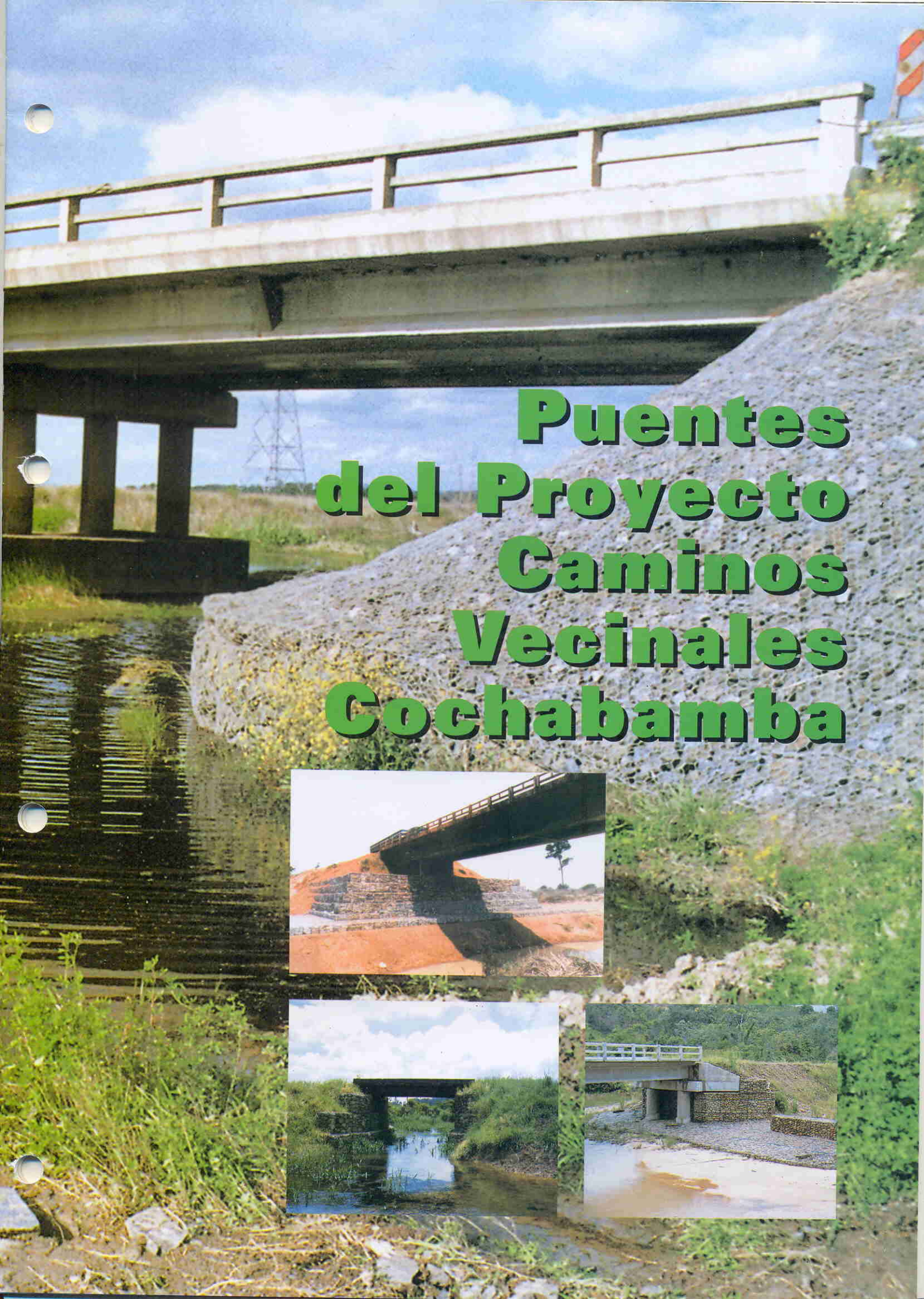




Puentes del Proyecto Camminos Vecinales Cochabamba



Presentación

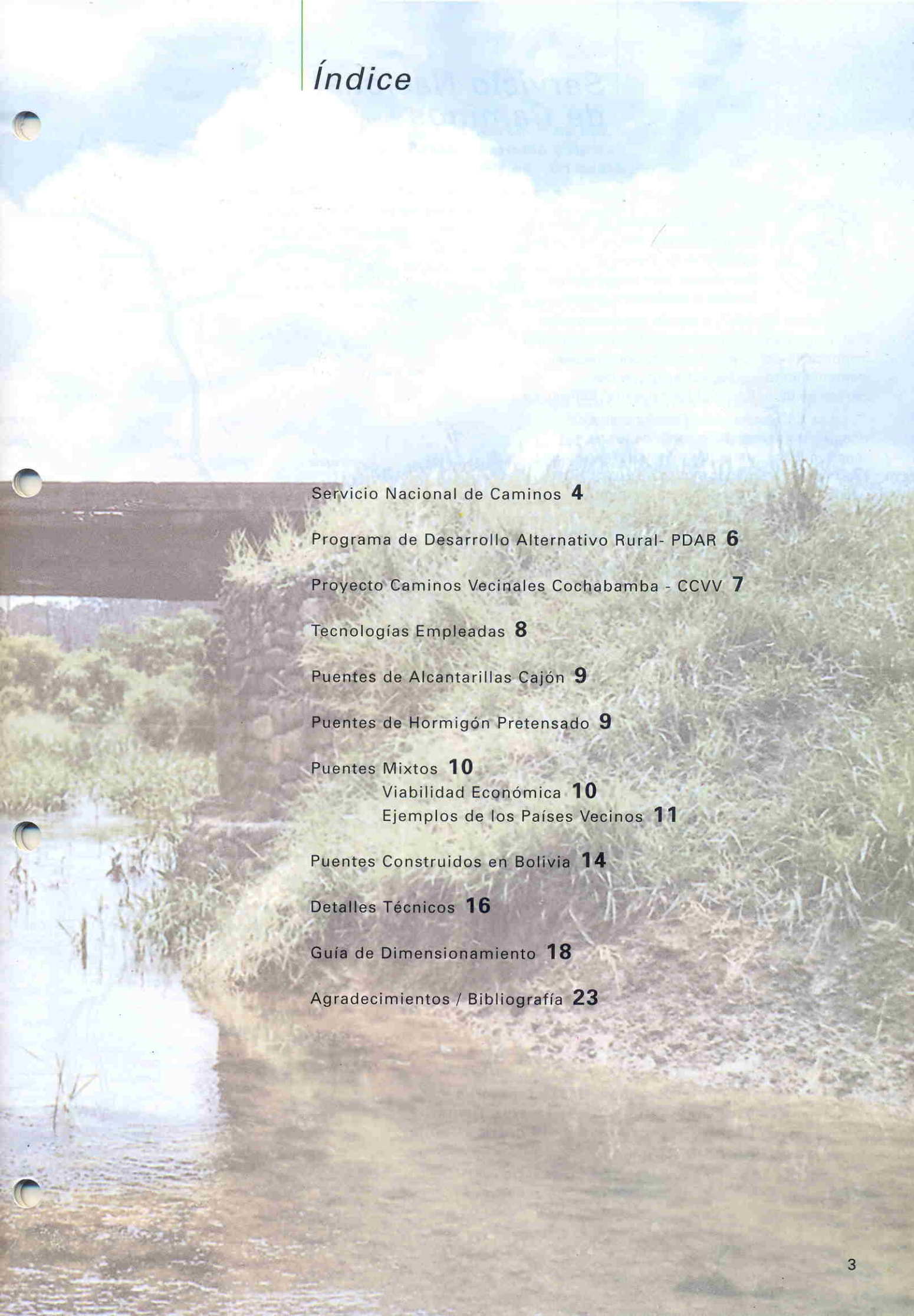


Los gobiernos de Bolivia y de Estados Unidos vienen desarrollando un Programa conjunto desde hace 14 años, en el departamento de Cochabamba.

En julio de 1991 estos gobiernos, han suscripto un nuevo convenio para ejecutar el Programa de Desarrollo Alternativo Rural (PDAR) o Cochabamba Regional Development Project (CORDEP), donde se proponen acciones de desarrollo en áreas productoras de hoja de coca y en aquellas zonas deprimidas del departamento de Cochabamba, consideradas como zonas expulsoras de población.

Este proyecto busca desarrollar una economía diversificada y rentable, mejorar los empleos e ingresos de los habitantes de esta región y garantizar la seguridad alimentaria de la población elevando la capacidad exportadora, en un marco de preservación ambiental.

Dentro de este programa fue creado el Proyecto Caminos Vecinales Cochabamba, que bajo la responsabilidad del Servicio Nacional de Caminos, se encargaría de proveer a las comunidades interesadas un sistema vial eficiente para mejorar las condiciones de vida local y también hacer la conexión de los poblados con los principales centros de consumo y comercialización, contribuyendo así para el éxito del programa.

The background of the page is a photograph of a river with a bridge in the distance. The river is in the foreground, with some reeds and grass on the banks. The bridge is a long, low structure that spans the river. The sky is blue with some clouds. The overall tone is natural and scenic.

Índice

Servicio Nacional de Caminos	4
Programa de Desarrollo Alternativo Rural- PDAR	6
Proyecto Caminos Vecinales Cochabamba - CCVV	7
Tecnologías Empleadas	8
Puentes de Alcantarillas Cajón	9
Puentes de Hormigón Pretensado	9
Puentes Mixtos	10
Viabilidad Económica	10
Ejemplos de los Países Vecinos	11
Puentes Construidos en Bolivia	14
Detalles Técnicos	16
Guía de Dimensionamiento	18
Agradecimientos / Bibliografía	23

Servicio Nacional de Caminos



El Servicio Nacional de Caminos es una entidad, dependiente del Ministerio de Desarrollo Económico, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

A partir de 1997, a través del decreto del Gral. Hugo Banzer Suárez, se volvió el organismo responsable por la planificación, construcción, mantenimiento y administración de las carreteras de la Red Vial fundamental Boliviana.

Las Carreteras de la Red fundamental vinculan las capitales políticas de los departamentos, permiten integrar el territorio nacional con las principales carreteras de los países limítrofes, conectan en los puntos adecuados dos o más carreteras de la Red Fundamental y cumplen con las condiciones de protección ambiental.

La Red fundamental tiene una longitud de 8.732km, de los cuales 6.437km se encuentran construidos y 2.193km están en etapa de construcción o proyecto.

Conexión Internacional y Corredores de Exportación

Como parte de los esquemas de integración y vinculación física con los países de América del Sur y, en particular, con los países limítrofes, se definieron ejes internacionales para que Bolivia, por su ubicación estratégica, sea el polo de integración internacional en América del Sur que vincule el Océano Pacífico con el Atlántico.

Para este propósito el SENAC ha planificado mejorar importantes tramos viales para obtener una mayor transitabilidad y uso de la infraestructura vigente.

Corredor: Desaguadero La Paz - Guayanamerin con sus tramos Yucumo - Trinidad y el Chorro - Cobija

Vincula el territorio boliviano con la red de carreteras de Brasil, con salida al Océano Pacífico (Puertos de Arica e Iquique en Chile)



**Corredor: La Paz -
Oruro - Potosí - Bermejo y Ramal
Pisiga - Caihuasi**

La importancia de este corredor radica en constituir un nexo de vinculación ente las capitales de cuatro departamentos del país y ser la ruta primordial para la vertebración Norte - Oeste - Sur del país, forma parte de la carretera longitudinal Panamericana que conecta los países del Pacto Andino con los del Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

**Corredor Trinidad:
Santa Cruz - Yacuiba y Tramo
Internacional Boyuibe
Hito Villazon**

Este corredor vincula la ciudad de Trinidad al Sur del país llegando a la frontera con la República Argentina, de donde prosigue hasta el puerto de Rosario, y la frontera con la República del Paraguay.

**Corredor Este - Oeste:
Tambo Quemado - Patacamaya -
Cochabamba - Santa Cruz -
Puerto Suárez y Tramo Internacional
San Ramón - San Matías**

Vincula los centros de producción agrícola del país, en el extremo Este, con puertos del Atlántico a través del territorio brasileño y, en el extremo oeste, con puertos del Pacífico a través de los territorios de Chile y Perú.



Otros tramos que facilitan la vinculación internacional y constituyen ramales de los corredores antes mencionados son:

- Cuchu Ingenio - Villazón (frontera con la Argentina), ramal del corredor Desaguadero - Bermejo.
- Sucre - Padilla - Ipati, carretera que conectará mejor el país con la República del Paraguay y la República Argentina al enlazarse al corredor de exportación Trinidad - Yacuiba.

Programa de Desarrollo Alternativo Rural - PDAR

Introducción

El Programa de Desarrollo Alternativo (PDAR) es fruto de los esfuerzos continuos del gobierno boliviano junto al gobierno americano en el combate al tráfico de drogas. Este proyecto tiene como objetivo suministrar los subsidios necesarios para que los habitantes de las regiones productoras de las hojas de coca abandonen este tipo de agricultura ilícita y se dediquen a la producción y comercialización de productos agrícolas legalizados.

Financiamiento

El financiamiento con el que contó el Proyecto desde 1984, hasta diciembre de 1998, ha sido de 120 millones; habiéndose entregado por USAID 80 millones y por fondos nacionales 40 millones.

Histórico

A inicios de 1985, el Proyecto Alternativo Regional del Chapare comienza a realizar el trabajo operativo, en un campo totalmente adverso; durante ese año los agricultores del Chapare estaban muy ocupados en la actividad ilícita de plantar coca y en su procesamiento.

Actualmente, el Programa trabaja con 80 asociaciones de agricultores de las provincias Carrasco, Chapare y Los Valles Altos, que son componentes necesarios en la toma de decisiones y beneficiarios directos de la producción y comercialización.



Moradora haciendo el cultivo según las recomendaciones correctas.

Forma de Trabajo

El programa suministra los subsidios necesarios para que los habitantes de las regiones atendidas puedan plantar, cultivar y comercializar sus productos.

Para esto son entregadas herramientas y semillas a los habitantes locales que también cuentan con el asesoramiento de técnicos especializados.

El programa suministra también los recursos para el mejoramiento del sistema vial entre los poblados, a través del Programa Caminos Vecinales Cochabamba, que es coordinado por el Servicio Nacional de Caminos.



Orientaciones técnicas para el plantío y cultivo correcto fueron suministradas a los pobladores locales por técnicos del programa.

Proyecto Caminos Vecinales Cochabamba - CCVV

Siendo implementado y mantenido por el Servicio Nacional de Caminos, este proyecto es responsable por toda la recuperación y estructuración del sistema vial de las regiones atendidas.

El objetivo principal de este tipo de obra son la integración de los centros de producción a los centros de consumo y su comercialización

Programa Rural II - 1983 a 1987

Todas las labores dentro de este Programa fueron ejecutadas por el SNC, bajo administración directa.

La inversión total en este Programa fue: US\$: 6.594.000,00, siendo:

- Fondos TGN - US\$: 1.797.000,00
- Fondos USAID - US\$: 4.797.000,00

Actividades desarrolladas

	Chapare	Valles Altos
Mejoramiento	78.30km	47.00km
Mantenimiento	162.80km	—
Puentes de hormigón pretensado	90.00ml	—

a los mercados del interior y exterior del país.

Fueron desarrollados cuatro diferentes programas, que empezaron en el año 1978 con el Proyecto Rural I, los restantes fueron:

- Programa Rural II;
- Programa Chapare;
- Programa CORDEP.

Programa Chapare - 1988 a 1992

Las labores ejecutadas fueron realizadas bajo contrato con la empresa privada y por administración directa.

La inversión de este Programa alcanzó a: US\$: 12.166.890,00, siendo:

- Fondos TGN, DIFEM y PL480 US\$: 6.979.643,00
- Fondos USAID - US\$: 5.187.247,00

Actividades desarrolladas

	Chapare	Valles Altos
Mejoramiento	290.00km	452.20km
Mantenimiento	206.00km	88.00km
Empedrado	—	42.00km
Construcción de puentes	198m	435.80m
Drenaje mayor	—	30.00m
Protección de puentes	—	2 obras

Programa CORDEP - a partir de 1992

Hasta 1996, tanto en el Chapare como en los Valles Altos, las actividades fueron ejecutadas bajo contrato con la empresa privada.

El SNC por administración directa ha realizado el mantenimiento y al presente ejecuta el mejoramiento de algunos caminos bajo administración directa.

La supervisión de las obras de junio 1993 a diciembre de 1995 ha sido llevada a cabo por la empresa privada, antes y después de las fechas mencionadas esta responsabilidad ha sido del SNC.

Durante los últimos años en cumplimiento a las leyes de participación popular y descentralización, algunas actividades se han ejecutado con la participación comunitaria.

Actividades desarrolladas

	Chapare	Valles Altos
Mejoramiento	550.00km	110.00km
Mantenimiento	1884.70km	752.00km
Empedrado	60.67km	21.70km
Construcción de puentes	576.50ml	462.00m
Construcción de alcantarillas cajón	18 unidades	—
Construcción de drenaje mayor	—	10 obras
Construcción de drenaje menor	5 obras	54 obras
Construcción de puentes mixtos	1 unidad	—
Construcción de pontones	2 unidades	—
Puentes de hormigón pretensado	90.00ml	—

Actividades planeadas

Construcción de puentes postensados 280m
Empedrado de caminos 60km
Construcción de puentes mixtos 160m
Protección de puentes 2 obras
Construcción de alcantarillas cajón 10 obras
Construcción de pontones 3 obras
Mejoramiento y mantenimiento de caminos 370km

Tecnologías Empleadas

Con la intención de solucionar los problemas de vinculación caminera rural, el Servicio Nacional de Caminos, a través del Proyecto Caminos Vecinales, ha elaborado el diseño y la aplicación de tecnologías apropiadas, utilizando mano de obra y materiales del lugar.

En el Proyecto fueron realizadas diversas obras de mejoramiento y mantenimiento de las cuales se puede destacar:

Empedrado de Caminos

Fueron ejecutados 124.37 km, bajo los siguientes parámetros:

- Proteger la inversión realizada por el Programa de Desarrollo Alternativo;
- Bajar los costos de mantenimiento para el Tesoro General de la Nación;
- Proteger de la polución al medio ambiente la salud pública;
- Generar el empleo de uso intensivo de mano de obra;
- Empleo de tecnología propia.

Construcción de Pontones

El programa ha encomendado al Proyecto Caminos Vecinales, la construcción de pontones para el paso de productos a través de ríos donde no se pueden construir puentes.

Consta de la construcción del pontón propiamente dicho mediante contratistas especializados en la fabricación de estas plataformas para el cruce de vehículos, productos alternativos como plátano y otros.

Se han construido dos pontones:

- El pontón Tocopilla y el pontón de la Asociación Asproabats.

Por ser estructuras de montaje sencillo, fue posible el empleo de mano de obra local, reduciendo costos y generando beneficios sociales inmediatos.

Construcción de Puentes

De todas las obras ejecutadas dentro del Proyecto CCVV, se destaca principalmente la construcción de diversos puentes, que fueron de crucial importancia para permitir que los pobladores pudiesen trasladarse, entre los ríos caudalosos de estas regiones, con más seguridad.

Los principales tipos de puentes construidos fueron:

- Puentes de Alcantarillas Cajón;
- Puentes de Hormigón Pretensado;
- Puentes Mixtos.

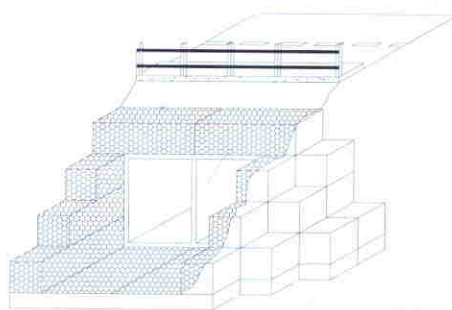


Con los puentes los niños podrán llegar a su escuela con más seguridad.



Puentes de Alcantarillas Cajón

Estas obras han sido diseñadas para salvar luces de 4 a 8 metros con estructuras de hormigón armado de 1 y 2 celdas. En la protección de los terraplenes y los encauces han sido previstas estructuras de gaviones y colchonetas.



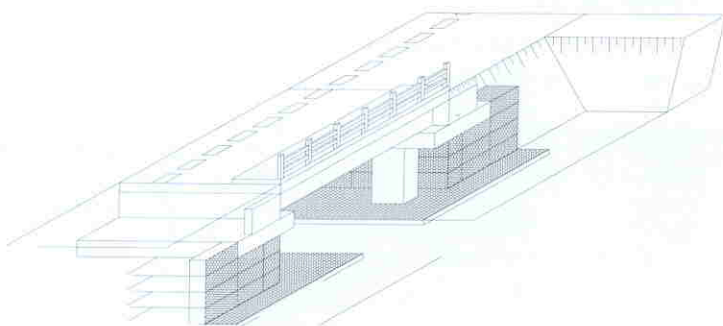
Puentes Construidos

Puente	Long. (m)	Puente	Long. (m)
Ibuelo – San Luis	3.85	Gral. Roman – San Carlos	9.40
San Luis – Villa Fernandez	3.00	Transversales - San Carlos	8.80
Ivirgarzama – Valle Ivirza	14.50	Transversales - San Carlos	9.25
Valle Ivirza – Villa Nueva	3.00	Ivirgarzama – Valle Ivirza	0.25
Ivirgarzama – Valle Ivirza	5.60	Senda Baher	6.00
Ivirgarzama – Valle Hermoso	15.60	Senda Baher	6.11
Ivirgarzama – Ucuchi	2.30	Gral. Roman – San Carlos	10.10
Ivirgarzama – Ucuchi	3.00	Gral. Roman – San Carlos	12.20
Gral. Roman – San Carlos	15.60		
Gral. Roman – San Carlos	7.80	Total	136.36

Puentes de Hormigón Pretensado

Estos puentes, construidos muchos con fundación sobre pilotaje y fundación directa, de acuerdo a la región, han sido complementados por obras de encauzamiento y protección de sus estribos con estructuras gavionadas.

Los terraplenes de acceso a los puentes se han diseñado con sistemas de suelo reforzado tipo gaviones (Terramesh).



Puentes Construidos

Trópico Cochabambino				Valles Altos	
Puente	Long. (m)	Puente	Long. (m)	Puente	Long. (m)
Cesarzama	20.00	Nogales 1	20.60	Cliza	66.00
Cuevitas	30.00	Nogales 2	20.60	Mizque	213.78
Ene	35.00	Chipiriri 2	59.70	Tarata	66.00
Vinchuta	35.00	Once	30.04	Omereque	90.00
Cristal	30.60	Raya	23.16	Cury	19.10
Chipiriri	35.29	Dorado 1	20.60	Chaque Mayu	30.60
Eterazama	70.88	Mamorecillo	20.60	Kullku Mayu	61.23
Mambuelo	61.23	Samaritano	20.60	Lampasillos	61.46
Estancitas	25.80	Avion Poza	25.60	Marjayu Mayu	30.00
Sajta 1	20.60	Magdalena	20.60	Millu Mayu	91.86
Sajta 2	20.60	Mojota	20.60	Sapanani	30.60
Sajta 3	20.60	Uteo	20.60	Taperas	94.00
Chico Arroyo	16.67	Mendez	71.23	Chaqui Mayu	43.20
Mariposas 1	22.60	Total	819.40	Total	897.83

Puentes Mixtos

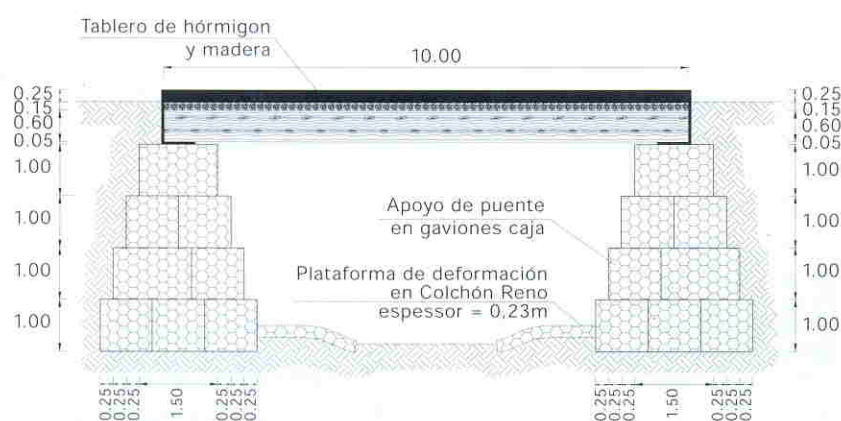
Como producto de la necesidad de contar con estructuras a un costo relativamente bajo y con plazos de ejecución razonablemente cortos, que permitan una respuesta eficaz a los requerimientos del programa, se han diseñado los llamados Puentes Mixtos, que consisten en una infraestructura de estribos en gaviones y colchones, aprovechando los materiales locales, piedras de los ríos, arena y grava seleccionada para los hormigones, y

la superestructura compuesta de vigas de troncos sobre apoyos de hormigón; el tablero de la superestructura consiste en vigas transversales y tablonés longitudinales (huelleros).

Esta estructura permitió el aporte de las comunidades beneficiarias que proporcionaron el acopio de los materiales locales, la provisión de troncos y la mano de obra local.

Puentes Construidos

Caminos	Largo total (m)
Mamorecito - V. Unión	85.40
Nazareno II-16/Julio-Agrosajta	20.60
Rio Lefte - 25 de abril	41.40
Cruce Andino - P. Andino	23.60
Prolongación - Tamborada	45.20
Senda 5 - Azurduy	59.60
Manco Kapac - V. Esperanza	36.20
Ivirgarzama - Valle Ivirza	20.00
Mariposas - Tupiza Senda II	7.20



VIABILIDAD ECONOMICA

El bajo costo de este tipo de obra, debido a los materiales empleados, puede ser observado en el cuadro siguiente:

Cuadro 1: Presupuesto promedio para la construcción de puentes mixtos (l=8.00m)

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
1	Instalación de Faenas	Gbl.	1.00	800,00	800,00
2	Replanteo y Trazado	Gbl.	1.00	750,00	750,00
3	Gaviones	m³	72.60	266,00	19.311,60
4	Colchonetas	m²	24.00	150,00	3.600,00
5	Hormigón Tipo B	m³	2.32	500,00	1.160,00
6	Acero de Construcción	kg	136.00	6,80	924,80
7	Vigas de Tronco	ml	48.00	350,00	16.800,00
8	Entablonado 4" x 12"	m²	36.00	170,00	6.120,00
9	Huelleras	ml	16.00	70,00	1.120,00
10	Bordillo	ml	16.00	125,00	2.000,00
11	Angulares para Sujeción	pza	24.00	35,00	840,00
12	Tirantes para Arriostramiento	ml	19.60	30,00	588,00
13	Montaje de las Vigas	Gbl	1.00	2.500,00	2.500,00
Total Bs					56.514,40
Total US\$					10.583,22
Costo promedio por ml US\$					1.322,90

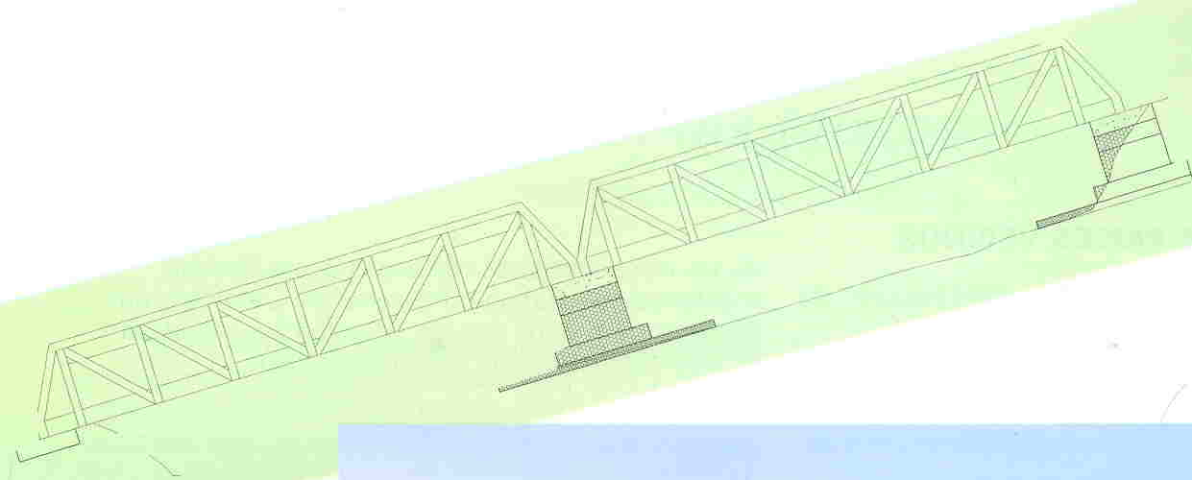
EJEMPLOS DE LOS PAISES VECINOS

La tecnología empleada en la construcción de los puentes mixtos del Programa Caminos Vecinales Cochabamba - PDAR, fue el resultado

de las investigaciones realizadas por la Entidad mantenedora - Servicio Nacional de Caminos, que constató que este tipo de solución fue adoptada en diversos países con éxito comprobado.



*Puentes ejecutados en el proyecto
"Mil Puentes Metálicos"
desarrollado en el estado de São Paulo - Brasil,
el programa tuvo como objetivo
facilitar el transporte de la cosecha del Estado.*



Río Eléctrico - Provincia de Santa Cruz - Argentina



*Quebrada de Humahuaca
Provincia de Jujuy
Argentina*



*Arroyo Santa Catalina
Cordoba - Argentina*



Fortaleza - Ceará - Brasil



Goiás - Brasil

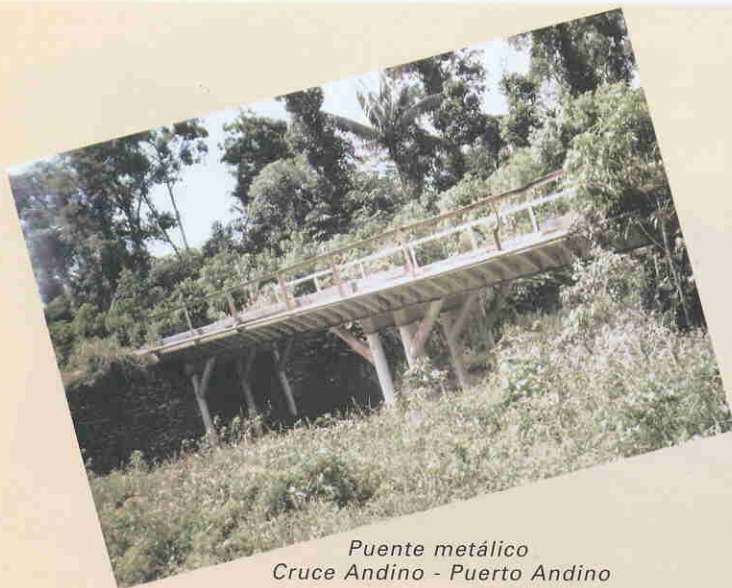


Bolivia



Costa Rica

Puentes Construidos en Bolivia



Puente metálico
Cruce Andino - Puerto Andino



Puerto Carahoto



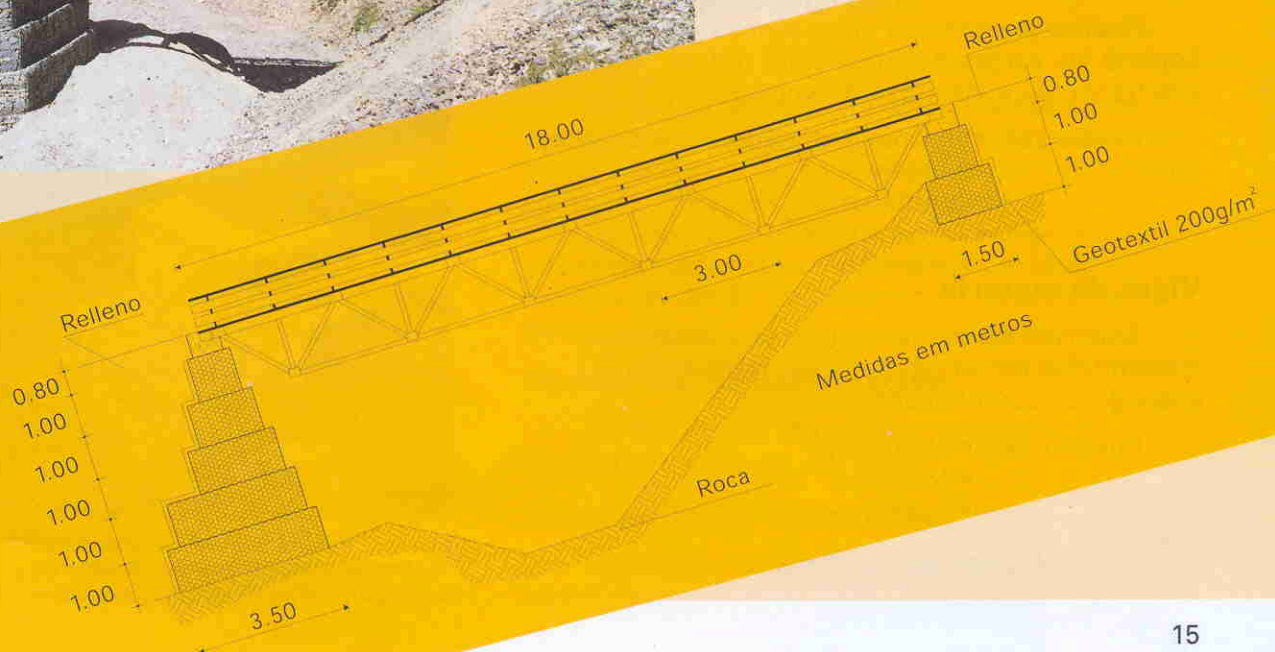
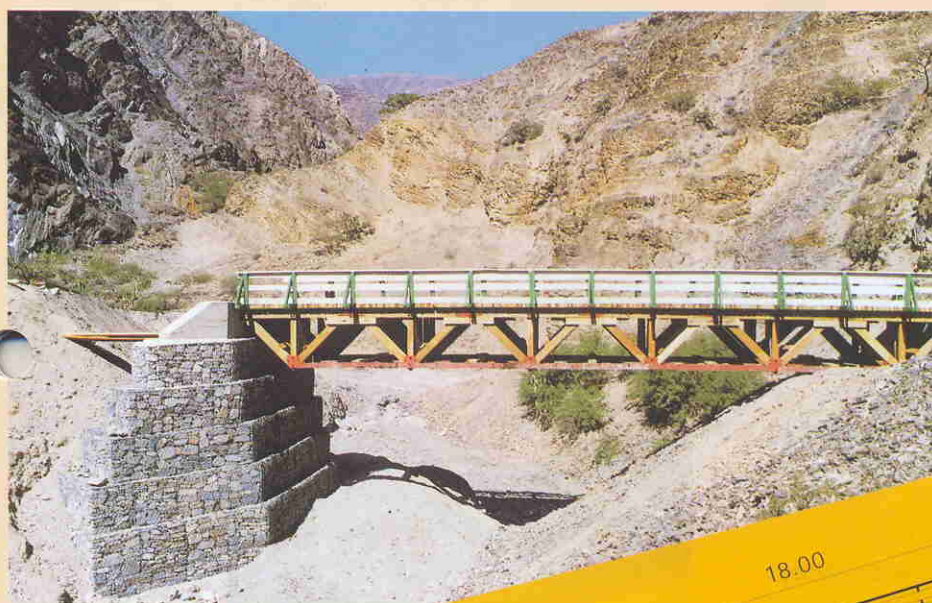
Puente Senda 5 - Azurduy



Primer Puente carretera Karpac Nueva Esperanza - Cochabamba



Puente Camino Ivirgarzama - Valle Ivirza 2 tramos - Luz = 20m



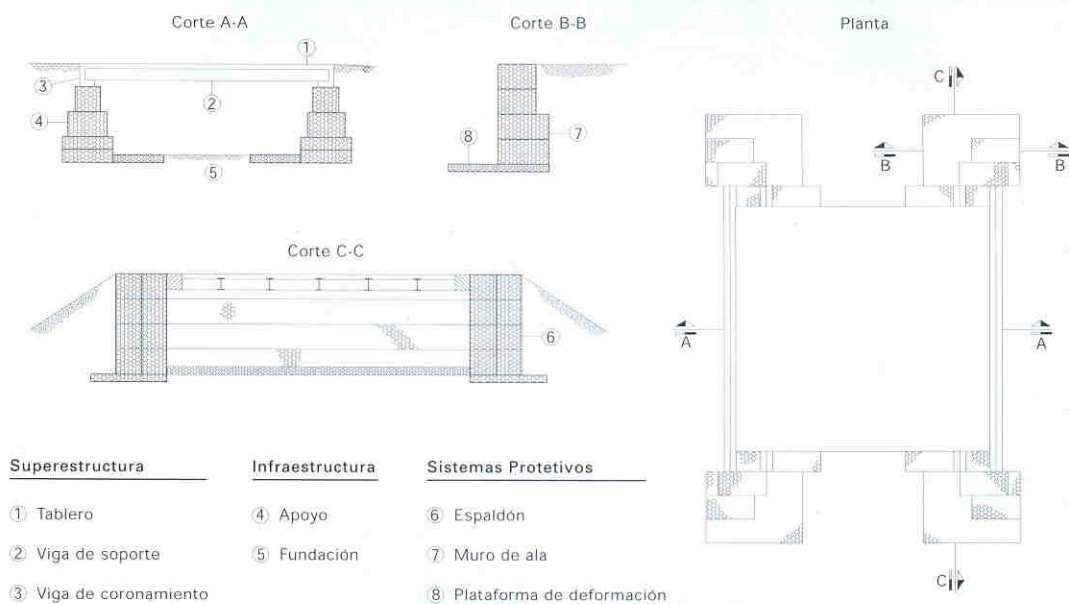
Componentes del Puente

Hoy en día son empleados diversos tipos de materiales y técnicas de construcción en este tipo de obra. Basado en las condiciones locales, cabe al técnico definir la mejor estructura que atienda a sus necesidades.

Sin embargo, independientemente del tipo utilizado, un puente tiene como elementos básicos:

- la superestructura;
- la infraestructura.

Además de estos dos componentes, también se debe prever la presencia de sistemas de protección que varían de acuerdo con cada situación.



SUPERESTRUCTURA

Tablero

Realiza la conexión entre ambas orillas. Soporta las cargas dinámicas del tráfico y la transmite a las vigas de soporte.

Puede ser:

- Hormigón armado o pretensado;
- Madera;
- Metálico;
- Mixto.

Vigas de soporte

Soportan las cargas estáticas y dinámicas transmitidas por el tablero y las transmiten a la viga de coronamiento

Pueden ser:

- Hormigón;
- Madera;
- Acero.



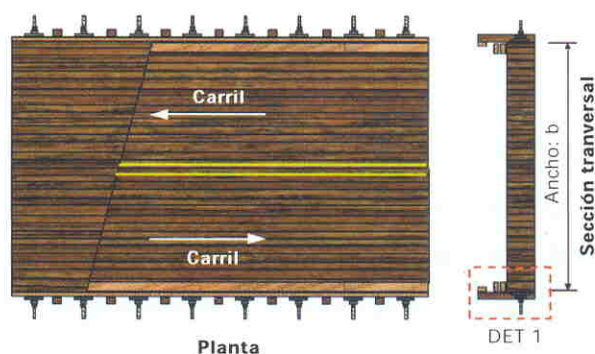
Ejemplo de una superestructura mixta. Tablero con placas pré-moldeadas de hormigón - Viga de soporte en acero.

Superestructura de madera pretensada

Tecnología originaria en Canadá, se extendió a otros países como Suiza, Estados Unidos, Australia y Japón, donde las técnicas fueron desarrolladas para la realidad de cada región. En Brasil, dos investigadores desarrollaron la técnica donde el tablero es el único elemento estructural con la función de transmitir las acciones a los apoyos.

Esto es posible debido a un pretensionamiento que comprime las vigas de madera, haciendo con que surjan propiedades de resistencia a flexión y elasticidad en la dirección transversal.

Este sistema presenta muchas ventajas, pues puede utilizar material renovable disponible, como especies de maderas de reforestación, preservando el ecosistema natural del país.



INFRAESTRUCTURA

Vigas de coronamiento

Distribuyen y transmiten las cargas recibidas al apoyo.

- Pueden ser:
- Hormigón;
 - Metálicas;
 - Madera.

Apoyos

Transmiten las cargas (dinámicas y estáticas) a la fundación.

- Pueden ser:
- Metálicos;
 - Madera;
 - Piedras con mortero;
 - Hormigón;
 - Gaviones.

Fundaciones

Transmiten las cargas al suelo. Reparten las cargas reduciendo la presión. Pueden ser:

- Profundas: Cuando el suelo de base no tiene características de resistencia suficiente para soportar las cargas transmitidas por los apoyos;
- Superficiales: Cuando el suelo tiene condiciones de soportar estos esfuerzos.

En ambos casos el plano de apoyo no puede ser alcanzado por eventuales erosiones del cauce.

Espaldones

Resisten a las cargas estáticas y dinámicas transmitidas por el terreno y protegen el relleno de los efectos erosivos del agua.

- Pueden ser:
- Piedras con mortero;
 - Hormigón;
 - Gaviones.

SISTEMAS PROTECTIVOS

Drenaje

Debe también ser previsto un sistema de drenaje eficiente del cuerpo caminero para evitar que la presencia del agua altere las características del suelo detrás de la estructura.

Las estructuras en gaviones debido a su permeabilidad, realizan naturalmente esta función, evitando la construcción de sistemas de drenaje.

Plataforma de deformación

Su función es proteger la fundación de los efectos erosivos del agua.

Guardarruedas y barandas

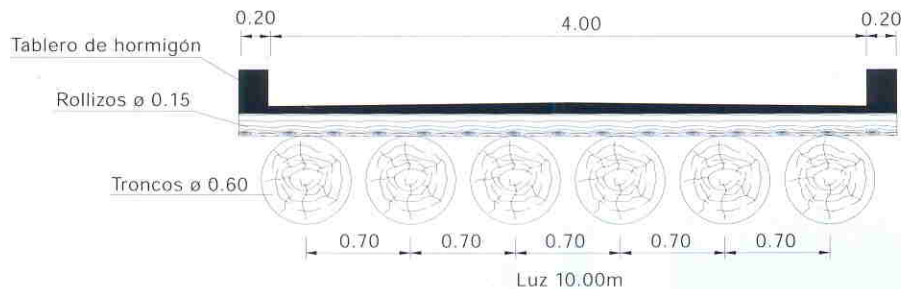
Garantizan la seguridad de vehículos y pedestres.

Guía de Dimensionamiento

Para los cálculos de las puentes mixtos del programa, fueron adoptados los procedimientos indicados por la AASHTO. Esta metodología es

presentada en este ítem utilizando como ejemplo un puente con tablero de hormigón, troncos de madera y estribos en gaviones.

SUPERESTRUTURA DIMENSIONES



CARGAS ACTUANTES

Permanentes

$$PP = (V) (\gamma)$$

Donde:

PP = peso propio [kg]

V = volumen [m³]

γ = peso específico [kg/m³]

Tablero de Hormigón

Bordillos = 300 kg

Tablero = 650 kg

Regularización = 164 kg

Total = 1114 kg

Rollizos

PP = 18 kg (el metro lineal de rollizo $\phi = 0.15$ m)

Troncos

PP = 283 kg (el metro lineal de tronco $\phi = 0.60$ m)

Dinámicas

Adoptando el camión M18 tenemos:



Carga por rueda trasera (P_T):

$$P_T = 7265 \text{ kg}$$

Carga por rueda delantera (P_D):

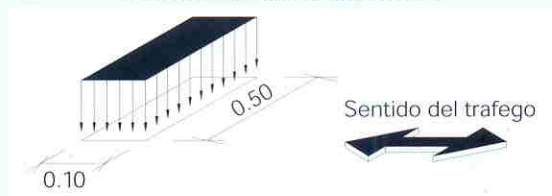
$$P_D = P_T / 4 = 1816 \text{ kg}$$

Carga total (P):

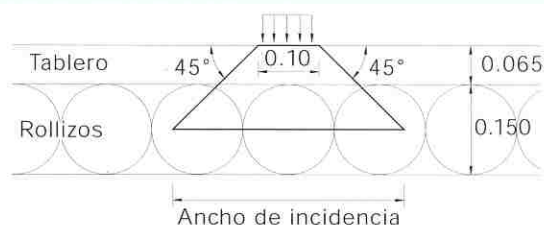
$$P = 2 (7265) + 2 (1816)$$

$$P = 18162 \text{ kg}$$

Ancho de distribución:



Ancho de incidencia:



$$B = (0.10) + 2 (0.065) + (0.07) = 0.38 \text{ m}$$

Tomando como ancho resistente 2 rollizos:

$$1 \text{ rollizo} = 0.15 \text{ m} \therefore 2 \text{ rollizos} = 0.30 \text{ m} < 0.38 \text{ m}$$

Cargas permanentes para 0.30 m de sección:

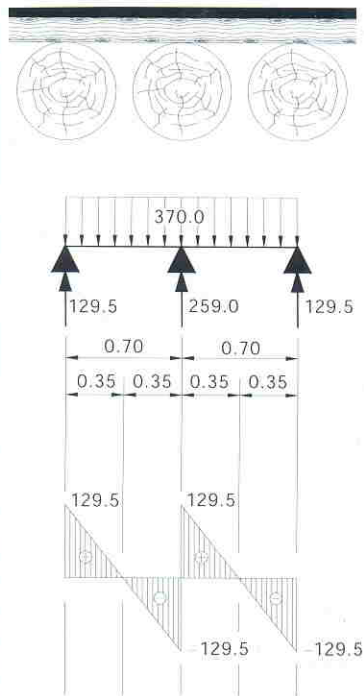
$$g_t = g_{\text{tablero}} + g_{\text{rollizos}}$$

$$g_t = (1114 \times 0.30) + (18 \times 2) =$$

$$g_t = 370 \text{ kg}$$

MOMENTOS ACTUANTES

Apoyo continuo



$$V_g = 129.50 \text{ kg}$$

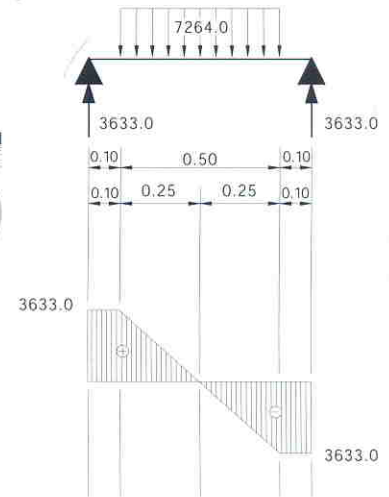
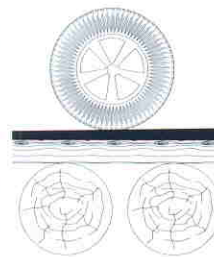
$$M_g = 22.7 \approx 23.0 \text{ Kg.m}$$

Coefficiente reductor = 0.8

$$M_g = (0.8) (23) = 18 \text{ kg.m}$$

$$M_g = 18 \text{ kg.m}$$

Carga dinámica



Impacto: $i = 30 \%$

$$V_{cv} = 3633 \text{ kg}$$

$$V_{cv} + i = 4722 \text{ kg}$$

$$M_{cv} = 817 \text{ kg.m}$$

$$M_{cv} = (0.8) (817) = 654 \text{ kg.m}$$

$$M_{cv} + i = 850 \text{ kg.m}$$

Estado de servicio:

$$M_g + M_{cv} + i = 868 \text{ kg.m}$$

$$\phi_g + \phi_{cv} + i = 4851 \text{ kg}$$

VERIFICACIONES:

Rollizos

$$\phi = 0.15 \text{ m}$$

$$A = 177 \text{ cm}^2$$

$$W = 331 \text{ cm}^3$$

Flexión:

$$\sigma = (M) / (W)$$

$$\text{Ancho resistente} = 0.38 \text{ m}$$

Considerando 2 rollizos $\phi = 0.15 \text{ m} \Rightarrow \text{ancho} = 0.30 \text{ m}$

$$\sigma = (86800 \text{ kg.cm}) / \{ 2 (331 \text{ cm}^3) \}$$

$$\sigma = 131 = \text{kg/cm}^2 < \sigma_{adm} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

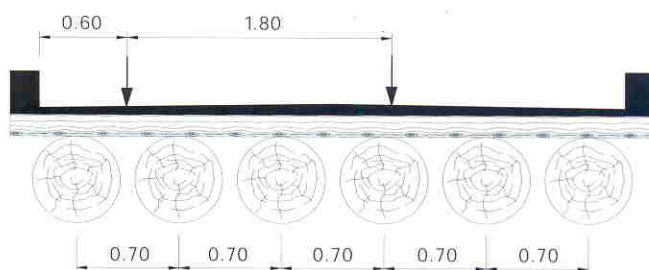
Corte:

Debido a la contribución del tablero se consideran 3 rollizos $\phi = 0.15 \text{ m}$

(en lugar de 2 rollizos) $\Rightarrow \text{ancho} = 0.45 \text{ m}$

$$\text{Se tiene } \delta = 9 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

Troncos $\phi = 0.60 \text{ m}$



Fracción de carga:

$$F_i = (0.35) / (0.70) = 0.50$$

$$F_e = (0.656) / (0.70) = 0.46$$

Se adopta $F_c = 0.50$

Cargas:

Tablero de Hormigón: 1114 kg/m

Rollizos ($f = 0.15 \text{ m}$): 480 kg/m

Total: 1594 kg/m lineal

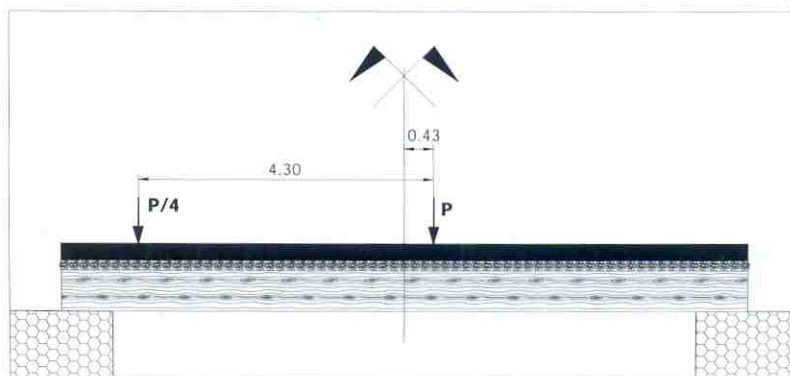
Carga en cada tronco: $g_1 = 266 \text{ kg/m}$

Peso en el tronco ($f = 0.60 \text{ m}$):

$$g_2 = 283 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total: } g = 549 \text{ kg/m}$$

Camión tipo:



Solicitaciones:

$$M_g = 6863 \text{ kg.m}$$

$$V_g = 2745 \text{ kg}$$

$$M_{cv} = 2611 \text{ P}$$

$$i = 30 \%$$

$$M_{cv} + i, F_c = 12330 \text{ kg.m}$$

$$V_{cv} = 1142 \text{ P}$$

$$i = 30 \%$$

$$M_{cv} + i, F_c = 5393 \text{ kg}$$

Estado de servicio:

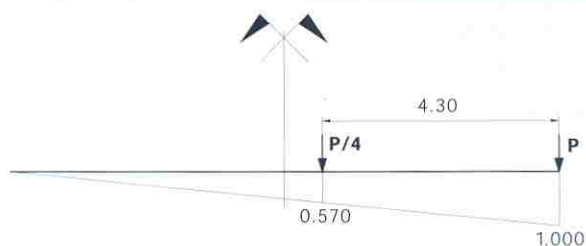
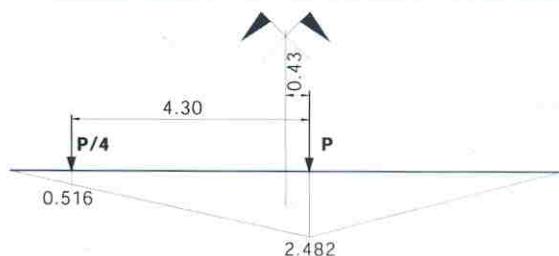
$$V_g + V_{cv} = 8138 \text{ kg}$$

$$M_g + M_{cv} = 19193 \text{ kg.m}$$

Reacciones (sobre el tronco más cargado):

$$R_g = 2745 \text{ kg}$$

$$R_{cv} = 4148 \text{ kg}$$



Verificaciones:

Tronco ($\phi = 0.60 \text{ m}$):

$$A_o = 2827 \text{ cm}^2$$

$$W_o = 21206 \text{ cm}^3$$

Sin embargo, considerando el rebaje superior (1") y las irregularidades en el diámetro, se toma el 75 %, por lo tanto:

$$A = 2120 \text{ cm}^2$$

$$W = 15904 \text{ cm}^3$$

Flexión:

$$\sigma = M / W = 121 \text{ kg/cm}^2 < 150 \text{ kg/cm}^2 = \sigma_{adm}$$

Corte:

$$Z = 5.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z_{adm} = 12.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$5.2 < 12.0$$

INFRAESTRUCTURA

Como estribo están siendo utilizadas estructuras de gaviones que también agregan la función de proteger el terraplen contra los efectos erosivos del agua. Por lo tanto la estructura deberá ser verificada a las siguientes situaciones:

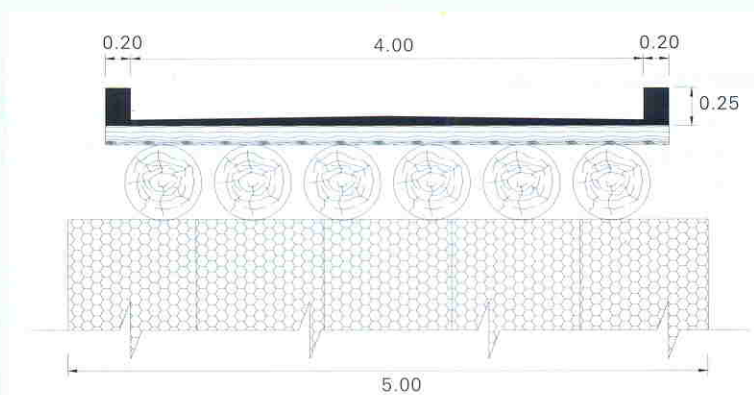
- deslizamiento;
- vuelco;

- tensiones transmitidas al terreno;
- tensiones internas;
- rotura global.

Para estos cálculos fue utilizado el software GawacWin que verifica las estructuras en gaviones.

Abajo pasamos a describir los procedimientos adoptados:

Sección propuesta:



Cargas:

Dirección	X	Y
Permanentes	0	- 3294
Dinámicas	0	- 3319
Frenado	88	36
Viento superestructura	63	7
Viento carga viva	60	31

Verificaciones:

Verificación al deslizamiento

Considerando el plano ortogonal que pasa por la base del muro tendremos:

$$\eta' = \frac{F_{en} \operatorname{tg} \phi + F_{eh}}{F_d}$$

Siendo,

F_{en} = fuerza estabilizante normal

F_{eh} = fuerza estabilizante horizontal

F_d = fuerza desestabilizante

Para la sección en cuestión fue obtenido:

$$\eta' = 1.50$$

Como para las estructuras en gaviones el factor de seguridad es 1.30:

$$1.50 > 1.30 \Rightarrow \text{Ok}$$

Verificación de la seguridad al vuelco

Considera como fuerza estabilizante el peso propio del muro y la componente vertical del empuje activo (E_v) y, como desestabilizante, la componente horizontal del empuje activo (E_h).

$$\eta = \frac{M_r}{M_v}$$

Siendo,

$M_v = E_h \cdot d$; momento volcante

$M_r = W_s' + E_v s$; momento resistente

En el caso $\eta = 4.22$

Como para las estructuras en gaviones el factor de seguridad es 1.50:

$$4.22 > 1.50 \Rightarrow \text{Ok}$$

Verificación de las tensiones transmitidas al terreno

Verificar la tensión que la estructura transmitirá al suelo de fundación:

$$\sigma = \left(\frac{B - 3e'}{3e'} \right) [t / m^2]$$

Para el puente en cuestión:

$$\sigma_{\max} = 182.40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Base Izquierda} = > \sigma = 52.85 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\max} \Rightarrow \text{Ok}$$

$$\text{Base Derecha} = > \sigma = 49.69 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\max} \Rightarrow \text{Ok}$$

Tensiones Internas

Verificar la resistencia a la tracción de los gaviones utilizando la relación:

$$\tau_{adm} = \frac{N}{B} \operatorname{tg} \phi^* + c_g [t / m^2]$$

Fueron entonces obtenidos los siguientes resultados:

Capa	H(m)	τ (kN/m ²)	τ_{adm} (kN/m ²)	$\sigma_{\max}$ (kN/m ²)	$\sigma_{\max}$ (kN/m ²)
1	2.00	39.93	44.21	51.95	545.79
2	1.00	9.13	32.38	61.40	545.79

Seguridad a la rotura global

Para verificar la estabilidad del conjunto, es utilizado el método de eq. limite, que sigue la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{\frac{\sum (b \times c + P \times \operatorname{tg} \phi)}{\operatorname{tg} \phi \times \operatorname{sen} \phi} + \cos \alpha}{\sum (\operatorname{sen} \alpha) + \frac{H \times L}{R}}$$

Utilizando los valores del proyecto en cuestión fue posible obtener el siguiente resultado:

$$FS = 1.58$$

Como el factor mínimo es de 1.20:

$$1.58 > 1.20 \Rightarrow \text{Ok}$$

Agradecimientos

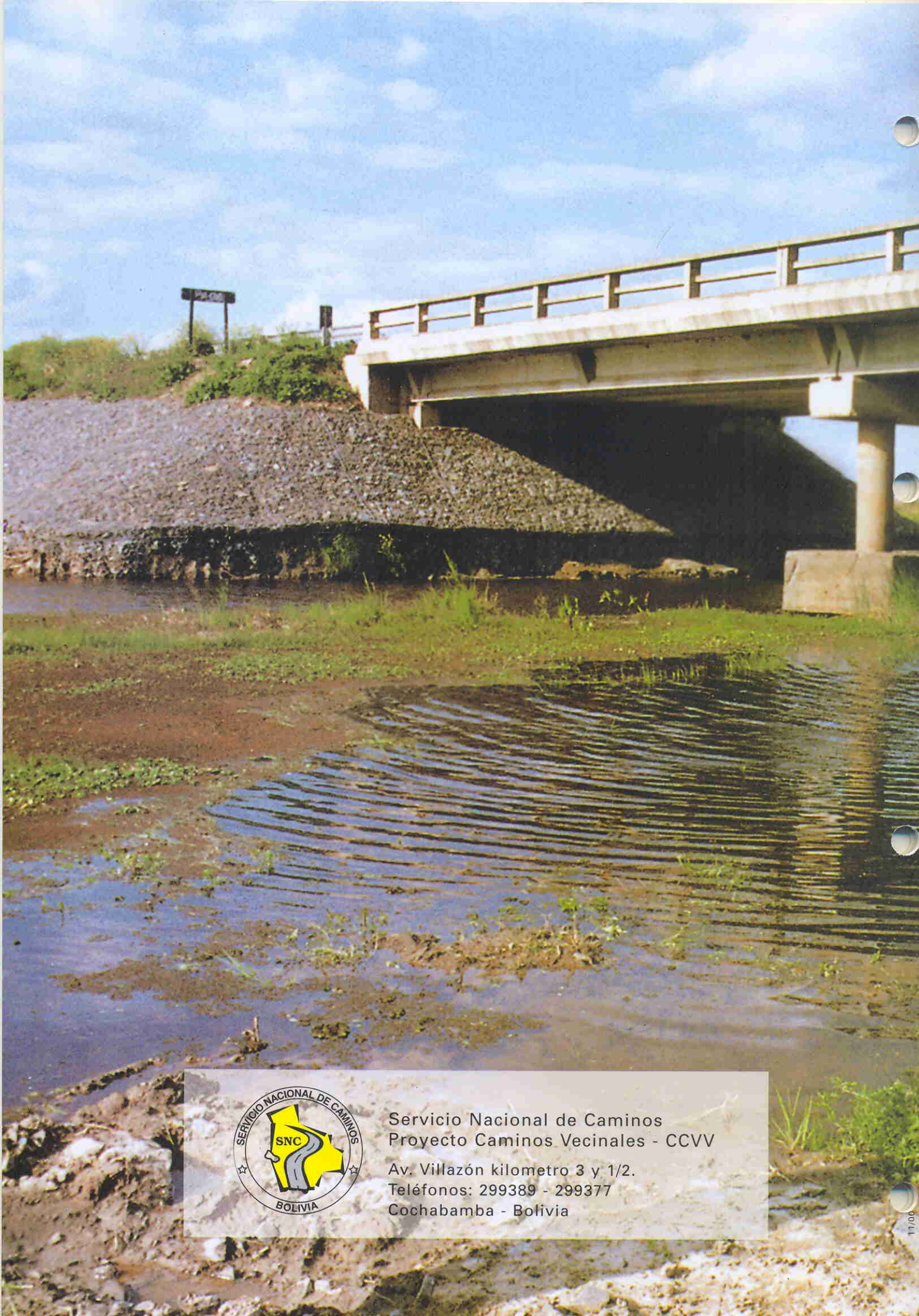
— A Maccaferri de Bolivia, por la total asistencia técnica suministrada, desde la fase de estudios hasta las etapas constructivas.

— A los investigadores Fernando Sérgio Okimoto y Carlito Calil Junior, del Laboratório de Madera y Estructuras de Madera de la Escuela de Ingenieria de São Carlos de la Universidad de São Paulo, por las informaciones referentes a los puentes de madera pretensada.

— A P.C.A Consultores.

Bibliografía

- ☐ Instituto de Desarrollo Municipal.
Manual de Puentes Rurales. Paraguay.
- ☐ OKIMOTO, F.S. (1997) Pontes Protendidas de Madeira: Parâmetros de Projeto. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos - USP Agosto, 1997.
Para mayores informaciones consultar:
<http://www.set.eesc.sc.usp.br/set>.
- ☐ P.C.A Consultores (Bolívia) CCVV
- ☐ PFEIL, WALTER. (1983) Pontes Curso Básico. Editora Campus - Rio de Janeiro.
- ☐ TAYLOR, R.; RITTER, M.A. (1994). Durability in Stress Laminated Timber Bridges. Pacific Timber Engineering Conference, PTEC. Gold Coast, Austrália. Volume 1, pgs 686-694. Julho 1994.
- ☐ TAYLOR, R.J. & WALSH, H. (1983). Prototype Prestressed Wood Bridge. Transportation Research Record, TRB, no.950. Washington, D.C. National Research Council, pg 110-122.
- ☐ TAYLOR, R.J. (1988). Field Applications of Prestress Laminated Wood Bridge Decks. Canadian Journal of Civil Engineering, CJCE. V15, N 03, pgs 477-485, Junho 1988.



Servicio Nacional de Caminos
Proyecto Caminos Vecinales - CCVV

Av. Villazón kilometro 3 y 1/2.
Teléfonos: 299389 - 299377
Cochabamba - Bolivia