preesfuerzo a una estructura de concreto (vigas) se observa que inmediatamente después de la transferencia, la fuerza aplicada con el gato disminuye una cierta cantidad de su valor, como consecuencia del: Acortamiento elástico del concreto, del Deslizamiento en los anclajes y de las Pérdidas por fricción a lo largo de los tendones. Dicha fuerza se reduce aun más, durante el periodo que puede durar meses o años; debido a los cambios de longitud que resultan de la: Retracción de fraguado, del Flujo plástico del concreto y de la Relajación del acero, sometido a altos esfuerzos, y con el tiempo la fuerza de preesfuerzo alcanza su valor efectivo.

### **a) Deslizamiento en los Anclajes**

A medida que la fuerza se transfiere a los dispositivos de anclajes (en postensado), se presenta un leve movimiento hacia adentro del tendón mientras que las cuñas se ajustan y los anclajes se deforman.

### **b) Acortamiento Elástico del Concreto**

En elementos postensados cuando son tensados en secuencia., la fuerza de postensado variará en cada tendón, siendo máxima en el primer torón ó tendón tensionado y será nulo en el último.

### **c) Pérdidas por Fricción**

Se presentan en los dobleces intensionales en el perfil del tendón, y también las desviaciones de alineamiento del tendón, produciendo fricciones de los tendones con los ductos.

### **d) Flujo Plástico del Concreto**

Es consecuencia del acortamiento del concreto al ser sometido a cargas sostenidas.



### e) Retracción de Fraguado del Concreto

Es la disminución que experimenta el elemento de concreto, en su longitud debido a las pérdidas del agua alojada en su interior.

### f) Disminución del Acero

Con el transcurso del tiempo, los tendones sometidos a fuertes esfuerzos experimentan una disminución de su resistencia que en promedio es del orden del 2 % del valor del esfuerzo inicial.

TABLA 19.3

VALORES ESTIMATIVOS DE LAS PERDIDAS DE PREESFUERZO

TIPOS DE ACERO DE PREESFUERZO	PERDIDAS TOTALES	
	$f'c = 4000 \text{ lb / Pulg}^2$	$f'c = 5000 \text{ lb / Pulg}^2$
Torón de pretensado		4500 p.s.i
Alambre o torón de postensado	32000 p.s.i	33000 p.s.i
Barras de Postensado	22000 p.s.i	22000 p.s.i

## 2.1 ESTIMATIVO DE PÉRDIDAS INDIVIDUALES

En realidad existen ciertas relaciones de interdependencia entre las pérdidas que son funciones del tiempo, así por ejemplo: el relajamiento del acero, resulta afectado por el cambio de longitud, originado por el flujo plástico del concreto, pero a su vez este flujo es también alterado por el cambio en el esfuerzo del acero.

## 2.2 DESLIZAMIENTO EN LOS ANCLAJES

Al momento de aplicar la fuerza de preesfuerzo directamente sobre los anclajes o sea, cuando se suelta la tensión del gato y se fijan los anclajes estos se

deforman por acción de la fuerza localizada y se observa un leve deslizamiento del tendón hacia adentro de la viga.

Mediante ensayos rigurosos, se logra medir el deslizamiento y aplicando la ley de HOOKE, se puede obtener la pérdida del esfuerzo.

$$\Delta f_s = \frac{\Delta L}{L} E_s \quad (1)$$

donde:

$$\Delta L = 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm (en los conos FREYSSINET)}$$

$$L = 38 \text{ mt} = 38 \times 10^2 \text{ cm (longitud del puente)}$$

$$E_s = 1750000 \text{ Kg/cm}^2 = 1.75 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$E_s$  = es el módulo de elasticidad en el periodo elástico del acero cuando se usan torones de más de 7 hilos.

Reemplazando valores en (1):

$$\Delta f_s = \frac{0.1}{38 \times 10^2} \times 1.75 \times 10^6$$

$$\Delta f_s = 46.1 \text{ Kg/cm}^2$$

### 2.3 ACORTAMIENTO ELÁSTICO DEL CONCRETO

En los elementos postensados, la deformación instantánea se realiza simultáneamente con la tensión, cuando se trata de un solo cable.

Cuando el número de cables es mayor que uno, la acción sucesiva de los demás cables, tendrán efecto en los anteriores cables, más no así en el último cable. Por consiguiente, la pérdida por deformación instantánea del concreto, por cable estará dado por:

$$\Delta f_s = \left( \frac{n-1}{2} \right) \frac{P_i E_s}{n E_i A} \quad (2)$$

En el caso de la viga del Puente que tiene 4 tendones, se tendrá:

$n = 4$  tendones

$P_i = 484 \text{ Ton}$  (Fuerza inicial del postensado)

$E_s = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$  (Módulo de elasticidad del acero)

$E_i = 450000 \text{ Kg/cm}^2$  (Módulo de elasticidad instantáneo del concreto)

$A = 0.91 \text{ m}^2 = 9100 \text{ cm}^2$  (Área de la sección transversal del concreto)

Reemplazando valores en (2):

$$\Delta f_s = \frac{(4-1)}{2} \times \frac{484 \times 10^3 \times 2 \times 10^6}{4 \times 450000 \times 91 \times 10^2}$$

$$\Delta f_s = 88.6 \text{ kg/cm}^2$$

## 2.4 PERDIDAS POR FRICCIÓN

En elementos postensados, las pérdidas ocasionadas por la fricción por conveniencia es necesario separarlas en:

- Pérdidas por desviaciones
- Pérdidas por curvatura

La fuerza en el extremo del tendón donde se coloca el gato ( $P_o$ ), requerida para producir la fuerza ( $P_x$ ) en cualquier punto  $x$ , a lo largo del tendón, se determina por la fórmula:

$$P_o = P_x \cdot e^{k l_x + \mu \cdot \alpha}$$

$e$  = base de log neperianos

$l_x$  = longitud del tendón, contada desde el extremo del gato, hasta el punto  $x$ .

donde:  $\alpha$  = cambio angular desde el extremo del gato hasta el punto  $x$  (en radianes)

$k$  = coef. de fricción por curvatura  $\left( \frac{\text{lb}}{\text{lb} - \text{pie} / \text{pie}} \right)$

$\mu$  = coef. de fricción por curvatura

Si se acepta la aproximación de que, la presión normal en el ducto, que es la que produce la fricción, resulta de la tensión inicial no disminuida alrededor de

toda la curva, se obtiene la expresión simplificada:

$$P_o = P_x \cdot (1 + k l_x + \mu \cdot \alpha)$$

donde:  $\alpha$ , es el ángulo entre las tangentes en los extremos. El ACI acepta la aplicación de la fórmula simplificada si se cumple que:

$$(k l_x + \mu \cdot \alpha) < 0.3$$

Se adjunta la tabla N° 19.3 Coeficientes de Fricción para cables postensados.

## 2.5 FLUJO PLÁSTICO DEL CONCRETO

El acortamiento del concreto bajo carga sostenida, se puede obtener por la aplicación de la fórmula:

$$\Delta f_s \text{ flujo plastico} = C_c n f_c$$

donde:  $C_c$  = coeficiente de flujo plástico

$n$  = relación de módulos de elasticidad

$f_c = f_{cci}$  al nivel del centroide del torón, cuando actúa la fuerza de preesfuerzo inicial (excéntrica) más todas las cargas sostenidas.

## 2.6 RETRACCIÓN DE FRAGUADO DEL CONCRETO

Se utiliza la fórmula:

$$\Delta f_s \text{ retracción} = \epsilon_{sh} E_s$$

donde:  $\epsilon_{sh}$ , es la deformación por retracción de fraguado. Puede variar de 0.0004 – 0.0008.

Cuando no se dispone de datos se puede asumir el valor de 0.0006.

## 2.7 RELAJAMIENTO DEL ACERO

Se utilizan tendones de baja relajación 270 klb/ pulg<sup>2</sup>, que según los fabricantes tiene 2 % del preesfuerzo final.

## 2.8 DETERMINACIÓN DE LAS ARMADURAS

$P_i = 484$  toneladas

El esfuerzo permisible es:

$$f_s = 0.7 f_s' = 13986 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{484000}{13986}$$

$$A_s = 34.61 \text{ cm}^2$$

El tendón de 12 hilos  $\varnothing$  7mm tiene un área de 11.84 cm<sup>2</sup>

$$\text{N}^\circ \text{ Tendones} = \frac{34.61}{11.84} = 2.93$$

Por medida de seguridad, se tomarán 4 Tendones.

**TABLA 19.4**

### COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA TENDONES POSTENSADOS

TIPO DE TENDÓN	Coefficiente por desviación k por pie	Coefficiente por curvatura
<b>Tendones inyectados en conducto metálico.</b>		
Tendón de alambre	0.0010 – 0.0015	0.15 – 0.25
Barras de alta resistencia	0.0001 – 0.0006	0.08 – 0.10
Torones de 7 hilos	0.0005 – 0.0020	0.15 – 0.25
<b>Tendones no adheridos</b>		
Tendones de alambre cubiertos con masilla	0.0010 – 0.0020	0.05 – 0.15
Torones de 7 hilos cubiertos con masilla	0.0010 – 0.0020	0.05 – 0.15
Tendones preengrasados, de alambre	0.0003 – 0.0020	0.05 – 0.15
Torones preengrasados de 7 hilos	0.0003 – 0.0020	0.05 – 0.15

## **CAPITULO III**

### **PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUBESTRUCTURA**

#### **3.1 GEOLOGÍA LOCAL Y ESTRATIGRAFÍA DE SUELOS**

Se deberá efectuar un reconocimiento a las márgenes del río en torno a la ubicación del puente, con la finalidad de recabar la información siguiente:

En las zonas de emplazamiento de los estribos se determinará la calidad de los estratos subyacentes y en todo caso se practicarán pozos o perforaciones para conocer la calidad de los estratos rocosos, sus espesores y su estado frente al fenómeno del intemperismo.

En época de estiaje, es probable que se puedan localizar los depósitos de agregados finos y gruesos que el río haya podido acarrear en sus avenidas ello permitiría seleccionar los agregados (gravas y arenas) cubicarlos y calcular las distancias de transporte de cantera a obra, así como también las posibles trochas de acceso a los depósitos.

Es en buena práctica hacer un reconocimiento de las riberas del río, en época de estiaje para determinar las formas y espesores de los estratos tanto aguas arriba como aguas debajo de la ubicación del Puente.

Del reconocimiento de ambas márgenes del río, en torno a la ubicación del

puede, se han obtenido los siguientes resultados:

\* Es probable que en épocas geológicas anteriores el río haya sido torrentoso y de fuerte caudal, y que con el transcurso del tiempo haya ido socavando su cauce central hasta constituir una especie de garganta estrecha, a lo largo de unos 50 mt. de sus riberas para luego ensanchar su cauce en forma progresiva. Esta hipótesis está confirmada por los depósitos de conglomerados no cementados que se encuentran localizados a unos 80 mt. aguas arriba de la ubicación del puente en estudio y asimismo por los depósitos de conglomerados que se ubican a unos 200 mt. aguas debajo de la ubicación del puente.

\* En las zonas del emplazamiento de los estribos, se han encontrado una capa superficial de material terreo-arenoso de un espesor promedio de unos 0.70 mt, en la margen izquierda y de 1.20 mt. de espesor promedio en la margen derecha subyacentes a estos estratos, se encuentran estratos de roca granítica no alterada por el intemperismo y que constituyen materiales ideales para la cimentación de estructuras pesadas como son los puentes.

Recorriendo las riberas en época de estiaje, donde las aguas son mínimas, se ha podido constatar que los estratos rocosos presentan espesores bastante significativos lo cual significa economía al no requerir cimentaciones profundas.

\* Dada la similitud de los estratos encontrados en ambas márgenes es probable que en un inicio hayan constituido estratos rocosos continuos que con el correr de los siglos hayan sido separados debido al torrente del río.

### **3.1.1 ESTRATIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

Con la finalidad de obtener los perfiles estratigráficos de los suelos en la zona de emplazamiento de los estribos, se han practicado excavaciones del manto superficial antes mencionado y cuyos espesores variaban entre 0.70 m y 1.20 m. Seguidamente se han efectuado perforaciones de los estratos rocosos utilizando barrenos especiales tubulares, que permiten la introducción del material rocoso en los tubos, conforme el taladro va atravesando los diversos estratos. El material extraído de los taladros será remitido al laboratorio de Mecánica de rocas, para su debida identificación, características, propiedades, dureza, capacidad portante y espesor de los estratos.

### **3.1.2 GEODINÁMICA E HIDRODINÁMICA**

La ubicación del puente se hará en la parte estrecha del río, buscando que sea rectilínea y resulta muy adecuado porque en esa zona el río se estrecha hasta unos 40 mt. y su trayectoria es recta. Según la batimetría practicada a la sección transversal se ha comprobado que la acción erosiva del río se concentra en la parte central del cauce y con menor ímpetu en la erosión lateral.

En términos generales la configuración del cauce presenta una primera zona ancha del cauce, aguas arriba de la ubicación del puente, luego viene una estrechez del cauce en un tramo sensiblemente rectilíneo corto de unos 20 mt. de largo y finalmente se presenta una zona de nuevo ensanchamiento de cauce definido.



### 3.1.3 CANTERAS, FUENTES DE AGUA, DISTANCIAS DE TRANSPORTE

Por referencias, se sabe que el río es caudaloso en épocas de máximas avenidas, durante los cuales acarrea bolonería, cantos rodados de diversas dimensiones, además de arenas y otras sustancias en suspensión.

A medida que va pasando la época de avenidas el caudal de las aguas va disminuyendo progresivamente, de tal manera que al llegar al estiaje va quedando al descubierto, depósitos de agregados de diversas dimensiones, tanto aguas arriba como aguas abajo de la ubicación del puente. En nuestro caso, a unos 80 mt aproximadamente aguas arriba y a unos 200 mt aguas abajo, de la ubicación ya mencionada, se tiene abundantes depósitos de agregados con la retroexcavadora se acumulará el material, del cual se seleccionará las rocas duras de formas adecuadas las cuales a su vez serán clasificadas mediante el zarandeo y el lavado correspondiente. Es conveniente construir en el sitio, pozas de sedimentación que permitan decantar limos, arcillas y otras partículas que se hallan en suspensión.

Con respecto a la Dotación de agua para la mezcla de concreto, se analizó la proveniente del río Maranura y la de la población proveniente de manantiales, encontrando apropiadas ambas muestras. En tal sentido, se captará el agua del río en depósitos construidos para tal fin de albañilería (pozas), de esta manera no se afectará la dotación para el consumo humano.

En los trabajos preliminares, se ha considerado la construcción de una

trocha carrozable de la cantera a la obra.

### 3.1.4 INFORME DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS

Los bolones existentes pertenecen a rocas muy duras, las cuales han sido acarreadas desde lugares muy lejanos, razón por la cual sus aristas se encuentran redondeadas a causa de los frecuentes impactos con otros elementos. Dada su dureza y dimensiones, son materiales apropiadas para mezclas de concreto ciclópeo con 30 % de piedras grandes, que se utilizarán en los estribos.

\* De igual modo las gravas, confitillos y arenas pueden ser zarandeadas y lavadas in situ, para las mezclas del concreto.

\* En cuanto a las rocas , ellas son graníticas con estrías lo cual indica que son muy duras, no afectadas por intemperismo y de una capacidad portante de 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

\*El material acarreado por el río (depósitos fluviales) está constituido por conglomerados no cementados, según la clasificación que a continuación se expone:

<u>Tipo de Material</u>	<u>%</u>	<u>Diámetro Promedio</u>
Bolones grandes	50	0.50 – 0.30 mt.
Piedras medianas	30	0.25 – 0.10 mt.
Cantos rodados, gravas y confitillos	10	0.09 – 0.01 mt.
Arenas y limos	10	0.0002 – 0.0001 mt.

Todos estos materiales son de buena calidad y serán utilizados en la construcción del puente y en época de estiaje (época propicia para la construcción del puente) es factible su extracción y acarreo a través del

cauce sin dificultad alguna.

## **3.2 ACCESOS AL PUENTE Y REPLANTEOS**

### **3.2.1 ACCESOS**

En las zonas de ambos accesos se procederá a efectuar los siguientes trabajos:

- Limpieza de malezas existentes.
- Eliminación de derrumbes sobre la plataforma.

Ejecución de rellenos hasta alcanzar los niveles precisos de las "entregas" de las cajuelas en los estribos.

### **3.2.2 REPLANTEOS**

Se ejecutará el replanteo y estacado del eje de la carretera, ubicando con precisión los centros de apoyo de la luz del puente de acuerdo a los planos del Proyecto, seguidamente se prepara una plataforma donde se trazará la base adecuada para que sirva de apoyo a la triangulación que servirá para determinar la luz de puente mediante cálculos trigonométricos. La luz así obtenida deberá ser confrontada con la obtenida por medición directa con cinta metálica y dinamómetros.

Los puntos extremos de la luz serán referidos a estacas "claves" que se ubicarán en sitios alejados de las zonas de excavaciones y servirán para replantear en cualquier estado de la construcción de los estribos, los centros de apoyo.

Asimismo estarán correlacionados con los BM, para el debido control altimétrico los diversos elementos del puente.

### **3.3 ESTRIBOS**

#### **3.3.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

##### **a) Excavaciones**

Comprenderá la remoción de la capa superficial de material terreo-arenoso, hasta llegar a los estratos rocosos subyacentes.

Para las excavaciones en roca fija, se hará un trazo de taladros de tal manera que al eliminar la roca triturada, el fondo de la cimentación se encuentre a unos 0.30 m ó menos de la superficie, luego se procederá a trazar taladros cortos denominados "cachorros", cuya finalidad será alcanzar el fondo de la cimentación del estribo sin sobrepasarse de esa cota. También se procederá al rebaje de los salientes de las rocas; pero de ninguna manera se aceptará rellenos de hondonadas que pudieron presentarse. Pero en el caso de presentarse las partes bajas se rellenarán con mezcla rica de concreto.

##### **b) Rellenos**

Habrá necesidad de rellenar los sitios excavados que no han sido ocupados por las cimentaciones y en las elevaciones posteriores de los parapetos.

Los rellenos serán debidamente compactados por capas de 0.30 m de espesor, hasta obtener su máxima densidad.

##### **c) Pañeteos de las Partes del Estribo Confinados por las partes rocosas**

Como la mayor parte del cuerpo de los estribos, se encuentra confinada por la roca, será necesario efectuar un pañeteo de las partes de las paredes que presentaran fisuras u oquedades. Este pañeteo se hará con

mezcla rica de cemento y tendrá por objeto evitar las fugas de la lechada de cemento.

### **3.4 ENCOFRADOS**

Los encofrados de las superficies visibles, serán preparados con madera aserrada. Las juntas de unión serán calafateadas de modo tal, que no se produzca fuga de pasta. En las superficies que se encuentran en contacto con el concreto, las juntas se cubrirán con cintas que no permitan la formación de rebabas de la mezcla.

### **3.5 CONCRETO**

#### **3.5.1 TIPO DE CONCRETO**

En razón de la existencia de Canteras de bolones de dimensiones variables y dada la cercanía a las obras se utilizará el concreto ciclópeo con 30 % de bolones grandes. La dosificación de la mezcla se hará en peso a razón de 175 Kg. de cemento por m<sup>3</sup> de mezcla.

#### **3.5.2 MATERIALES**

##### **Cemento**

Se utilizará cemento Pórtland normal (tipo I), fresco y en perfecto estado de conservación. El cemento será apilado apropiadamente; en depósitos que lo protejan de la humedad.

##### **Agua**

El agua a emplearse en la mezcla, deberá ser clara, limpia, exenta de aceites, ácidos, álcalis ó materia orgánica. No deberá ser salubre.

Al tomar las muestras para el análisis se tendrá cuidado de que sean

representativas y además que los envases estén limpios.

### **Agregados**

#### *a) Agregado Fino*

Estará constituido por arena natural, limpia libre de impurezas, sales y sustancias orgánicas.

La cantidad de sustancias dañinas, no excederán los límites indicados en la siguiente tabla:

Sustancias	% En Peso
Arcillas ó terrones de arcilla	1
Carbón y lignito	1
Materiales que pasan la malla N° 200	3

Las arenas serán de granulometría uniforme debiendo estar comprendidas entre los límites de la siguiente tabla:

<u>Malla</u>	<u>% Que Pasa en Peso</u>
N° 4	95 - 100
N° 16	50 - 8
N° 50	10 - 30
N° 100	2 - 10

El módulo de fineza de las arenas se determinará sumando los porcentajes acumulativos en peso, de los materiales retenidos en cada uno de los tamices U.S. Standard N° 4, 8, 16, 30, 50, y 100 y la suma dividida por 100.

#### *b) Agregado Grueso*

Estará constituido por la grava y cantos rodados procedentes de los

depósitos fluviales. Estos agregados deberán ser duros, con una resistencia última mayor que la del concreto empleado. También deberán ser químicamente estables, durables y exentos de sustancias orgánicas adheridas a su superficie.

Las cantidades de sustancias nocivas, no excederán de los límites indicados en la siguiente tabla:

Sustancia	% En Peso
Fragmentos blandos	5
Carbón y lignitos	1
Arcilla y terrones de arcilla	0.25
Material que pasa la malla N° 200	1

El agregado ciclópeo, estará conformado por piedras grandes, duras, estables y durables, con una resistencia última mayor que el doble de la exigida para el concreto empleado.

Las piedras empleadas deben tener superficies libres de cualquier sustancia extraña adherida.

### **3.6 MEZCLADO**

El mezclado se hará exclusivamente con máquina. Todo el concreto de una tanda debe ser extraído del tambor, antes de introducir la siguiente tanda. Los materiales componentes de una tanda, serán introducidos en el tambor, en el orden que a continuación se indica:

1°.- El 10 % del volumen de agua.

2°.- Grava, cemento y arena.

3°.- El resto del agua.

### **3.7 VACIADO**

Primeramente se hará un vaciado de la mezcla hasta obtener un espesor de 0.15 m sobre el fondo de la cimentación. Seguidamente, se procederá al colocado de una capa de bolones separados para luego cubrirla con otra capa de mezcla y así sucesivamente, se procederá hasta culminar con todos los cuerpos de los estribos; quedando por vaciar los parapetos a fin de facilitar el vaciado de las vigas. En todo momento la mezcla será sometida al vibrado y asimismo no se permitirá contacto entre los bolones.

### **3.8 CURADO**

Toda superficie de concreto será conservada húmeda durante por lo menos 03 días, después de haber sido vaciada.

### **3.9 ACABADOS**

Toda superficie de concreto, será lijada utilizando herramientas adecuadas. Para las superficies visibles el acabado consistirá en un pulido con herramientas alisadoras.

### **3.10 APOYOS ELÁSTICOS DE NEOPRENO**

El Neopreno es un excelente material elástico de alta resistencia a la compresión, de gran durabilidad al ataque de agentes químicos, abrasión y llama y está reglamentado por las normas ASTM D 2240

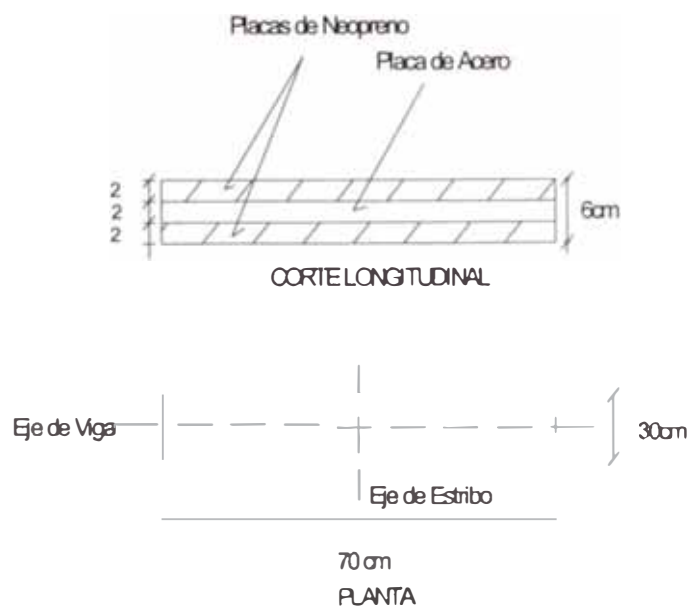


Actualmente es muy utilizado principalmente para el apoyo de las vigas de puentes; también en edificios para amortiguar vibraciones de sismo.

En el diseño de estos apoyos, se controla con eficiencia los esfuerzos de corte, debidos a cargas verticales, horizontales y giros debidos a la estructura al ser transmitidos a la base del apoyo.

El método práctico de su diseño controla de una manera indirecta los esfuerzos antes mencionados y considera 15 % como deformación máxima por compresión y utiliza los ábacos extraídos del "Manual de Hule Moldeado por Extrusión", de la Goodyear Tire And Rubber Co. como ilustración se adjunta los 3 ábacos.

En el caso del puente se ha considerado un factor de seguridad de 1.5 para el espesor de los apoyos, con la finalidad de absorber los esfuerzos horizontales debido a sismo y frenado; y también los esfuerzos debidos a la contracción por fragua, acortamiento plástico del concreto y cambios de temperatura.



## CAPITULO IV

### PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA

#### 4.1 CONSTRUCCIÓN DEL FALSO PUENTE

Con la finalidad de facilitar los trabajos de construcción tanto de la subestructura como de la superestructura del puente, será conveniente construir un falso puente de madera, por las razones siguientes:

- a) Como el puente tiene que construirse en la época de estiaje (entre los meses de Abril a Noviembre) en que las aguas son mínimas y por lo tanto hay facilidad de colocar las bases de los pies derechos que soportan al falso puente.
- b) La zona es ceja de selva y por lo tanto hay la disponibilidad de contar con los materiales necesarios.
- c) Economía.

El falso puente constará de lo siguientes partes:

##### 4.1.1 PIES DERECHOS

Están conformados por troncos de roble nacional de 4" de diámetro por 14 pies de largo en promedio, los cuales estarán cimentados en el cauce del río, mediante dados de concreto de mezcla de  $f_c = 175 \text{ Kg/ cm}^2$ , de dimensiones: 0.50 x 0.30 x 0.50m.

Se necesitarán 140 pies derechos, los cuales serán distribuidos de la manera siguiente:

- En la dirección longitudinal se colocarán 7 hileras de 20 unidades cada una, y a una separación de 2 metros.
- En la dirección transversal, las hileras tendrán una separación de 1.67 metros cada una.

#### **4.1.2 SOLERAS**

Estarán constituidas por vigas de 6" x 6"x 10<sup>l</sup> , en total 89 piezas.

#### **4.1.3 TRAVESAÑOS**

Estarán conformadas por 60 viguetas de 6" x 6"x 10<sup>l</sup>.

#### **4.1.4 ARRIOSTRES LONGITUDINALES**

Estarán constituidos por tablas de 1" x 6"x 12<sup>l</sup> , formando cruces de "San Andrés", en total 600 piezas.

#### **4.1.5 ARRIOSTRES TRANSVERSALES**

Se requieren de 320 tablas de 1" x 6"x 12<sup>l</sup> , en cruces de "San Andrés".

#### **4.1.6 TABLERO**

Estará conformado por tablas de 1 1/2" x 8"x 10<sup>l</sup> en total 570 piezas.

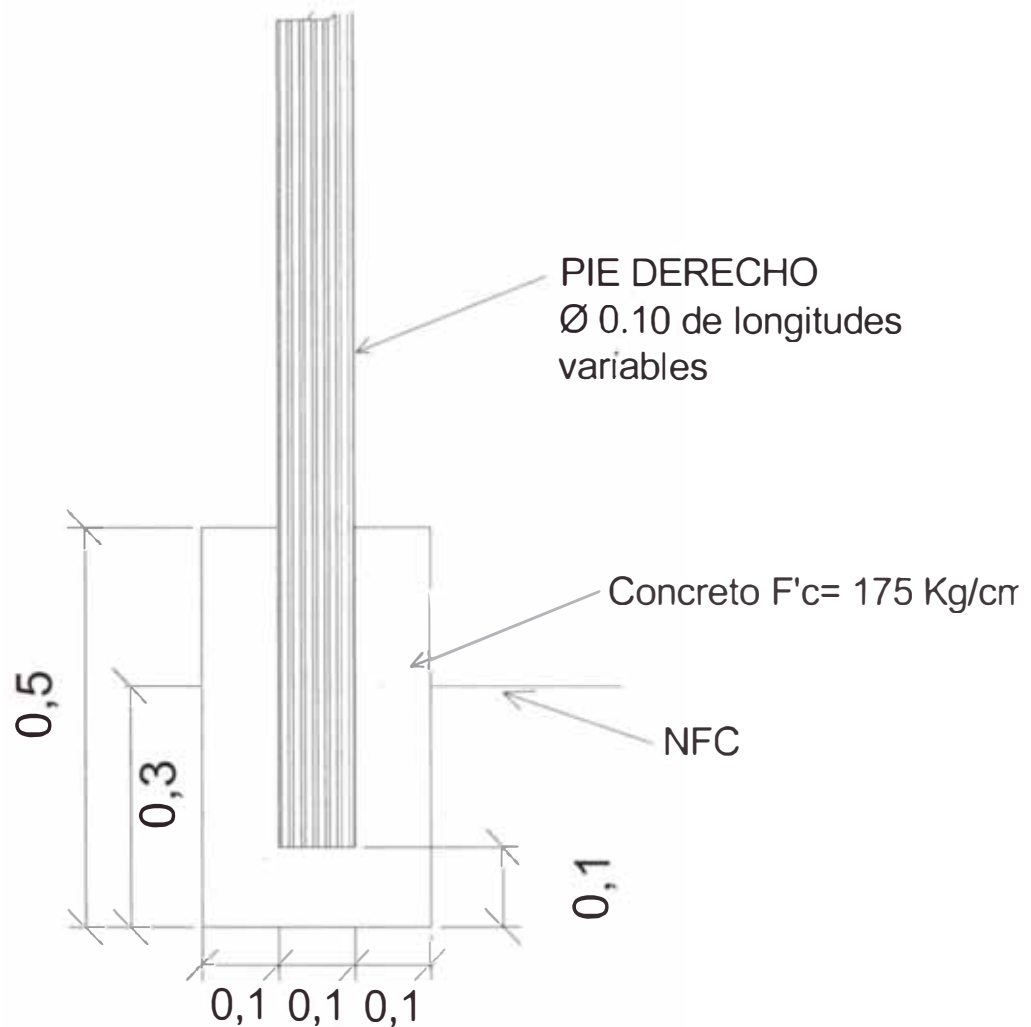
#### **4.1.7 GUIAS LONGITUDINALES**

Se usarán tablones de 2" x 8"x 10<sup>l</sup> , en total 228 piezas.

## **4.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL FALSO PUENTE**

### **(En época de lluvias torrenciales)**

Como la construcción del falso puente, se llevará a efecto en época de estiaje (entre los meses de abril a noviembre), sin embargo para mayor seguridad, los pies derechos serán cimentados mediante unos dados de concreto mezcla  $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y cuyas dimensiones se encuentran en el croquis adjunto.



### 4.3 ENCOFRADOS

Para los encofrados de las Vigas T, se podrá utilizar madera seca aserrada, machihembradas o planchas de madera prensada. La construcción de los encofrados se hará con mucho cuidado, tratando que sean resistentes a las presiones del vaciado de la mezcla, estables y estancos, y además deben prever el fácil desencofrado.

#### **4.4 BLOQUES DE ANCLAJE**

Es recomendable adquirir estos dispositivos especiales que sean patentados, porque su construcción requiere de mezclas muy resistentes y también en la precisión requerida para una adecuada inclinación en los extremos de los tendones.

Las unidades postensoras dentro de sus respectivos ductos, deben dejarse instalados en el encofrado en sus ubicaciones especificadas en el Proyecto y sujetos firmemente a la armadura convencional del elemento.

Los anclajes terminales pueden ser fijos ó móviles, siempre debe haber un anclaje móvil en el extremo del tendón el cual será el extremo de aplicación de los gatos para el tensado. Dado que el equipo de tensado ocupa un espacio importante, es necesario asegurarse que existirá el espacio requerido en el lado del anclaje móvil.

#### **4.5 COLOCADO DE LOS TENDONES**

En primer lugar se pasarán los tendones por los conductos de los bloques de anclaje y se fijan ambos extremos para que formen sus catenarias en forma natural, asegurando el espacio libre para recubrimiento en la Sección Transversal central. Para tener los vértices de las catenarias de los tendones a un mismo nivel respecto al plano de encofrados, se dispondrán de taquitos de mortero de cemento cuyos espesores sean precisamente los requeridos para el recubrimiento mínimo especificado. También es conveniente en la misma sección central colocar un trozo de varilla de acero de  $\varnothing 1/2"$  que atraviese las paredes de los encofrados, al cual se fijarán los tendones con el objeto de

evitar desplazamientos de los tendones durante el vaciado de la mezcla.

#### **4.6 VACIADO DE LAS VIGAS**

Comprenderá las siguientes etapas:

**4.6.1** Estricto chequeo de los encofrados para comprobar que los encofrados no han experimentado ningún desplazamiento durante el colocado de los tendones.

**4.6.2** Verificar que los agregados cumplan con las condiciones de: resistencia, tamaño máximo, limpieza, etc.

**4.6.3** De acuerdo al ACI, la dosificación para el concreto para postensado se hará por peso. El diseño de la mezcla para  $f_c = 350$  Kg/cm<sup>2</sup> consistirá en C:A:P 1 : 1 ½ : 2, con 5 galones de agua por bolsa de cemento. El trabajo se hará con mezcladora y vibrador ciñéndose a las especificaciones del ACI.

De manera práctica se obtendrá bastante aproximación a la dosificación del proyecto cuando se mezclan:

1 Bolsa de cemento Portland.

10 Palas de Agregado fino.

20 palas de Agregado grueso.

6 Galones de Agua.

**4.6.4** El colocado de concreto se deberá efectuar con mucho cuidado y vibrando uniformemente la mezcla.

**4.6.5** Con el objeto de obtener un estricto control de la mezcla, durante todo el proceso del vaciado, se llenarán con mezcla 3 probetas standard (6" x 12") al inicio, al medio y al final del vaciado, las cuales serán

remitidas al Laboratorio de Ensayos de Materiales con el objeto de verificar las resistencias y otras características del concreto.

**4.6.6** El curado del concreto será continuo y por el término de 07 días (mínimo) con el objeto de acelerar los trabajos, se necesitarán 02 mezcladoras de 7 pies cúbicos de capacidad, las cuales se instalarán en ambos estribos para atacar el vaciado por ambos lados.

**4.6.7** Al cuarto día del vaciado se podrán desencofrar los laterales, sin tocar en absoluto el encofrado del fondo de las vigas y las alas de las T.

## **4.7 TENSADO DE LOS TENDONES**

Transcurridos 9 días del vaciado de las vigas, se deberá proceder al tensado de los tendones. Esta operación comprenderá las siguientes fases:

**4.7.1** Se cebarán los gatos y se aplicará una presión inicial de 50 Kg/cm<sup>2</sup>.

**4.7.2** Se practicará una marca de referencia en los alambres con el objeto de medir los desplazamientos.

**4.7.3** Luego se procederá al tensado de los tendones hasta los 50 Kg/cm<sup>2</sup>, presión con la cual solo se vencerán los rozamientos internos y a la vez servirá de constante de corrección.

**4.7.4** Se deberá requintar las chavetas.

**4.7.5** Se continuará con el tensado de los tendones manteniendo un estricto orden ya que como en el presente caso, cada viga contiene 4 tendones y cabe la posibilidad de la rotura de algún ducto, lo cual aprisionarían a los tendones no tensados, impidiendo sus posteriores estiramientos.

**4.7.6** En el procedimiento del tensado, debe verificarse la compatibilidad

entre la fuerza del tensado ( medida por medio del manómetro del gato) y el estiramiento de los alambres. El proveedor de los tendones, deberá efectuar el cálculo previo y el estiramiento, teniendo en cuenta la fricción entre el tendón y el ducto y también los quiebres y curvas de los tendones.

**4.7.7** Se continuará con el tensado, aumentando la presión hasta los 100 Kg/cm<sup>2</sup>, a partir de la cual se continuará con incrementos de 50 Kg/cm<sup>2</sup> y de 10 Kg/cm<sup>2</sup> hasta obtener la presión prevista.

**4.7.8** El resultado final del tensado podrá tener tolerancias del orden de + 5 % con referencia a los valores teóricos calculados.

**4.7.9** Para cada tendón se deberá llenar el registro que se adjunta al presente.

#### RELACIÓN DE EQUIPOS

De Postensado	{	2 Gatos
		2 Bombas
		1 Máquina de hacer vainas
		1 Winche
De Inyección	{	1 Bomba con manómetro
		1 Balde mezclador conectado
		1 Manguera prevista de su lanza y conectora de la bomba con el cono macho
		1 compresora
De Vaciado	{	2 Mezcladoras de 7 pie <sup>3</sup>
		2 Vibradores potentes



**REGISTRO DEL TENSADO DE TENDONES**

PUENTE

FECHA

TENDÓN

ALARGAMIENTO PREVISTO

ELEMENTO N°

LONGITUD TENDIDA

PRESIÓN PREVISTA

PRESIÓN A NO SOBREPASAR EN NINGÚN CASO 400 Kg/ cm<sup>2</sup>

Presión en Kg/cm <sup>2</sup>	ALARGAMIENTO OBTENIDO (mm)			
	Extremo Izq.	Extremo Der.	TOTAL	CORREGIDO
Luego del Blocaje				

Tendón :

Gato

Bomba

.....  
Ing. Residente

## 4.8 INYECTADO DE LOS TENDONES

El proceso del inyectado de los tendones comprende las operaciones siguientes:

**4.8.1** Se procede al tamizado cuidadoso del cemento, a fin de eliminar lo fraguado.

**4.8.2** Se seleccionará arena fina y limpia.

**4.8.3** Se efectuará una emulsión de agua con resina VINSOL, en proporciones iguales, obteniéndose una emulsión de color Pardo.

**4.8.4** Se prepara un mortero de cemento con la dosificación siguiente:

12 Kg .de cemento, utilizando la lata concretera.

3 Kg. de arena fina y limpia.

8 lts. de agua, equivalente a 12cms. de altura en la lata concretera.

10 cc. de emulsión.

**4.8.5** Se inyectará aire a presión.

**4.8.6** Se inyectará agua a presión, para eliminar los óxidos que se hubieran formado en los tendones.

**4.8.7** Utilizando el aparato inyector, se aplicará la pasta a una presión de unos  $5 \text{ Kg/ cm}^2$  a través del agujero del cono macho, hasta que salga por el cono del otro extremo, luego se colocará un tapón de madera y se aplicará la misma presión durante unos 2 minutos con lo cual habrá concluido el inyectado de los tendones.

## 4.9 SELLADO DE LOS TENDONES

Los chicotes de los alambres, serán recortados dejando solo unos 8 cms. los cuales se doblarán sobre la caja en forma de roseta y enseguida se procederá al sellado de la caja con mortero de cemento.

## CAPITULO V

### PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA

#### 5.1 LA LOSA

De acuerdo al diseño de la sección transversal del puente, la losa de 0.18 mt. de espesor, estará conformada por la yuxtaposición de las alas, de las 4 vigas T, que constituyen la estructura. Para tal efecto en las Especificaciones Técnicas del Proyecto se determina que durante la preparación de los encofrados, se deje a través de las alas un mandril consistente en un toroide de caucho especial, de tal manera que después del vaciado de las vigas, se extrajera el mandril, con lo cual quedaría un conducto vacío a través de las alas; por lo cual se pasaría el cable requerido para efectuar el postensado transversal de las alas y de las 4 vigas.

La losa como parte integrante de la viga T ha sido construido con concreto de alta resistencia ( $350 \text{ Kg/ cm}^2$ ) y por lo tanto se encuentra sometido a un preesfuerzo longitudinal con lo cual queda ampliamente garantizada su resistencia tanto a la flexión como a la fuerza cortante; lo cual se completará más aún con el postensado transversal que se le aplicará para mantener unidas las alas.

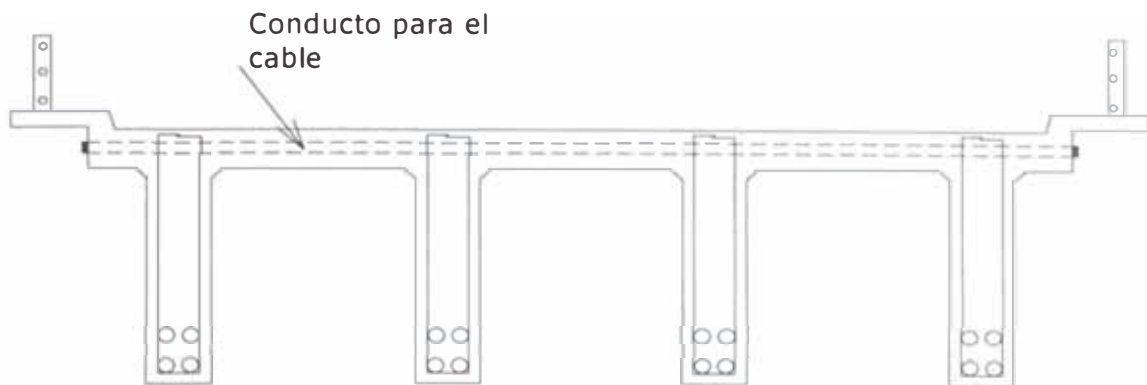


Fig. 4.1 Esquema de la localización del conducto para el cable

## 5.2 PREESFUERZO TRANSVERSAL

Este preesfuerzo transversal, cumple con las condiciones siguientes:

- Contrarresta la acción de contracción de fraguado y temperatura.
- Mantiene fuertemente unidas las alas de las vigas, haciéndolas trabajar como una losa monolítica.
- Favorece la repartición lateral de las cargas, supliendo a las armaduras de repartición y temperatura.

En base a numerosos proyectos ejecutados con éxito, el ACI recomienda para las obras de Postensado, un grado de preesfuerzo del orden de  $7 \text{ Kg/cm}^2$  aplicado sobre toda el área. Como referencia indica que para postensar una losa de 15 cm. de espesor hasta obtener el grado de preesfuerzo de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ , mediante cables de acero de 270 K, con conos de 12.5 cms. se requiere un espaciamiento de 100 cms.

Tomando como base esta referencia en nuestro caso se tendrá:

$$15 \text{ cm. de espesor } 7 \text{ Kg/ cm}^2 \quad S= 100 \text{ cm}$$

$$18 \text{ cm. de espesor } 7 \text{ Kg/ cm}^2 \quad S =$$

de donde:

$$S = \frac{18 \times 100}{15}$$

$$S = 120 \text{ cm.}$$

El ACI limita el espaciamiento de los cables hasta  $S = 180 \text{ cm}$ , por lo tanto es conforme.

### 5.3 BARANDAS

Las barandas estarán conformadas por tuberías de fierro galvanizado de  $\varnothing 4"$  empotrada en la losa, tiene 3 hileras de largueros y postes separados a 1.20 m.

En la fig. N° 4.3 se detalla el esquema de la baranda.

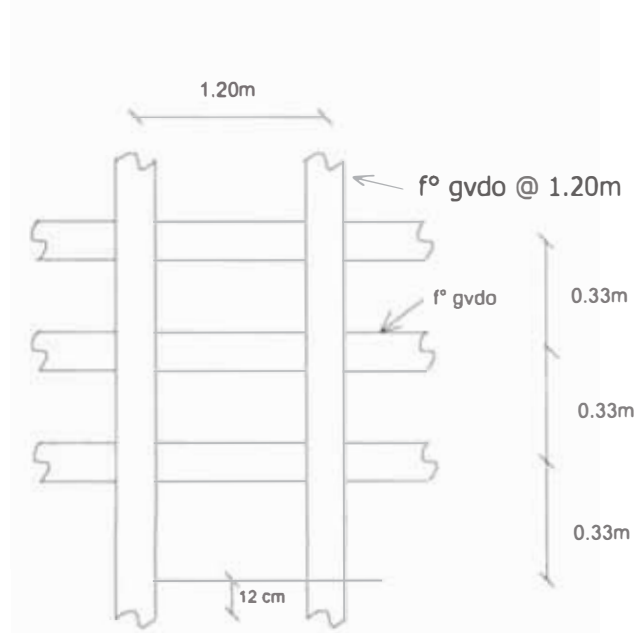


Fig. 4.3 Esquema de la baranda

Todos los elementos de las barandas (pasamanos y barandas serán soldados)

### 5.4 VIGA SARDINEL

Está conformada por el sardinel de seguridad y mantiene en voladizo a la vereda. El detalle de sus dimensiones y armaduras se muestran en el plano N° 1-3

### **5.5 VEREDAS**

Se construirán de concreto armado de 0.15 mt. de espesor. En el plano N° 1-3, se detallan las dimensiones y armaduras.

### **5.6 ASFALTO**

Sobre la losa se colocará una carpeta asfáltica de 2" de espesor en la sección central y de allí se tomarán pendientes del 1% hacia los sardineles.

### **5.7 TUBERÍA DE DESAGUE**

En las bases de los sardineles se colocarán tubos de PVC de Ø 2" cada 4.0 mt de separación que tendrán por finalidad la evacuación de las aguas que cayeran sobre el asfaltado.

## **CAPITULO VI:**

### **ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO Y ESTUDIO COMPARATIVO DEL PRESUPUESTO**

#### **6.1 PRODUCTIVIDAD (RENDIMIENTOS)**

Los rendimientos de todas las operaciones a realizarse son reales y están basadas en los Análisis de costos unitarios, de cada una de tales operaciones.

En dichos análisis, se especifica la estructura y el rendimiento de la cuadrilla básica, además se especifican los insumos de hora - hombre y hombre - máquina, para el rubro de mano de obra y equipo y también los insumos de materiales ( bolsas/m<sup>3</sup> ; pies cuadrados de madera/ ml).

#### **6.1.1 MEMORIA DEL ESTUDIO DE COSTOS**

##### **INTRODUCCIÓN**

El proyecto para la construcción del Puente Postensado de 38 m de luz, ha sido elaborado para ser ejecutado bajo la modalidad de Ejecución Presupuestaria Indirecta; el presupuesto de obra está basado en criterios técnicos específicos los cuales fueron elegidos para calcular el costo total de la obra, el cual está en función del análisis del costo de la mano de obra, precio de flete por transporte de equipo y materiales, el precio de los materiales a ser usados, el alquiler del equipo y maquinaria necesaria para llevar a cabo esta

construcción, el cálculo de los metrados correspondientes a las actividades que formarán parte del proceso constructivo, la confección de los análisis de Costos Unitarios que evaluarán el costo de cada actividad, la formulación de los Gastos Generales o Costo Indirecto de la Obra y las Especificaciones Técnicas del Proyecto, que definen los parámetros del proceso constructivo de la obra y de los materiales a ser usados en ella.

### **6.1.2 CONCEPTOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO DE COSTOS**

#### **JORNALES**

Los costos de la mano de obra que intervienen en el presente presupuesto, son los vigentes en la actividad privada

#### **MATERIALES**

Los costos de los materiales que serán utilizados en cada una de las partidas han sido determinados teniendo en cuenta los gastos que requieren hacerse para ser colocados a pie de obra, por ello; el costo ex –fábrica sin incluir el impuesto General de las Ventas (IGV-19%) de los mismos han sido afectados de los siguientes costos adicionales:

Costo de transporte (flete) de los materiales desde su lugar de fabricación o expendio hasta los almacenes de Obra. Para ello se ha considerado como ubicación de los almacenes el centro de gravedad de la obra. Para los materiales derivados del petróleo se le ha considerado flete muerto.

- Los costos unitarios base de cada uno de los materiales que intervienen en las partidas, han sido obtenidos de los fabricantes o los principales



distribuidores tanto en Lima como en otras localidades. Los costos de los materiales están vigentes a diciembre del 2004.

- Los precios que se tienen han sido tomados de la siguiente fuente, revista Costos, y otros de cotizaciones realizadas para el proyecto.

## **EQUIPOS**

La base de referencia son las últimas Tarifas de Servicio Público de Transporte de Carga, actualizadas a diciembre del 2004.

### **Disponibilidad de Equipo**

En cuanto a la disponibilidad de equipo de postensado es factible alquilar el equipo en empresas especializadas como la PRETENSADO VSL DEL PERU S.A

El equipo requerido es:

02 Gatas freyssinet

02 Bombas

01 Máquina de hacer ductos

- 01 Máquina de hacer tendones

## **PRECIOS UNITARIOS**

Los análisis de precios unitarios están elaborados en función del requerimiento real de la obra, conforme a lo estipulado para la ejecución de obras viales, como corresponde al cálculo real del costo directo. En general, los requerimientos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas, están basados de acuerdo a los rendimientos según la actividad y zona de ubicación.

Es necesario recordar que estos precios unitarios se calculan con costos de insumos en los cuales no se ha incluido el impuesto general a las ventas.

## **METRADOS**

Los metrados del expediente técnico corresponden a los obtenidos según la memoria de cálculo del estudio definitivo; se adjunta la justificación de metrados del proyecto, los cuales están desarrollados en función de los planos de diseño.

## **PRESUPUESTO**

El presupuesto de Obra para la **“CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE POSTENSADO DE 38 m DE LUZ”**, bajo la modalidad de ejecución Presupuestaria Indirecta, asciende a S/. 1,427,754.15 (**UN MILLÓN CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTICUATRO Y 15/100 Nuevos Soles**). Este precio incluye los Gastos Generales (**37.84%**) e impuestos que se pagaran por la obligación que se genere el ejecutar la obra.

## **APLICACIÓN DE PRECIOS**

**Los precios de los materiales y costo de mano de obra** han sido calculados al mes de diciembre del 2004, tomando como referencia la Revista Costos y algunas cotizaciones realizadas para el proyecto. **El precio de los equipos** en general se ha obtenido del cuadro de Costo horario de Maquinaria elaborado por la oficina de Equipo Mecánico, actualizado a diciembre del 2004, y corresponden a los precios de operación y posesión referenciales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

## **PLAZO DE EJECUCIÓN**

Se ha elaborado el Cronograma de Ejecución de Obra, considerándose un Plazo de Ejecución de Obra de 3.5 meses (105 días calendarios).

## **COSTOS INDIRECTOS**

Son aquellos costos que no tienen relación directa con la ejecución de la obra sino por el contrario, convienen en actividades que en forma indirecta ayudan al correcto desarrollo de un proyecto. Estos costos pueden clasificarse en dos rubros: Gastos Fijos y Gastos Variables.

Los Gastos Fijos son aquellos que necesariamente deben estar presentes como gasto en un proyecto, como por ejemplo el construcción de campamento, alquiler de la vivienda del personal profesional-técnico de la obra, el mantenimiento de estas instalaciones, los gastos legales y administrativos para hacer de conocimiento público la obra a ser ejecutada, etc.

Los Gastos Variables corresponden a aquellos conceptos que por su actividad no necesariamente van a ser participes en el desarrollo de la obra. Un ejemplo de ello es el alquiler de equipos menores, contratación de terceros para la realización de actividades específicas, compra de material de oficina, viáticos de viaje para el personal administrativo y remuneraciones del personal técnico-administrativo.

## **COSTOS DIRECTOS**

Estos gastos recopilan las actividades que forman parte del proceso constructivo lógico de la obra a llevarse a cabo. El costo de estas actividades se ha definido haciendo uso del sistema de Análisis de Precios Unitarios, los cuales describen la actividad desde el interior de la misma, considerando dentro de su estructura los materiales a ser usados, la mano de obra y el equipo que interviene en su desarrollo, todo esto relacionado a la variable Rendimiento, que describe la cantidad de unidades base de avance por día. La unidad base es la unidad de medida en la que dicha actividad puede ser cuantificada, como por ejemplo los unidades de medida lineales (metros lineales y kilómetros, ml, y km), unidades de medida de área (metro cuadrado,  $m^2$ ), unidades de medida de volumen (metros cúbicos,  $m^3$ , etc.).

## **PERIODO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

Se recomienda que la construcción del puente se realice en el periodo de durante los meses de estiaje, vale decir entre los meses de abril a noviembre, en los cuales la probabilidad de ocurrencia de una crecida de las aguas del río Maranura sea reducida, sin embargo deberá preverse un plan de contingencia ante dicha eventualidad.

## 6.2 METRADOS

### CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38M. DOBLE VIA Y PARA HS-20

#### METRADOS

Partida	Descripción	Und	Metrado
1,00	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b> Global		
2,00	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b> <b>EXCAVACIONES</b> Material Suelto 2,50 x 12 x 0.70 x 2	M3	42,00
	Roca Dura 3,30 x 10 x 2,10 x (2) + 1 x 1.5 x (4)	M3	159,00
	Transporte de Material de Cantera a Obra	M3	1533,00
2,30	<b>RELLENOS</b> Compactación de Rellenos 1,30 x 10 x 10 x 2	M3	260,00
3,00	<b>FALSO PUENTE (Obra provisional)</b> Excavación bajo agua (0,20 x 0,20 x 0.38) x 160	M3	3,00
	Cimentación de Pies Derechos	M3	3,00
	<b>MADERAMEN</b> a) Madera (Rollizos) Pies Derechos 4" X 14'	Pie2	1600,00
	b) Madera Aserrada Soleras, Travesaños, Arrostramientos Longitudinal y transversal. Tablero y guías	Pie2	15500,00
	Clavos, alambres y pernos	Kg.	60,00
	c) Mano de Obra Cuadrilla: 03 operarios, 03 oficiales y 02 peones Rendimiento: 20 m2/día	M2	380,00

Partida	Descripción	Und	Metrado
4,00	<b>ENCOFRADOS Y DEENCOFRADOS</b>		
	Estribos 8,25 x 4 + 60 x 2	M2	153,00
	Vigas 197,5 x 4	M2	790,00
	Sardineles, Veredas y Diafragmas 1,65 x 38 x (2) + 6 x 8	M2	174,00
5,00	<b>CONCRETO</b>		
	Concreto Ciclopeo con 30 % de pedrones ( 12,5 x 10+ 7,5 x 4 ) x 0,7	M3	108,00
	Concreto para Sardineles, Veredas y Diafragmas 0,28 x 38 x (2) + 5,12 x 6	M3	53,00
	Concreto para Vigas T ( concreto de alta resistencia) (0,93 x 38) x 4	M3	142,00
6,00	<b>ACERO</b>		
	Acero para Sardineles, Veredas y Diafragmas :		
	Acero de 1/2"      380 Kg		
	Acero de 3/8"      271 Kg	Kg	651,00
	Acero 270 K :		
	* Tendones conformados por 12 Torones de hilos de 7 mm de diámetro	Mt	639,00
	* Cables conformados por 8 hilos de 5mm de diámetro	Mt	321,00
7,00	<b>BLOQUES DE ANCLAJE</b>		
	Bloques de Anclaje prefabricados y colocado de Tendones :		
	* Bloques de Anclaje	Und	8,00
	* Colocado de tendones	Und	16,00
	* Tensado de tendones	Und	16,00

Partida	Descripción	Und	Metrado
8,00	<b>INYECTADO Y SELLADO DE TENDONES Y CABLES</b>		
	* De Tendones ( Postensado longitudinal)	Und	16,00
	* De Cables ( Postensado transversal)	Und	33,00
9,00	<b>APOYOS ELÁSTICOS DE NEOPRENO</b>		
	* Apoyos fijos conformados por 2 placas de Neopreno y una placa intermedia de acero	Und	4,00
	* Apoyos móviles de similar estructura	Und	4,00
10,00	<b>VARIOS</b> <b>BARANDAS</b>		
	Conformadas por tuberías de fierro galvanizado de 4" de diámetro con uniones soldadas y empotradas en las veredas	Mt	84,00
	<b>CARPETA ASFALTICA</b>		
	Carpeta asfáltica de espesor 2" en el eje del puente	M2	300,00
	<b>DRENAJE</b>		
	Tubería de PVC de 4" de diámetro para drenar las precipitaciones pluviales	Mt	25,00

## **6.4 PRESUPUESTO POR PARTIDAS**



## PRESUPUESTO

Obra **CONSTRUCCION DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38m. DOBLE VIA Y SOBRECARGA HS 20**

FECHA **31/12/2004**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>02.00.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
02.01.00	ACCESOS, RELLENOS , TRAZOS Y REPLANTEO	GLB	1.00	53,980.00	53,980.00	53,980.00
<b>03.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>03.01.00</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	M3	42.00	20.30	852.60	
03.01.02	EXCAVACION EN ROCA DURA	M3	159.00	73.98	11,782.82	12,615.42
<b>04.00.00</b>	<b>ACARREO DE MATERIAL</b>					
04.01.00	APILAMIENTO DE MATERIAL	M3	1,800.00	6.49	10,384.00	
04.02.00	CARGUIO DE MATERIAL	M3	1,533.00	4.53	6,944.49	
04.03.00	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA A OBRA	M3	1,533.00	3.58	5,468.14	22,816.63
<b>05.00.00</b>	<b>RELLENOS</b>					
05.01.00	COMPACTACION DE MATERIAL	M3	260.00	41.19	10,709.40	10,709.40
<b>06.00.00</b>	<b>FALSO PUENTE</b>					
06.01.00	EXCAVACIONES, MADERAMEN Y MANO DE OBRA	M2	380.00	6.12	3,085.60	3,085.60
<b>07.00.00</b>	<b>ENCOFRADOS</b>					
07.01.00	ENCOFRADO DE ESTRIBOS	M2	153.00	44.04	6,738.12	
07.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	M2	790.00	48.85	38,433.50	
07.03.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES, DIAFRAGMAS Y V	M2	174.00	48.85	8,485.10	53,636.72
<b>08.00.00</b>	<b>CONCRETO</b>					
08.01.00	CONCRETO CICLOPEO FC=175 KG/CM2	M3	108.00	238.15	25,720.20	
08.02.00	CONCRETO PARA SARDINELES VEREDAS Y DIAFRAGMAS f'c=210kg/c	M3	53.00	315.38	16,715.14	
08.03.00	CONCRETO PARA VIGAS T f'c=350 kg/cm2	M3	164.00	423.19	69,403.16	111,836.50
<b>09.00.00</b>	<b>ACERO</b>					
09.01.00	ACERO PARA SARDINELES, VEREDAS, Y DIAFRAGMAS. f'y=4200 kg/cm	KG	651.00	4.51	2,938.01	2,936.01
09.02.00	acero 270 K. para					
09.03.00	TENDONES PARA POSTENSADO PRINCIPAL, HILOS DE 7mm	M	639.00	600.00	383,400.00	
09.04.00	CABLES PARA POSTENSADO TRANSVERSAL, HILOS DE 5mm	M	321.00	552.00	177,192.00	560,592.00
<b>10.00.00</b>	<b>BLOQUES DE ANCLAJE</b>					
10.02.00	Bloques de anclaje prefabricados y colocado de tendones					
10.03.00	BLOQUES DE ANCLAJE	UND	8.00	1,500.00	12,000.00	
10.04.00	COLOCADO DE TENDONES	UND	16.00	560.00	8,960.00	
10.05.00	TENSADO DE LOS TENDONES	UND	16.00	1,891.09	31,857.44	
10.06.00	TENSADO DE CABLES	UND	33.00	220.00	7,260.00	60,077.44
<b>11.00.00</b>	<b>INYECTADO Y SELLADO DE TENDONES Y CABLES</b>					
11.01.00	INYECTADO Y SELLADO DE TENDONES	UND	18.00	875.85	14,010.40	
11.02.00	INYECTADO Y SELLADO DE CABLES	UND	33.00	265.94	9,436.02	23,446.42
<b>12.00.00</b>	<b>APOYOS ELASTICOS</b>					
12.01.00	APOYOS ELASTICOS DE NEOPRENO(COLOCADO)	UND	4.00	920.00	3,680.00	
12.02.00	APOYOS MOVILES	UND	4.00	920.00	3,680.00	7,360.00
<b>13.00.00</b>	<b>VARIOS</b>					
13.01.00	BARANDAS METALICAS	M	84.00	420.81	35,348.04	
13.02.00	CARPETA ASFALTICA DE 2"	M2	300.00	22.24	6,672.00	42,020.04
<b>14.00.00</b>	<b>DRENAJE</b>					
14.01.00	INSTALACION TUBERIA PVC-4"	M	25.00	24.88	617.00	617.00

**COSTO DIRECTO**

**S/. 965,731.18**

SON NOVECIENTOS SESENTICINCO MIL SETECIENTOS TREINTIUNO Y 18/100 NUEVOS SOLES

**PRESUPUESTO**  
**RESUMEN**

<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>S/. 965,731.18</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>37.84%</b>	<b>S/. 365,449.85</b>
<b>UTILIDAD CONTRATISTA</b>	<b>10%</b>	<b>S/. 96,573.12</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>		<b>S/. 1,427,754.15</b>
<b>SON</b>	<b>UN MILLON CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTICUATRO Y 15/100 NUEVOS SOLES</b>	

## **6.5 VALORIZACIONES**

## VALORIZACIÓN N° 01

**OBJETO: CONSTRUCCIÓN DE UN PUNTO POST TENDIDO DE 38m.  
DOBL VIA Y SOBR CARGA H 20**

Código	DESCRIPCIÓN	AVANCE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	%	IMPORTE	
						PARCIAL	TOTAL
03.00.00	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>						
03.01.00	Accesos, rellenos, Trazos y replanteos	GLOBAL			100.00		83000.00
03.00.00	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
03.01.00	<b>EXCAVACIONES</b>						
03.01.01	En material suelto	42.00	m3	20.30	100.00	862.60	
03.01.02	En roca dura	189.00	m3	73.98	100.00	11762.62	12618.42
04.00.00	<b>ACARREO DE MATERIAL</b>						
04.01.00	Apilamiento de material	1600.00	m3	6.49	100.00	10364.00	
04.02.00	Cargado de material	1533.00	m3	4.63	100.00	6944.49	
04.03.00	Transporte de material de cantera a obra	1833.00	m3	3.88	100.00	6466.14	22816.63
05.00.00	<b>RELLENOS</b>						
05.01.00	Compactación de material	260.00	m3	41.19	100.00	10709.40	10709.40
06.00.00	<b>FALSO PUENTE</b>						
06.01.00	Excavaciones, maderamen y mano de obra	380.00	m2	8.12	100.00	3086.60	3086.60
07.00.00	<b>ENCOFRADOS</b>						
07.01.00	Encofrado de estribos	183.00	m2	44.04	100.00	6736.12	
07.02.00	Encofrado y desencofrado normal en vigas	629.00	m2	48.66	67.00	26736.66	32473.97
08.00.00	<b>CONCRETO</b>						
08.01.00	Concreto ciclópico fc=176 kg/cm2	108.00	m3	238.16	100.00	26720.2	26720.20
12.00.00	<b>APOYOS ELÁSTICOS</b>						
12.01.00	Apoyos elásticos de neopreno (colocado)	4.00	Und	920.00	100.00	3680.00	
12.02.00	Apoyos móviles	4.00	Und	920.00	100.00	3680.00	7360.00

<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/. 168,761.22</b>
* GASTOS GENERALES (37.84%)	<b>S/. 63,802.26</b>
* UTILIDAD CONTRATISTA (10%)	<b>S/. 16,676.12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 249,499.590</b>

## VALORIZACIÓN N° 02

Pag 2

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38m.  
DOBLE VIA Y SOBRECARGA HS 20

Código	DESCRIPCIÓN	AVANCE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	%	IMPORTE	
						PARCIAL	TOTAL
07.00.00	<b>ENCOFRADOS</b>						
07.02.00	Encofrado y desencofrado normal en vigas	261.00	m2	48.65	33.00	12697.65	
07.03.00	Encofrado y desencofrado de sardineles veredas y diafragmas	56.00	m2	48.65	32.00	2724.40	15422.05
08.00.00	<b>CONCRETO</b>						
08.02.00	Concreto para sardineles, veredas y diafragmas	16.00	m3	315.38	30.00	5046.08	
08.03.00	Concreto para vigas T : Fc=350 kg/cm2	54.00	m3	423.19	33.00	22852.26	27898.34
09.00.00	<b>ACEROS</b>						
09.01.00	Sardineles, veredas y diafragmas Fy= 4200 Kg/cm2	651.00	Kg	4.51	100.00	2936.01	2936.01
09.02.00	<b>Acero 270 K para:</b>						
09.03.00	* Tendones para postensado principal, hilos de 7mm	639.00	m	600.00	100.00	383400.00	
09.04.00	* Cables para postensado transversal, hilos de 5mm	321.00	m	552.00	100.00	177192.00	560592.00
10.00.00	<b>BLOQUES DE ANCLAJE</b>						
10.02.00	Bloques de anclaje prefabricados y colocado de tendones						
10.03.00	* Bloques de anclaje	8.00	Und	1500.00	100.00	12000.00	
10.04.00	* Colocado de tendones	16.00	Und	560.00	100.00	8960.00	20960.00

<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>SI. 627,808.40</b>
* GASTOS GENERALES(37.84%)	SI. 237,573.86
* UTILIDAD CONTRATISTA (10%)	SI. 62,780.84
<b>TOTAL</b>	<b>SI. 928,163.10</b>

## VALORIZACIÓN N° 03

Pag 3

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38m.  
DOBLE VIA Y SOBRECARGA HS 20

Código	DESCRIPCIÓN	AVANCE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	%	IMPORTE	
						PARCIAL	TOTAL
07.00.00	<b>ENCOFRADOS</b>						
07.03.00	Encofrado y desencofrado de sardineles, veredas y diafragmas	118.00	m2	48.65	68.00	5740.70	5740.70
08.00.00	<b>CONCRETO</b>						
08.02.00	Concreto para sardineles, veredas y diafragmas: F'c= 210 Kg/cm2	37.00	m3	315.38	70.00	11669.06	
08.03.00	Concreto para vigas T : Fc=350 kg/cm2	110.00	m3	423.19	67.00	46550.90	58219.96
10.00.00	<b>BLOQUES DE ANCLAJE</b>						
10.05.00	Tensado de los tendones	16.00	Und	1991.09	100.00	31857.44	
10.06.00	Tensado de los cables	33.00	Und	220.00	100.00	7260.00	39117.44
11.00.00	<b>INYECTADO Y SELLADO DE TENDONES Y CABLES</b>						
11.01.00	* Inyectado y sellado de tendones	16.00	Und	875.65	100.00	14010.40	
11.02.00	* Inyectado y sellado de cables	33.00	Und	285.94	100.00	9436.02	23446.42
13.00.00	<b>VARIOS</b>						
13.01.00	<b>BARANDAS METALICAS</b>						
	Tuberías de F°G° de 4"	84.00	m	420.81	100.00	35348.04	35348.04
13.02.00	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>						
	Carpeta asfáltica de e= 2"	300.00	m2	22.24	100.00	6672.00	6672.00
14.00.00	<b>DRENAJE</b>						
14.01.00	Tubería de PVC de 4" (instalación)	25.00	m	24.68	100.00	617.00	617.00

COSTO DIRECTO                      S/. 169,161.56

\* GASTOS GENERALES(37.84%)                      S/. 64,013.74  
\* UTILIDAD CONTRATISTA (10%)                      S/. 16,916.16

---

**TOTAL                      S/. 250,091.46**

## **6.6 LIQUIDACIÓN DE OBRA**

## LIQUIDACIÓN DE OBRA

Pag 1

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE POSTENSADO DE 38m.  
DOBLE VIA Y SOBRECARGA HS 20

MES	CONCEPTO	ADELANTO	VALORIZACIÓN	AMORTIZACIÓN DE ADELANTO	LIQUIDO A PERCIBIR
0	ADELANTO INICIAL (10%)	142775.42			
1	VALORIZACIÓN N° 01		249499.59	-24949.96	224549.63
2	VALORIZACIÓN N° 02		928163.1	-92816.31	835346.79
3	VALORIZACIÓN N° 03		250091.46	-25009.15	225082.31
	<b>TOTALES</b>	<b>S/. 142775.42</b>	<b>1427754.15</b>	<b>-142775.42</b>	



## **6.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE PRESUPUESTOS:**

**Concreto Postensado Vs Concreto Armado**

## COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS

	PRESUPUESTO CONCRETO ARMADO	PRESUPUESTO CONCRETO POSTENSADO
COSTO DIRECTO	S/. 1,081,174.72	S/. 965,731.18
GASTOS GENERALES	S/. 409,116.51	S/. 365,449.85
UTILIDAD CONTRATISTA	10%	10.00%
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>S/. 1,598,408.70</b>	<b>S/. 1,427,754.15</b>

**PRESUPUESTO**

Obra

**PUENTE DE CONCRETO ARMADO DE 38m DE LUZ**

FECHA

31/12/2004

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>02.00.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
02.01.00	ACCESOS, RELLENOS, TRAZOS Y REPLANTEO	GLB	1.00	53,980.00	53,980.00	53,980.00
<b>03.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>03.01.00</b>	<b>EXCAVACIONES</b>					
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	M3	42.00	20.30	852.60	
03.01.02	EXCAVACION EN ROCA DURA	M3	159.00	73.98	11,762.82	12,615.42
<b>04.00.00</b>	<b>ACARREO DE MATERIAL</b>					
04.01.00	APILAMIENTO DE MATERIAL	M3	1,000.00	8.49	10,384.00	
04.02.00	CARGUIO DE MATERIAL	M3	1,533.00	4.53	6,944.49	
04.03.00	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA A OBRA	M3	1,533.00	3.58	5,488.14	22,818.63
<b>05.00.00</b>	<b>RELLENOS</b>					
05.01.00	COMPACTACION DE MATERIAL	M3	260.00	41.19	10,709.40	10,709.40
<b>06.00.00</b>	<b>FALSO PUENTE</b>					
06.01.00	EXCAVACIONES, MADERAMEN Y MANO DE OBRA	M2	380.00	8.12	3,085.60	3,085.60
<b>07.00.00</b>	<b>ENCOFRADOS</b>					
07.01.00	ENCOFRADO DE ESTRIBOS	M2	153.00	44.04	6,738.12	
07.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	M2	729.00	48.65	35,485.65	
07.03.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES, DIAFRAGMAS Y VEREDAS	M2	421.51	48.65	20,508.48	62,710.43
<b>08.00.00</b>	<b>CONCRETO</b>					
08.01.00	CONCRETO CICLOPEO FC=175 KG/CM2	M3	108.00	167.20	18,057.60	
08.02.00	CONCRETO PARA SARDINELES VEREDAS Y DIAFRAGMAS f'c=210kg/cm2	M3	53.00	274.39	14,542.87	
08.03.00	CONCRETO PARA VIGAS T f'c=450 kg/cm2	M3	186.73	329.03	61,439.77	94,040.04
<b>09.00.00</b>	<b>ACERO</b>					
09.01.00	ACERO ESTRUCTURAL EN ZAPATA DE ESTRIBO	KG	4,863.50	5.78	28,111.03	
09.04.00	ACERO ESTRUCTURAL EN VIGAS	KG	37,980.58	5.78	219,527.75	
09.05.00	ACERO ESTRUCTURAL EN LOSA Y VEREDAS	KG	95,363.25	5.78	551,199.59	
09.06.00	ACERO ESTRUCTURAL EN DIAFRAGMA	KG	1,227.43	5.78	7,094.55	805,932.91
<b>10.00.00</b>	<b>APOYOS ELASTICOS</b>					
10.01.00	APOYOS ELASTICOS DE NEOPRENO(COLOCADO)	UND	4.00	920.00	3,680.00	
10.02.00	APOYOS MOVILES	UND	4.00	920.00	3,680.00	7,360.00
<b>13.00.00</b>	<b>VARIOS</b>					
13.01.00	BARANDAS METALICAS	M	84.00	81.92	6,881.28	
13.02.00	CARPETA ASFALTICA DE 2"	M2	300.00	1.42	426.00	7,307.28
<b>14.00.00</b>	<b>DRENAJE</b>					
14.01.00	INSTALACION TUBERIA PVC-4"	M	25.00	24.68	617.00	617.00
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>S/. 1,081,174.72</b>		

SON UN MILLON OCHENTAUN MIL CIENTO SETENTICUATRO Y 72/100 NUEVOS SOLES  
2

**PRESUPUESTO  
RESUMEN**

COSTO DIRECTO		S/. 1,081,174.72
GASTOS GENERALES	37.84%	S/ 409,116.51
UTILIDAD CONTRATISTA	10%	S/ 108,117.47
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>		<b>S/. 1,598,408.70</b>

SON UN MILLON QUINIENTOS NOVENTIOCHO MIL CUATROCIENTOS OCHO Y 70/100 NUEVOS SOLES

## CAPITULO VII

### PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN

#### 7.1 PLANEAMIENTO GENERAL

Dentro del marco del plan vial del Perú, se vienen construyendo carreteras de diversas categorías desde las carreteras nacionales hasta los caminos locales, los cuales en su mayoría son ejecutadas en colaboración de los pobladores.

En la mayoría de los casos el aporte comunal se realiza en cuanto se refiere a las explanaciones, sin embargo la mayoría de dichos caminos locales quedan inconclusos por falta de Puentes, cuya construcción requiere de mano de obra calificada y asimismo, los costos de los materiales son costosos.

En puentes de luces mayores de 20 mts. El concreto armado resulta con estructuras muy pesadas y costosas. Como es de conocimiento general, el concreto localizado por debajo del eje neutro, constituye un material que no aporta resistencia alguna ante cargas exteriores de consideración, momento en el cual las armaduras convencionales actúan en forma pasiva, supliendo el concreto cuando este falla.

Utilizando el Principio de Pre y postensado sería conveniente la difusión de la

tecnología del concreto Preesforzado; la cual ofrece alternativas de solución tanto técnicas como económicas.

## 7.2 PLANEAMIENTO REGIONAL

El planeamiento regional dentro del marco nacional de planeamiento vial debe tender a la construcción de carreteras de ejes transversales que comprometan las regiones de Costa, Sierra y Selva con la finalidad de obtener un intercambio de productos entre las regiones naturales.

## 7.3 PROGRAMACIÓN C.P.M

En el caso del puente Postensado, la programación más adecuada resulta ser la programación de la ruta crítica, debido a las siguientes razones:

- a).- De los metrados se obtienen con facilidad las cantidades de insumos que son requeridos para las diversas partes que conforman el Puente.
- b).- Asimismo se cuenta con los rendimientos del equipo mecánico y de la mano de obra calificada.

Se ha seguido la siguiente metodología:

### **Planeación.-**

- \* Consiste en enunciar las actividades más significativas.
- \* Hallar la secuencia lógica de ejecución de las actividades.
- \* Elaboración del diagrama de flechas.

### **Cuantificación.-** Comprende:

- \* Selección de duración para cada actividad en base a los metrados y los rendimientos.
- \* Costos y recursos requeridos para cada actividad correspondiente a la duración seleccionada.

**Programación.-** Como se trata de una obra de Ingeniería, en la cual los metrados informan con precisión las cantidades de insumos que intervienen en cada actividad, además se conocen los rendimientos y costos de las actividades, las variables son de naturaleza determinística y no aleatorias como en el PERT, se ha adoptado la Programación CPM la cual está basada en la determinación de tiempos; más próximo y más alejado para cada evento del proceso y también en la determinación de las holguras totales y libres.

Esta programación comprende las partes que a continuación se exponen:

- Diagrama de tiempos.
- Diagrama de recursos para cada actividad.
- Diagrama de Gastos e Ingresos.
- Diagrama de financiación.
- Diagrama de Amortización de las Finanzas.
- Diagrama de Utilidades.

**Control.-** En esta fase se determinan:

- Alteraciones en los tiempos
- Alteraciones en los recursos.

Aplicando las medidas correctivas correspondientes, se obtendrá el Programa modificado.

Se adjunta a la Programación CPM, el diagrama de Flechas, mediante el cual se ha determinado la Ruta Crítica conformado por el conjunto de actividades críticas; es decir aquellas en las cuales las holguras son nulas.

También de dicho diagrama se pueden determinar las holguras totales y libres para cada actividad, las cuales permiten hacer los registros de las duraciones de las actividades.

#### **7.4 PROGRAMACIÓN GANTT**

Asimismo , se ha elaborado el Diagrama de GANTT, el cual es más simple porque solo proporciona las actividades, sus duraciones y las relaciones de interdependencia que existen entre las diversas actividades del Proyecto.

En muchos casos, ésta programación sirve de base consistente para la programación CPM

También se adjunta el gráfico de la programación GANTT

ACTIVIDADES	METRADOS	RENDIMIENTOS	DURACIÓN (días)
Trabajos Preliminares	GLOBAL	-	9
Excavación en material suelto para estribos	42 m <sup>3</sup>	14 m <sup>3</sup> /día	3
Excavación en roca dura para estribos	159 m <sup>3</sup>	50 m <sup>3</sup> /día	3
Transporte de Agregados	1533 m <sup>3</sup>	294 m <sup>3</sup> /día	5
Encofrado de estribos	153 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup> /día	4
Vaciado de Estribos	108 m <sup>3</sup>	25 m <sup>3</sup> /día	4
Rellenos	260 m <sup>3</sup>	50 m <sup>3</sup> /día	5
Falso Puente	380 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup> /día	25
Colocado de placas de neopreno(Apoyos)	8 apoyos	8 apoyos/día	1
Encofrado de Vigas	578 m <sup>2</sup>	96 m <sup>2</sup> /día	6
Bloques de Anclaje	8 bloq.	4 bloques/día	2
Colocado de Tendones	16 tend.	4 tend/día	4
Vaciado de vigas (almas)	95 m <sup>3</sup>	25 m <sup>3</sup> /día	4
Curado			10
Encofrado de diafragmas	118 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup> /día	2
Vaciado de diafragmas	16 m <sup>3</sup>	15 m <sup>3</sup> /día	1
Encofrado de losa	300 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup> /día	6
Vaciado de losa (alas)	69 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup> /día	4
Curado			15
Tensado de tendones	16 tend.	4 tend/día	4
Inyectado y sellado	16 tend.	2 tend/día	10
Tensado transversal	33 cables	8 cables/día	4
Encofrado sardineles y veredas	107 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup> /día	3
Vaciado sardineles y veredas	16 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup> /día	2
Colocado de barandas	84 m	20 m/día	5
Asfaltado y drenaje	300 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup> /día	5

**Nota: Las cuadrillas se encuentran especificadas en las hojas de Análisis unitarios**



## 7.5 COMPARACIÓN DE PLAZOS:

### CONCRETO POSTENSADO VS. CONCRETO ARMADO

La construcción del puente de concreto postensado tiene la gran ventaja de que sus elementos estructurales: vigas T, bloques de anclaje, tendones, placas de apoyo de neopreno y otros, pueden ser prefabricados con anterioridad y una vez fraguado el concreto de alta resistencia, tensado los tendones, inyectado y sellado los ductos, con el auxilio de una grúa, resulta rápido y expeditivo el montaje.

Sin embargo, para fines comparativos, se procederá a la construcción del puente sin el auxilio de la grúa.

#### a) Encofrados

**C. Armado.-** Estructuras robustas y pesadas, requieren de encofrados fuertes y laboriosos por la forma misma del pórtico, demandando una significativa duración.

**Postensado.-** Utilizando el falso puente se procederá a preparar encofrados ligeros, dado que el alma de las vigas T, son de 0.30 mt. y el ala tiene 0.18 mt. El primer vaciado se hará sobre las vigas 1 y 3, de modo que después de 5 días de curado continuo, se hará el desencofrado lateral de las 2 vigas el cual de inmediato se aplicará para las vigas alternadas 2 y 4, sacando buena ventaja sobre el caso de concreto armado.

#### b) Colocado de armaduras

**C. Armado.-** El habilitar y colocar las armaduras +, - , de repartición y temperatura demanda un tiempo significativo.

**Postensado.-** Simultáneamente con los encofrados de las vigas, se colocarán

dentro de ellas los bloques de anclaje y también se colocarán los tendones los cuales adoptarán sus catenarias naturales teniendo como puntos fijos los bloques de anclaje y la excentricidad máxima en la sección central.

A priori se puede saber que el postensado tiene una significativa ventaja en cuanto a duración, puente de concreto armado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A). CONCLUSIONES

1) A pesar de que en Europa, Estados Unidos y otros países desarrollados, se vienen ejecutando obras de concreto preesforzado desde el siglo pasado, sin embargo en el Perú, son muy pocas las obras ejecutadas por esta tecnología.

Entre las principales causales de este fenómeno se encuentra la incipiente difusión y divulgación de las grandes ventajas que ofrece " El Principio del preesfuerzo" sobre el concreto armado convencional, y también sobre las estructuras metálicas.

2) La Siderurgia Nacional no se ha preocupado mucho, por la producción de Aceros de alta resistencia.

Posiblemente ello obedece a la reducida comercialización de aceros de esa calidad.

3) Los técnicos Peruanos especializados en esta técnica no escriben libros o revistas especializadas sobre el concreto Preesforzado.

## **B). RECOMENDACIONES**

1) Es necesario efectuar una difusión y divulgación agresiva sobre las ventajas de carácter técnico y económico que nos ofrece esta tecnología del concreto, donde el Acero (Tendones) constituye una fuerza disponible para que el técnico la gradue y aplique en forma racional y científica.

2) Habrá que implementar Laboratorios especializados en la industria Siderurgica Nacional para que a base de ensayos logren obtener Aceros de alta resistencia.

También sería recomendable que en las Universidades peruanas, se investigue a profundidad las propiedades del Acero de alta resistencia; así como también, las propiedades especiales de los Concretos de alta resistencia.

La Industria peruana debería abocarse a la fabricación de Gatos para Preesfuerzos y todos los accesorios que intervienen en esta tecnología.

3) Es de vital importancia que las universidades, Colegios profesionales, Siderurgia, Plantas Industriales y todos aquellos que de una u otra forma se encuentren relacionados con la industria de la Construcción, colaboren en el desarrollo de la Tecnología del concreto Preesforzado.

4) Motivar la aplicación del concreto Preesforzado no solamente a puentes, sino también a grandes Represas, Reservorios, Pilotaje y otras obras.

## BIBLIOGRAFIA

- Standard Specifications For High Way Bridges  
AASHTO. 1996. USA
- Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI) y sus  
comentarios. 1998. USA.
- Diseño de Estructuras de Concreto Preeforzado  
A. Nilson. 1999. USA.
- Curso de Concreto Pretensado  
Ing. Jose Luis Bosio V. 1997. PERU.
- Boletín Técnico de la División de Construcción Civil. COSAPI  
Ing. Marco Zavala. 1998. PERU.
- Reglamento Nacional de Construcciones – CAPECO  
Lima – Perú 2002