

Administración Autónoma para
Obras Sanitarias de Potosí (AAPOS)
República de Bolivia

**INFORME DEL ESTUDIO DE
DISEÑO BÁSICO SOBRE EL PROYECTO DE
DESARROLLO DE AGUA POTABLE SISTEMA
DEL RÍO SAN JUAN EN POTOSÍ
EN
LA REPÚBLICA DE BOLIVIA**

Enero de 2009

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

**TOKYO ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.
OYO INTERNATIONAL CORPORATION**

FFP

JR

09-002

**INFORME DEL ESTUDIO DE
DISEÑO BÁSICO SOBRE EL PROYECTO DE
DESARROLLO DE AGUA POTABLE SISTEMA
DEL RÍO SAN JUAN EN POTOSÍ
EN
LA REPÚBLICA DE BOLIVIA**

Enero de 2009

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

**TOKYO ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.
OYO INTERNATIONAL CORPORATION**

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Bolivia, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto de Desarrollo de Agua Potable Sistema del Río San Juan en Potosí en la Republica de Bolivia y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Bolivia una misión de estudio desde el 16 de abril hasta el 30 de mayo de 2008.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Bolivia y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. La misión a su regreso al Japón efectuó labores internas y retornó nuevamente a Bolivia con el propósito de explicar el contenido del Borrador del Estudio de Diseño Básico entre el 16 al 27 de octubre de 2008, hasta que finalmente se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Finalmente, deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de Bolivia, por su estrecha cooperación brindada a las misiones.

Enero de 2009

Masafumi Kuroki
Vice Presidente
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

ACTA DE ENTREGA

Tenemos el placer de presentar el Informe Final del Estudio de Diseño Básico sobre el Proyecto de Desarrollo de Agua Potable Sistema del Río San Juan en Potosí en la Republica de Bolivia.

Bajo el contrato firmado con JICA, nuestro consorcio ha llevado a cabo el presente Estudio durante nueve meses aproximadamente, desde abril hasta diciembre de 2008. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del Proyecto en plena consideración a la situación actual de Bolivia, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

Esperamos que este Informe sea de utilidad en el desarrollo del Proyecto.

Muy atentamente,

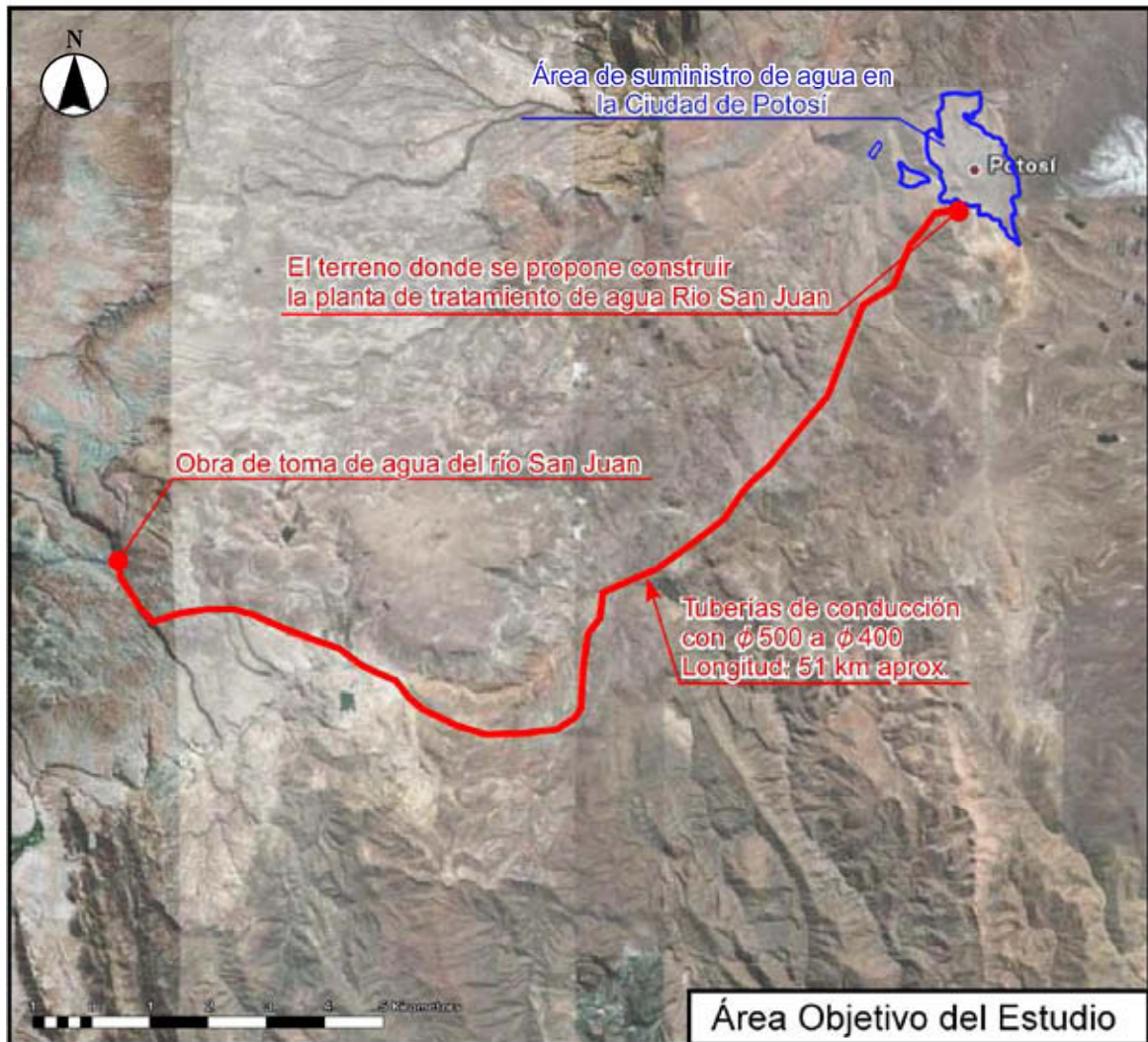
Enero de 2009

Akira Takechi

Jefe del Equipo de Ingenieros
Equipo de Estudio de Diseño Básico

Proyecto de Desarrollo de Agua Potable del
Sistema del Río San Juan en la ciudad de
Potosí de la República de Bolivia

Consorcio entre
Tokyo Engineering Consultants Co., Ltd.
OYO International Corporation



Área Objetivo del Estudio

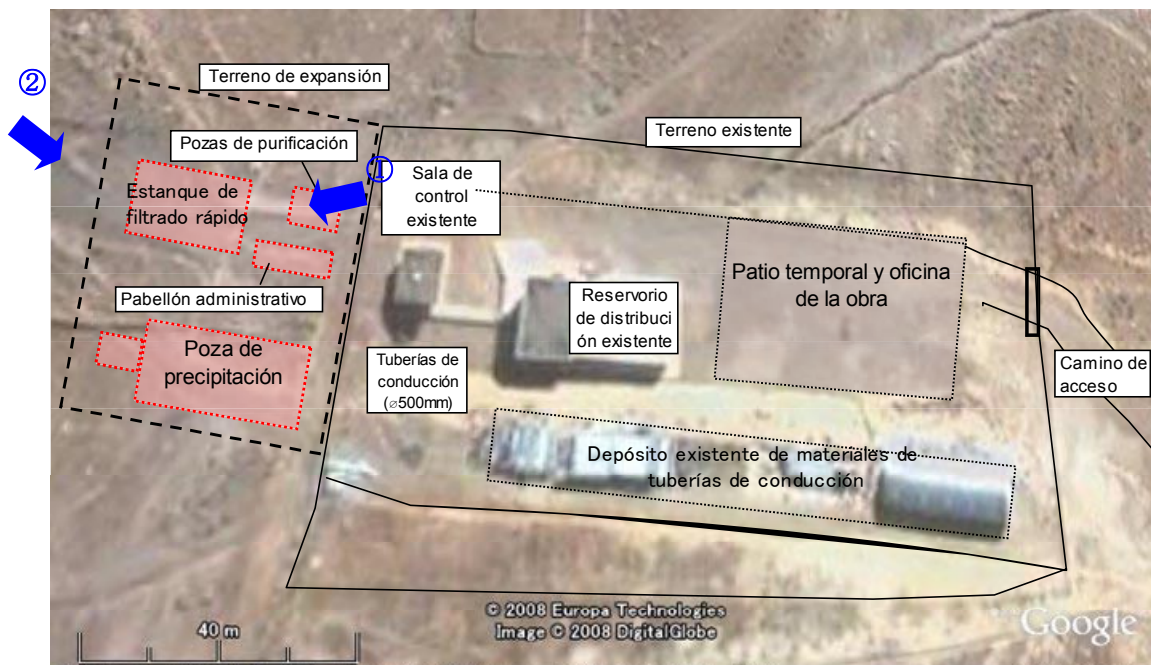
FOTOGRAFÍAS DE LA LOCALIDAD



Vista del área del Proyecto desde el reservorio de distribución de agua existente.



Aspecto de una zona comercial dentro del área del Proyecto.



Relación entre el terreno para la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua Río San Juan y las instalaciones del reservorio de distribución existentes.



Vista del terreno para la nueva instalación tomada desde el reservorio de distribución existente (El ① de la foto superior)



Vista del reservorio de distribución existente tomada desde el terreno para las nuevas instalaciones (El ② de la foto superior)



Vista de las instalaciones de la toma de agua captada desde aguas abajo. Con el Proyecto se instalará barreras de protección contra la caída de piedras, tuberías by pass, y se reparará las tuberías de sedimentos.



La compuerta de la toma de agua no funciona debido a su deterioro, por lo cual será cambiada por el Proyecto.



Filtración de agua en el estanque de regulación de las instalaciones de toma de agua. Será reparado por el Proyecto.



Estado de las tuberías de conducción a 1.0km de las instalaciones de toma de agua.

El barranco en la parte superior donde se están instaladas las tuberías de conducción de agua, es muy inestable y existe el peligro de caídas de piedras y derrumbe de la pendiente.

El Proyecto ejecutará obras de protección de la ladera superior.



Existe la tendencia de formarse erosiones por las lluvias desde la parte superior de las tuberías de conducción de agua, siendo alta la posibilidad de que erosione la base de la tubería. Con el Proyecto se instalará una alcantarilla para prevenir una erosión.



La cámara de sedimentos no tiene instalada la tubería de drenaje de sedimentos. Con el Proyecto se instalará dicha tubería.



Panorama conceptual de la Planta de tratamiento de agua San Juan

ABREVIACIONES

AAPOS	Administración Autónoma para Obras Sanitarias
A/P	Autorización de Pago
ATPDEA	Ley de Promoción Comercial Andina y Erradicación de Drogas
B/A	Arreglo Bancario
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BOB	Bolivianos
CAF	Corporación Andina de Fomento
E/N	Canje de Notas
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
FTA	Tratado de Libre Comercio
FTAA	Área de Libre Comercio de las Américas
GNI	Renta Nacional Bruta
IMF	Fondo Monetario Internacional
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
JPY	Yen Japonés
KfW	Instituto de Crédito para la Reconstrucción de Alemania
M/P	Plan Maestro
MA	Ministerio de Agua
mg/l	Miligramo por litro (Unidad de concentración)
NTU	Unidad Nefelométrica de Turbiedad
pH	Valor pH (exponente hidrogeniónico)
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SISAB	Superintendencia de Saneamiento Básico
UCV	Grado de cromaticidad
USD	Dólar Americano
VAT	Impuesto al Valor Agregado
VIPFE	Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo

SUMARIO

La República de Bolivia (en adelante Bolivia) es un país mediterráneo situado en el centro de Sudamérica, con una extensión de 1,098,000 km², con una población de 9,230,000 habitantes (año 2004), y una renta nacional bruta de 1,010 dólares (Banco Mundial 2005). Posee una estructura económica que se deja influir fácilmente por los precios internacionales, pues la tasa de dependencia en los productos primarios como son principalmente los productos agrícolas (soja, azúcar, etc.), los productos mineros (zinc, aluminio, gas natural, etc.), encierran el 80% de sus exportaciones.

El gobierno de Bolivia formuló el "Plan Nacional de Saneamiento Básico (2000 – 2010)" y anunció que su meta era elevar hasta el 90% la tasa de difusión del agua potable que en el año 2004 había alcanzado el 72.3%, y está dando mucha importancia al acondicionamiento de las instalaciones de agua y alcantarillado.

La ciudad de Potosí, se encuentra ubicada en el extremo sudoeste de Bolivia a una altura de 4,000 m sobre el nivel del mar, es la capital del departamento de Potosí y es considerada como una de las zonas más pobres de Bolivia. Actualmente cuenta con una población de 150mil habitantes, sin embargo con la migración de los pobladores de las zonas rurales aledañas, se prevé que en año 2020 la población alcance a 200 mil habitantes.

El servicio del agua de la ciudad de Potosí, está a cargo de la Administración Autónoma para Obras Sanitarias de Potosí (AAPOS) que es el organismo ejecutor de este Proyecto, considerando el incremento de la población y la ampliación de las zonas habitacionales, se calculaba que para el año 2006 la tasa de abastecimiento de agua sería del 81% aproximadamente, siendo el índice de consumo de agua de 138 litros diarios por persona con base en el volumen de abastecimiento de agua. (En las normas del índice de consumo de agua de Bolivia, se establece para la ciudad de Potosí un consumo de 150 litros diario por persona).

El sistema de distribución de agua de la ciudad de Potosí se divide en dos zonas de suministro de agua, la del sistema Kari Kari y la del sistema Río San Juan. De estos, para el sistema Kari Kari con el financiamiento del Instituto de Crédito para la Reconstrucción (KfW) de Alemania se está construyendo instalaciones para el servicio de agua incluyendo una planta de purificación de agua con una capacidad de tratamiento de 150 l/seg, cuya conclusión está prevista para el año 2008. Una vez terminado el proyecto con el sistema Kari Kari se podrá garantizar un suministro de agua segura.

En relación a esto, para el sistema Río San Juan que tiene como fuente el Río San Juan, con la cooperación financiera del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el año 2000 se realizó el tendido de tuberías de conducción a lo largo de aproximadamente 51km y se construyó el reservorio de distribución. Sin embargo, no se construyó la planta de tratamiento de agua, por lo cual el agua proveniente del río San Juan está siendo distribuida sin tratamiento alguno. Después de una fuerte lluvia, por el incremento de la turbiedad de la fuente del río se ven en la obligación de suspender la distribución del agua o hacerlo con una alta turbiedad. Además, con relación a las tuberías de conducción, éstas se encuentran tendidas en suelos inestables y debido a la falta de acondicionamiento de las alcantarillas para el agua de lluvia, se produce la socavación de la base, caída de piedras, etc., produciéndose accidentes en la tuberías con el riesgo de cortes de agua prolongados. Por todas estas razones, el gobierno de Bolivia planteó el proyecto de mejoramiento de las instalaciones de agua del sistema Río San Juan y en marzo de 2004 para la ejecución de dicho proyecto solicitó la cooperación financiera no reembolsable al gobierno del Japón.

El gobierno del Japón aceptó la solicitud, y como resultado de los estudios preliminares realizados entre octubre a noviembre de 2007, se verificó además del problema existente en la calidad del agua de la fuente, que existe gran urgencia en la protección y reparación de las tuberías de conducción de agua. El contenido de la solicitud que fue verificado es como sigue:

- Construcción de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan (Capacidad de tratamiento: 175 l/seg.).
- Reparación de las instalaciones de la toma de agua y conducción (Reparación de las instalaciones de toma de agua: 1 lugar; Reparación – Construcción de los cimientos de las tuberías de conducción: 51km aproximadamente)
- Suministro de equipos para análisis de calidad del agua (equipos para análisis de la calidad del agua necesarios para el control operativo cotidiano)

Con base en lo mencionado, el gobierno del Japón determinó la ejecución de los Estudios para el diseño básico del Proyecto, y a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, envió a Bolivia una misión de estudios del 16 de abril al 30 de mayo de 2008, la cual a la vez que sostuvo reuniones con los funcionarios relacionados, realizó los estudios en el sitio. A su regreso al Japón la misión en base a los análisis realizados en su país, elaboró el borrador del Informe del Diseño Básico, y entre el 16 al 27 de octubre de 2008 realizó en Bolivia la explicación del mismo y la discusión con los funcionarios pertinentes. En base a dichos resultados fue elaborado el presente informe. El resumen del Informe es el siguiente.

En el proyecto actualmente no se realiza el tratamiento del agua, por lo que se construirá una planta de tratamiento de agua del sistema Río San Juan, se realizará la reparación de las instalaciones de toma de agua y de las tuberías de conducción que requieren urgente restauración

Los lineamientos básicos del Proyecto son como sigue.

- Normas de Diseño

Para garantizar la calidad de agua que satisfaga las normas de calidad de Bolivia, se realizó el diseño de las instalaciones de manera que estén de acuerdo a las normas técnicas para el diseño de instalaciones del servicio de agua de Bolivia y a las normas de diseño para las instalaciones del servicio de agua de Japón, año 2000.

- Volumen de purificación del proyecto de construcción de la planta de tratamiento Río San Juan

Como resultado de la verificación de la capacidad de las tuberías de conducción existentes, de la capacidad de abastecimiento de agua desde la planta de tratamiento de agua hasta el reservorio de distribución, y del derecho de toma del agua cruda, quedó aclarado que no existen fundamentos técnicos sobre los 175 l/seg de capacidad de flujo de las tuberías de conducción, por lo tanto se consideró adoptar como capacidad de flujo los 160 l/seg que fueron verificados, sin embargo, en el momento actual el derecho de toma de agua es de 150 l/seg, lo cual significa que si se sobrepasa dicha cantidad pueden producirse problemas en la garantía de derecho de toma de agua y su solución puede requerir tiempo; de ser así existen probabilidades un gran atraso en la ejecución del Proyecto, por lo cual se ha determinado adoptar los 150 l/seg como volumen de tratamiento de agua del Proyecto haciendo coincidir con el actual derecho de toma de agua.

- Sistema de tratamiento de agua en la planta de tratamiento Río San Juan

El agua cruda del sistema Río San Juan es clara y mientras no llueva tiene una calidad que puede satisfacer las normas de calidad, sin embargo en la época de lluvias, principalmente cuando llueve durante varios días el agua tiene una turbiedad que supera las normas de calidad de agua de Bolivia (5NTU) lo cual ha sido verificado en las mediciones de calidad efectuada por AAPOS después de los Estudios Preliminares. Además, se ha evaluado estadísticamente la probabilidad de que se presente una alta

turbiedad que requiera tratamiento, y se estima que entre los años 2004 y 2007 hubo un promedio de 131 días (36%) de días en que la turbiedad sobrepasó el 5NTU de las normas bolivianas. Por otro lado, sobre los demás factores indicadores de la calidad de agua aparte de la turbiedad, en los estudios de calidad realizados tanto en los estudios preliminares como en los estudios para el diseño básico, no se encontraron sustancias nocivas ni venenosas y debido a que en la cuenca donde se encuentra el punto de toma de agua casi no existe casi la actividad humana, se considera que las posibilidades de encontrar dichas sustancias en el agua cruda son sumamente bajas, por lo cual no es necesario un sistema especial de tratamiento de agua, sino aplicar el normal que consiste en la eliminación de turbiedad mediante el filtrado y la desinfección mediante el cloro.

Se considera que podría utilizarse cualquiera de los sistemas de filtrado, el de filtrado rápido o el de filtrado lento, sin embargo, deberá considerarse algunas condiciones tales como la calidad del agua cruda, el aspecto económico, el área de terreno necesario, la capacidad de almacenamiento etc., antes de tomar una decisión.

- Lineamientos para la reparación de la boca de toma de agua

En cuanto a las instalaciones de toma de agua del río San Juan, el lineamiento básico es realizar la reparación de la compuerta, la instalación de tuberías by pass en el tanque de sedimentos, en el tanque de regulación, reparación de la filtración de los alrededores del tanque de regulación, reparación de la tubería de drenaje, construcción de defensas contra la caída de piedras en el margen izquierdo, etc., de manera que sea posible mantener las funciones de las instalaciones existentes.

- Lineamientos para la reparación de las instalaciones de toma de agua

En el estudio de diseño se identificó 140 sitios peligrosos. No quiere decir que en el futuro todos sufrirán daños irreversibles y que perderán su función de conducción de agua, sino que con el Proyecto serán reparados pero debido a que técnicamente y económicamente es difícil garantizar la seguridad de los conductos eternamente, será necesario que AAPOS como parte de las labores de mantenimiento continúe observando los conductos de agua, identifique los lugares dañados y realice las reparaciones adecuadas. Por consiguiente, en el Proyecto tendrá como lugares objetivo de reparación a aquellos con posibilidades de perder su función de conducción por un gran daño producido, o a aquellos con alto riesgo de que se produzca algún fuerte deterioro.

- Acondicionamiento de la cámara de sedimentos (purga)

En el proceso del Estudio se descubrió que la cámara de sedimentos que se encuentra sobre la línea de conducción no está funcionando satisfactoriamente. Aunque en la solicitud no estaba incluido el acondicionamiento de la cámara de sedimentos, se ha llegado a la conclusión de que la arena sedimentada en las tuberías hace descender la capacidad de las tuberías de conducción existentes, y si se deja tal como está, es posible que no pueda garantizarse el volumen de tratamiento de agua programado en la planta de tratamiento Río San Juan a ser construida, razón por la cual con el Proyecto se acondicionará la cámara de sedimentos.

- Equipos para el análisis de la calidad del agua

Los equipos de análisis a ser suministrados por el Proyecto se limitan a aquellos que son necesarios para la medición de ítems de calidad del agua necesarios para el control de las operaciones de la planta, los cuales serán proporcionados como equipos de la planta de tratamiento de agua.

Componentes no estructurales

Se llevará a cabo la transferencia tecnológica sobre el "Mantenimiento de la Planta de Tratamiento" y el "Mantenimiento de las tuberías de conducción", como componentes no estructurales.

El resumen del Proyecto se señala en la siguiente tabla.

Resumen del Proyecto

División	Obra/Item	R e s u m e n	
Construcción de Instalaciones	Planta de Tratamiento de agua	Volumen de tratamiento proyectado	150 l/seg
		Pozo de recepción	1 tanque
		Tanque de mezcla	2 tanques
		Tanque de floculación	2 tanques
		Tanque de sedimentación	2 tanques
		Tanque de filtración rápida	4 tanques
		Tanque de drenaje del lavado	1 tanque
		Equipo de inyección de floculantes	1 Obra
		Equipo de inyección de cloro	1 Obra
	Reparación de tuberías de conducción de agua	Reparación de instalaciones de toma de agua 1 obra	• Cambio de compuerta • Instalación de tuberías de by pass • Reparación de fugas de agua • Ampliación de tuberías de drenaje • Instalación de vallas de protección para prevención de caída de rocas
		Protección de tuberías de conducción de agua 28 lugares	• Protección de canales de agua • Protección del lecho del río • Protección de las tuberías • Nueva base para las tuberías • Reparación • Protección de pendientes
		Reparación de cámaras de sedimentos 39 lugares	• Refuerzo contra la erosión • Instalación de tuberías de drenaje • Instalación de fosas de drenaje • Instalación de tapas de registro de inspección • Reparación de fugas de agua
Componentes no estructurales	Control y mantenimiento para la operación de la planta de tratamiento de agua		
	Mantenimiento de las tuberías de conducción de agua		

Mediante la ejecución del proyecto, se espera obtener como resultados directos lo siguiente:

- Mediante el tratamiento del agua, abastecer de agua segura a la población de 73,586 habitantes (población calculada en el año 2008) del área del sistema Río San Juan que es el área del Proyecto, incrementando el índice de abastecimiento de la actualmente considerada agua segura que es el 54% hasta el 94.5%.
- Mediante el tratamiento del agua, acabar con los cortes de agua debidos a la alta turbiedad (actualmente 27 días al año).
- Mediante la repación de tuberías de conducción de agua, se elevará la seguridad de dichas tuberías de manera que se reduzca a 0 la probabilidad de producirse cortes de agua por accidentes en las tuberías que en la actualidad es de 193.9 días como máximo.

Además, como resultados indirectos se espera la reducción de riesgos de enfermedades producidas por el agua, mediante el suministro de agua segura.

El Proyecto se ejecutará con bonos del estado de tipo A, siendo el plazo de ejecución de la obra de 28 meses incluyendo el diseño de detalles y el período de licitación.

Este Proyecto teniendo como objetivo contribuir con el abastecimiento estable de agua potable segura que satisfaga las normas de calidad de agua del sistema Río San Juan que actualmente no son cumplidas debido a la carencia de una planta de tratamiento, el mejoramiento del estado sanitario y del nivel de vida, construirá la planta de tratamiento Río San Juan y efectuará la reparación de las tomas de agua y de las tuberías de conducción. Será beneficiada la población de 73,586 habitantes (calculado en el año 2008) pertenecientes al sistema Río San Juan que es la zona objetivo del Proyecto.

Ahora, la planta de tratamiento a ser construída y las instalaciones de toma de agua y de conducción a ser reparadas por el Proyecto, serán controladas y mantenidas por AAPOS, sin embargo, una vez concluidas las obras no serán simplemente entregadas, sino que se ofrecerá asistencia mediante componentes no estructurales en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua y en el mantenimiento de las tuberías de conducción, para que cuenten con la suficiente capacidad de mantenimiento. De esta manera no se producirán especialmente problemas desde el punto de vista medioambiental.

Por lo mencionado anteriormente, este Proyecto se considera que es adecuado como gestión objeto de contribución mediante la Cooperación Financiera no Reembolsable del gobierno del Japón.

INFORME DEL ESTUDIO DE
DISEÑO BÁSICO SOBRE EL PROYECTO DE
DESARROLLO DE AGUA POTABLE SISTEMA
DEL RÍO SAN JUAN EN POTOSÍ
EN
LA REPÚBLICA DE BOLIVIA

Prefacio

Acta de Entrega

Área Objetivo Del Estudio

Fotografías tomadas en el Área del Estudio

Panorama conceptual de la obra terminada

Abreviaturas

Sumario

Índice

Capítulo 1	Antecedentes y Proceso del Proyecto	1-1
1.1	Antecedentes, proceso y resumen de la solicitud de cooperación financiera no reembolsable	1-1
1.2	Condiciones Naturales	1-3
Capítulo 2	Contenido del Proyecto.....	2-1
2.1	Resumen del Proyecto	2-1
2.1.1	Meta Superior y Meta del Proyecto	2-1
2.1.2	Resumen del Proyecto.....	2-2
2.2	Diseño Básico del Proyecto de Cooperación	2-5
2.2.1	Lineamientos del Diseño.....	2-5
2.2.2	Plan Básico	2-17
2.2.3	Planos de Diseño Básico	2-29
2.2.4	Plan de Ejecución de obras / Plan de Abastecimiento	2-57
2.3	Resumen de las Obligaciones a ser efectuadas por la parte boliviana	2-69
2.3.1	Obligaciones generales.....	2-69

2.3.2	Obligaciones excepcionales para el Proyecto.....	2-69
2.4	Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto.....	2-70
2.4.1	Mantenimiento de las instalaciones del Proyecto	2-70
2.4.2	Régimen de mantenimiento de las instalaciones del Proyecto.	2-71
2.4.3	Mantenimiento del servicio de agua en la zona del Proyecto	2-72
2.5	Cálculo aproximado de los costos del Proyecto	2-73
2.5.1	Cálculo aproximado de los costos del Proyecto objeto de Cooperación.....	2-73
2.5.2	Gastos de Administración y Mantenimiento.	2-74
2.6	Asuntos que deben ser considerados al ejecutar el proyecto objetivo de cooperación.....	2-77
Capítulo 3	Comprobación de la idoneidad del Proyecto.....	3-1
3.1	Efectos del Proyecto.....	3-1
3.2	Asuntos pendientes - Propuestas.....	3-2

Lista de Figuras

Figura 1.1	División topográfica de Bolivia.....	1-3
Figura 1.2	División geográfica de Bolivia.....	1-3
Figura 1.3	Mapa Geológico	1-4
Figura 1.4	Distribución de las cuencas de Bolivia	1-6
Figura 2.1	Estado actual de la Cámara de Sedimentos e Idea general del acondicionamiento.....	2-14
Figura 2.2	Propuesta de ubicación de los sistemas de filtración lenta y de filtración rápida	2-20
Figura 2.3	Lugares de mejoramiento de las Instalaciones de toma de agua.....	2-25
Figura 2.4	Plano en Planta de Vista General.....	2-31
Figura 2.5	Plano General en Planta – Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan	2-33
Figura 2.6	Plano de corte de desarrollo de terreno - Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan.....	2-35
Figura 2.7	Diagrama de Niveles de Agua - Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan.....	2-37
Figura 2.8	Diagrama de flujo - Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan.....	2-39

Figura 2.9	Plano general en Planta – Toma de Agua del Río San Juan	2-41
Figura 2.10	Mapa de ubicación - Reparación de tuberías de conducción de agua.....	2-43
Figura 2.11	Mapa de ubicación – Reparación de la Cámara de sedimentos Sala de válvula de aire.	2-45
Figura 2.12	Reparación de tuberías de conducción – Plano de ejecución (1).....	2-47
Figura 2.13	Reparación de tuberías de conducción – Plano de ejecución (2).....	2-49
Figura 2.14	Reparación de tuberías de conducción – Plano de ejecución (3).....	2-51
Figura 2.15	Reparación de tuberías de conducción – Plano de ejecución (4).....	2-53
Figura 2.16	Reparación de tuberías de conducción – Plano de ejecución (5).....	2-55
Figura 2.17	Sistema de la Ejecución del Proyecto	2-57
Figura 2.18	Cronograma de ejecución de los componentes no estructurales	2-67
Figura 2.19	Cronograma de Ejecución Proyectado	2-68

Lista de Tables

Tabla 1.1	Contenido de la Solicitud	1-1
Tabla 1.2	Temperatura y cantidad de precipitaciones de la ciudad de Potosí (Resultados de 1961 a 1990)	1-5
Tabla 1.3	Temperatura mensual más alta y más baja (°C)(Valores observado en 2006).....	1-5
Tabla 2.1	Principales índices del Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado de AAPOS	2-2
Tabla 2.2	Resumen del Proyecto	2-3
Tabla 2.3	Ubicación del Proyecto de acuerdo al concepto de PDM.....	2-4
Tabla 2.4	Contenido de la Solicitud	2-5
Tabla 2.5	Valor previsto de días que se produciría un alto grado de turbiedad.....	2-9
Tabla 2.6	Estado de deterioro de los tramos de las tuberías de conducción	2-11
Tabla 2.7	Matriz de evaluación de riesgos potenciales	2-12
Tabla 2.8	Métodos de reparación por formas de deterioro de las tuberías de conducción	2-13
Tabla 2.9	Resultado de los análisis de la calidad del agua del flujo entrante del tanque de distribución Río San Juan	2-18

Tabla 2.10	Comparación de los sistemas de tratamiento de agua	2-21
Tabla 2.11	Comparación de las formas de sedimentación	2-22
Tabla 2.12	Especificaciones de las principales instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua San Juan	2-23
Tabla 2.13	Hoja de cálculo de la capacidad de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan	2-23
Tabla 2.14	Clasificación de los lugares de reparación y las obras correspondientes	2-26
Tabla 2.15	Categorización para la clasificación de las obras de contramedida y los lineamientos de las contramedidas.....	2-27
Tabla 2.16	Lugares que requieren reparación de las cámaras de sedimento (Purgas) y válvulas de aire (Ventosas), y los métodos.	2-28
Tabla 2.17	Relación de Planos de Diseño Básico	2-29
Tabla 2.18	División de Ejecución de Obras de la parte Japonesa y Boliviana	2-58
Tabla 2.19	Clasificación de Abastecimiento de los principales materiales de construcción	2-62
Tabla 2.20	Resultados de los componentes no estructurales	2-64
Tabla 2.21	Plan de actividades de los componentes no estructurales	2-66
Tabla 2.22	Tabla sinóptica del producto resultado de los componentes no estructurales	2-67
Tabla 2.23	Cuadro sintético de los gastos a ser cubiertos por la parte boliviana.	2-73
Tabla 2.24	Costo de energía eléctrica	2-75
Tabla 2.25	Costo de Productos químicos.....	2-75
Tabla 2.26	Costo de producción.....	2-76
Tabla 2.27	Balance de Ingreso y Egresos del Proyecto	2-77
Tabla 3.1	Efectos y grado de mejoramiento de la situación actual mediante la ejecución del Proyecto	3-1

Apendices

Anexo—I	:	Integrantes de los Equipos de Estudio
Anexo—II	:	Cronograma del Estudio
Anexo—III	:	Lista de entrevistados
Anexo—IV	:	Acta de discusiones
Anexo—V	:	Plan de Componentes no estructurales
Anexo—VI	:	Comprobación de la capacidad de la tubería de conducción existente
Anexo—VII	:	Estimación de la turbiedad de aguas originales
Anexo—VIII	:	Evaluación de los potenciales de riesgos en las tuberías de conducción
Anexo—IX	:	Condiciones del terreno previsto para la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua
Anexo—X	:	Estimación del costo de construcción para la comparación de procesos de tratamiento

CAPITULO 1 ANTECEDENTES Y PROCESO DEL PROYECTO

Capítulo 1 Antecedentes y Proceso del Proyecto

1.1 Antecedentes, proceso y resumen de la solicitud de cooperación financiera no reembolsable

Luego de la verificación del Estudio preliminar de noviembre de 2007, el contenido de los estudios realizados en el lugar del Proyecto del Estudio de Diseño Básico fue como se señala en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Contenido de la Solicitud

Contenido		Contenido de la solicitud de Estudios Preliminares	Resultado del examen de los Estudios de Diseño Básico
Construcción de las instalaciones	Construcción de la planta de tratamiento Río San Juan	➤ Capacidad de tratamiento: 175 l/seg ➤ Sobre el sistema de tratamiento, quedó para su consideración	➤ De acuerdo a la situación actual del volumen de derecho de toma de agua, será de 150 l/seg. ➤ El sistema de tratamiento será por filtración rápida.
	Reparación de las instalaciones de toma de agua y conducción del agua	➤ Reparación de instalación de toma de agua: 1 lugar	➤ El contenido de las obras de reparación es el siguiente: • Cambio de la compuerta de afluencia • Instalación de tuberías de by pass para la limpieza del tanque de regulación • Reparación de las fugas de agua en los tanques de sedimentación y regulación • Reparación de las tuberías de drenaje del tanque de regulación • Obras de protección contra la caída de rocas en la pendiente del margen izquierdo.
		➤ Reparación – Construcción de los cimientos del canal de conducción de agua: aproximadamente 51 km.	➤ Considerando el riesgo y la urgencia de los lugares identificados que se encuentran dañados, se hizo una clasificación por nivel de peligrosidad, de cuyo resultado se determinó efectuar las obras de reparación con los siguientes lineamientos: • Los 25 lugares clasificados con el grado de peligrosidad de "nivel 3", serán lugares objetivos del Proyecto. • De los 21 lugares clasificados en el "nivel 2", 3 de ellos serán ejecutados por el Proyecto con la intención de efectuar la transferencia técnica en obras de protección. • En cuanto a los lugares de "nivel 1" continuarán siendo observados por AAPOS, quien efectuará la reparación en el momento en que

			produzca algún problema. ➤ Acondicionar la cámara de sedimentos (purgas) y casetas de válvulas de aire (ventosas)
Abastecimiento de equipos	Abastecimiento de equipos para el análisis de la calidad del agua	➤ Equipos para el análisis de la calidad del agua requeridas para la operación y control cotidiano en la planta de tratamiento Río San Juan	➤ Se proporcionará los siguiente equipos necesarios para el mantenimiento de la planta de tratamiento como parte de sus equipos. • Turbiómetro (portátil) 1 Jgo. • Colorímetro (portátil) 1 Jgo. • Medidor de pH (portátil) 1 Jgo. • Conductómetro (portátil) 1 Jgo. • Analizador de cloro residual (portátil) 1 Jgo. • Probador de jarras 1 Jgo.
Componentes no estructurales	Componentes no estructurales para el mantenimiento de la planta de tratamiento y de las tuberías de conducción.	—	➤ Se llevará a cabo la ejecución de los componentes no estructurales sobre el mantenimiento de la planta de tratamiento y de las tuberías de conducción.

El volumen de tratamiento planeado para la planta de tratamiento Río San Juan era de 175 l/seg, sin embargo, de acuerdo a los resultado del análisis de los estudios de diseño básico se ha determinado que será de 150 l/seg. Por otro lado, con relación a los equipos para el análisis de la calidad del agua solicitado como suministro de equipos, se cumplirá para que quede como parte de los equipos de la planta de tratamiento. Además, de acuerdo a los resultados de los estudios de diseño básico, se ha decidio ejecutar el programa de componentes no estructurales relacionados con el mantenimiento de la planta de tratamiento y de las tuberías de conducción.

1.2 Condiciones Naturales

(1) Topografía - Geología

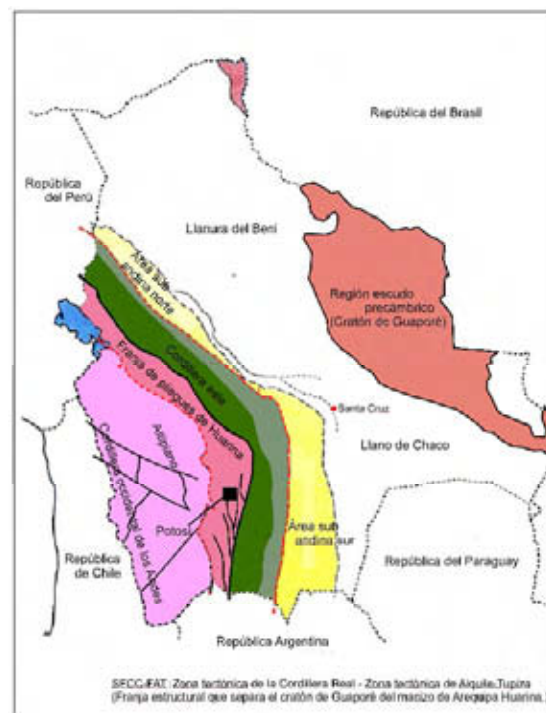
Bolivia, topográficamente se encuentra dividido en las siguientes tres zonas. (Ver Figura. 1.1)

- Región Andina donde se incluye la región montañosa de la Cordillera de los Andes y la elevada meseta del Altiplano con más de 3,000 m de altitud.
- Región montañosa central de 1,000m a 3,000m de altitud.
- Región de los llanos orientales con menos de 1,000m de altitud entre la cuenca del Río Amazonas y del Río de La Plata

La cordillera de los Andes se extiende en la parte occidental desde el norte hasta el sur, dividida en dos ramales, la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental. La Cordillera Occidental se encuentra a lo largo de los límites con Chile y Perú, formando las vertientes del Océano Pacífico y del Océano Atlántico. Por otro lado, la Cordillera Oriental se bifurca bordeando en la parte norte a la región de los llanos. El altiplano es una región inmensa que se ubicada entre ambas cordilleras y allí se encuentra el gran Lago Titicaca (área de 8,686km² y a una altitud de 3,810m) En la llanura central, se extiende una meseta de 2000m de altitud bordeando la parte sur de la cordillera oriental, formando la zona de quebradas y es aquí donde se encuentran la cuenca de Potosí donde se encuentra la ciudad de Potosí, la cuenca de Sucre y la cuenca de Cochabamba. La llanura oriental se encuentra entre la parte oriental y norte del territorio nacional, donde la amplia región amazónica de terrenos bajos ocupa gran parte del país.



Figura. 1.1 División topográfica de Bolivia



(Fuente) Datos obtenidos del proyecto Centro de Investigación Minero Ambiental (CIMA) JICA - Gobierno de la República de Bolivia

Figura. 1.2 División geográfica de Bolivia

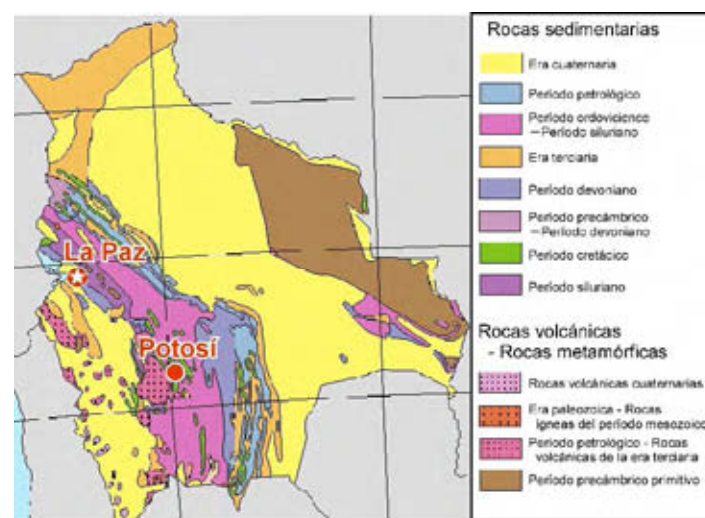
Además, como se puede apreciar en la Figura 1.2, la topografía de Bolivia está dividida en 7

regiones.

(1) Zona montañosa occidental andina, (2) Altiplano, (3) Zona montañosa oriental andina, (4) Zona al pie de los Andes argentinos, (5) Llanura oriental, (6) Zona montañosa de Chiquitanos, (7) Escudo central.

En los alrededores de la ciudad de Potosí que es el área objetivo del Proyecto, se encuentra la meseta del Altiplano, que geológicamente está cubierta de suelos rocosos precámbricos de la era paleozoica, rocas sedimentarias del período cretácico mesozoico, rocas volcánicas solidificadas de la nueva era terciaria (principalmente de andesita), sedimentos no solidificados (sedimentos glaciares, aluviales, lacustres, etc.). En las proximidades de la zona de estudio existen formaciones estructuras de pliegues en el sistema norte sur y en el cinturón Overthrust por efecto de las orogenias (caledónica, hercínica, andina, etc.).

Además, desde la toma de agua del río San Jaun hasta la ciudad de Potosí se extienden capas de sedimentos no solidificados de la nueva era cuaternaria, rocas volcánicas de la nueva era terciaria, y rocas sedimentarias cretácicas del período mesozoico.



(Fuente) Datos obtenidos del proyecto Centro de Investigación Minero Ambiental (CIMA) JICA - Gobierno de la República de Bolivia

Figura 1.3 Mapa Geológico

Los sedimentos no solidificados de la era cuaternaria (sedimentos o depósitos aluviales, de terrazas, etc.), se extienden en los alrededores de la ciudad de Potosí. Esta capa contiene gran cantidad de peñas, sin embargo la matriz es principalmente de tierra arenosa suelta razón por la cual fácilmente erosionan con las corrientes superficiales de agua.

Las rocas volcánicas de la era terciaria están formadas principalmente de dacita y se encuentran dispersadas en toda la región de los estudios. Por los efectos de los movimientos de la estructura geológica como las fallas por ejemplo, en los lugares donde se han producido aflojamiento de rocas (cerca de las tomas de agua, etc.), se producen con facilidad derrumbes de las capas superficiales.

Las rocas sedimentarias del período cretácico, se encuentran distribuidas desde el punto de la toma de agua hasta 12 km al sureste cerca a donde se encuentra ubicada el pueblo Agua de Castilla. En los lugares donde la capa superficial es de tierra arenosa de color marrón (por efecto de movimientos estructurales geológicos) la corrosión por las corrientes superficiales de agua es notable, lo cual lo convierte en un lugar inestable desde el punto de vista de la geología civil.

(2) Clima

Bolivia es un país continental ubicado casi en el centro del continente Sudamericano cerca a la línea ecuatorial (Entre los 10 a 23 °C latitud sur). La superficie es de 109km², casi el triple del territorio japonés. Desde el punto de la latitud, es una zona perteneciente a la franja tropical y sub tropical, sin embargo, debido a que en la parte occidental se eleva la cordillera de los Andes que altitud supera los 6000m hasta la franja de la selva tropical del Amazonas en la parte oriental, su clima varía complicadamente debido a los cambios topográficos tridimensionales. La época de sequía y de lluvias es claramente diferente, de noviembre hasta abril del siguiente año es la época de lluvias y de mayo a octubre la época de sequía.

La ciudad de Potosí ubicada en la zona objetivo del estudio, se encuentra a una altura de 4100m sobre el nivel del mar, conocido por ser la ciudad más alta del mundo. Por esta razón, la temperatura promedio anual es de 9 °C, el volumen de precipitación promedio es de 400mm anuales, y de acuerdo a los registros de observación, entre mayo y septiembre también se han registrado temperaturas de hasta menos de 5 °C bajo cero.

En la Tabla 1.2 se muestra las temperaturas y cantidad de precipitaciones de la ciudad de Potosí entre los años 1961 a 1990, y en la Tabla 1.3 las temperaturas y precipitaciones promedio mensual de los años 2004 a 2007.

**Tabla 1.2 Temperatura y cantidad de precipitaciones de la ciudad de Potosí
(Resultados de 1961 a 1990)**

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Temperatura promedio mensual (°C)	10.5	10.3	10.5	9.8	7.7	5.9	5.7	6.9	8.4	10.2	11.0	10.8	9.0
Cantidad de lluvias (mm)	102.5	99.4	56.4	13.5	3.8	1.6	1.2	2.6	12.2	19.6	44.3	59.1	416.2

Fuente: Dirección Meteorológica de Bolivia

Zona de observación: Observatorio del Aeropuerto de Potosí

Tabla 1.3 Temperatura mensual más alta y más baja (°C)(Valores observado en 2006)

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Promedio de temperatura máxima (°C)	15.8	16.0	17.6	17.7	15.4	14.9	15.2	16.5	17.2	18.4	21.0	18.6	—
Promedio de temperatura mínima(°C)	2.7	2.8	2.5	0.8	-3.3	-4.6	-4.5	-3.2	-1.6	0.8	2.5	3.1	—
Temperatura promedio (°C)	9.3	9.4	10.1	9.3	6.1	5.1	5.3	6.6	7.8	9.6	11.7	10.8	—
Promedio de lluvias mensuales (mm)	94.9	72.0	39.2	18.2	1.9	0.0	1.0	0.6	11.1	22.0	29.6	35.1	325.3

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología de Bolivia

Lugar de Observación: Observatorio del Aeropuerto de Potosí

(3) Hidrografía

Bolivia está dividida en 3 cuencas hidrográficas que son "del Amazonas", "del Altiplano" y "de La Plata", como vertiente de la cordillera de los Andes, los cuales ocupan el 65%, el 21% y el 14% del territorio respectivamente.

La ciudad de Potosí y el Río San Juan que es la fuente de agua del Proyecto, pertenece a la cuenca de La Plata.



(Fuente) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Bolivia

Figura. 1.4 Distribución de las cuencas de Bolivia

Capítulo 2 Contenido del Proyecto

Capítulo 2 Contenido del Proyecto

2.1 Resumen del Proyecto

2.1.1 Meta Superior y Meta del Proyecto

Como meta superior del presente proyecto se puede mencionar los siguientes planes.

- Plan Nacional de Saneamiento Básico 2001-2010, Dirección General de Saneamiento Básico, Año 2001.
- Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado para Obras Sanitarias de Potosí, AAPOS, año 2000. (Se realizó la revisión en el año 2002).

El Plan Nacional de Saneamiento Básico establece metas de acondicionamiento que involucra a toda la República de Bolivia y señala las metas de acondicionamiento de los servicios de agua y alcantarillado por áreas urbanas y pueblos rurales para el año 2010. La ciudad de Potosí es un área urbana, la tasa de difusión del servicio de agua en el año 2000 era del 90%, y se tiene como meta el 96% para el año 2010.

En el Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado para Obras Sanitarias de Potosí, AAPOS señala los índices de acondicionamiento del servicio de agua y alcantarillado teniendo como meta el año 2025 (se señala también como meta el año 2040 como valor de referencia). El Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado fue formulado en el año 2000, y aunque fue revisado en el 2002 correspondiendo al Plan Nacional de Saneamiento Básico, su contenido no ha sido variado.

En la Tabla 2.1 se señala los índices de acondicionamiento más importantes relacionados con el mejoramiento del servicio de agua potable de dicho Plan Estratégico. De acuerdo a este Plan, la meta de difusión de suministro de agua potable para el año 2010 es del 95.6%, lo cual casi coincide con la meta establecida en el Plan Nacional de Saneamiento Básico. Se dice que el índice de difusión de dicho servicio en el año 2006 ya era del 94.5%¹, por lo cual se puede decir que son altas las posibilidades de lograr el índice de difusión.

Sin embargo, si se observa el volumen de producción de la Tabla 2.1 a partir del año 2007 permanece estable en 305 l/s², sin corresponder al incremento del volumen de la demanda debido al aumento del índice de difusión y de la población³.

¹ De acuerdo a las respuestas al cuestionario de los Estudios Preliminares.

² El total de litros por segundo producidos por la Planta de Tratamiento de Kari Kari 155 l/s y por la Planta de Tratamiento de agua Río San Juan 150 l/s. No obstante, el volumen de producción de la planta de tratamiento de agua Kari Kari en actual construcción es de 150 l/s. Además, aunque el volumen de producción de la planta de tratamiento de agua San Juan de la solicitud (de cooperación) es de 175 l/s., no ha sido reflejado.

³ AAPOS no tiene ningún plan de acondicionamiento de las instalaciones que respondan al Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado. Aunque se requiere un plan de ampliación de las instalaciones para enfrentar al incremento del volumen de demanda para de aquí en adelante, sólo existe la idea de conducir el agua desde los pequeños lagos y pantanos de los alrededores de Potosí.

Tabla 2.1 Principales índices del Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado de AAPOS

Índices	Año 2002	Año 2007	Año 2010	Año 2015	Año 2020	Año 2025
Población de la ciudad de Potosí (personas)	135,445	148,554	157,020	173,175	187,549	203,117
Número de conexiones	20,038	24,866	27,125	31,040	34,100	36,930
Población beneficiada con el suministro de agua (personas)	112,167	138,046	150,066	170,975	187,549	203,117
Tasa de difusión de suministro de agua (%)	82.8	92.9	95.6	98.7	100.0	100.0
Volumen de producción (l/s)	210	305	305	305	305	305
Volumen de demanda de agua (l/s)	358	421	440	474	500	527

Fuente: Plan Estratégico de Desarrollo de Agua Potable y Alcantarillado para Obras Sanitarias de Potosí, AAPOS, 2000

Por otro lado, el suministro de agua de AAPOS, está conformado por dos sistemas de distribución que son el sistema de distribución de agua de Kari Kari y el sistema de distribución de agua Río San Juan, sin embargo, en éste último, que pertenece a la zona objetivo del Proyecto, realiza el suministro de agua sin efectuar el tratamiento respectivo, lo cual significa un gran problema relacionado con el requisito básico del servicio de agua que es la distribución de agua segura. Además, en el sistema de distribución Río San Juan existe el peligro de que por los deslizamientos de tierra, tanto las instalaciones de toma de agua como las tuberías de conducción queden sepultadas, con lo cual enfrenta el riesgo de un corte de agua prolongado si esto llegara a ocurrir.

Por consiguiente, en este Proyecto se tiene como meta elevar la calidad del servicio de distribución de agua, suministrando agua segura mediante el acondicionamiento de la planta de tratamiento Río San Juan y reduciendo el riesgo de producirse cortes de agua por accidentes efectuando reparaciones en las instalaciones de toma de agua y en las instalaciones de conducción.

2.1.2 Resumen del Proyecto

El Proyecto construirá una planta de tratamiento de agua para el mejoramiento de la calidad del agua de suministro del sistema de distribución Río San Juan que debido a la falta de instalaciones de purificación no alcanza el nivel de las normas de calidad de agua, y realizará las reparaciones de la toma de agua y de las tuberías de conducción de agua para elevar la seguridad ante desastres que pudieran ocurrir en las fuentes de la planta de tratamiento de agua. El resumen del Proyecto es tal como se sintetiza en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Resumen del Proyecto

División	Obra/Item	R e s u m e n	
Construcción de Instalaciones	Planta de Tratamiento de agua	Volumen de tratamiento proyectado	150 l/seg
		Pozo de recepción	1 tanque
		Tanque de mezcla	2 tanques
		Tanque de floculación	2 tanques
		Tanque de sedimentación	2 tanques
		Tanque de filtración rápida	4 tanques
		Tanque de drenaje del lavado	1 tanque
		Equipo de inyección de floculantes	1 Obra
		Equipo de inyección de cloro	1 Obra
	Reparación de tuberías de conducción de agua	Reparación de instalaciones de toma de agua 1 obra	• Cambio de compuerta • Instalación de tuberías de by pass • Reparación de fugas de agua • Ampliación de tuberías de drenaje • Instalación de vallas de protección para prevención de caída de rocas
		Protección de tuberías de conducción de agua 28 lugares	• Protección de canales de agua • Protección del lecho del río • Protección de las tuberías • Nueva base para las tuberías • Reparación • Protección de pendientes
		Reparación de cámaras de sedimentos 39 lugares	• Refuerzo contra la erosión • Instalación de tuberías de drenaje • Instalación de fosas de drenaje • Instalación de tapas de registro de inspección • Reparación de fugas de agua
Componentes no estructurales	Control y mantenimiento para la operación de la planta de tratamiento de agua		
	Mantenimiento de las tuberías de conducción de agua		

Mediante la ejecución del presente proyecto, se espera que las 73,586 personas (población estimada del año 2008) pertenecientes al sistema de distribución de agua del Río San Juan puedan recibir los siguientes beneficios.

- Abastecimiento de agua segura purificada.

- Reducción de abastecimiento de agua con alta turbiedad.
- Disminución de riesgos de cortes de agua prolongados causados por accidentes en las tuberías de conducción de agua.

En la Tabla 2.3 se muestra los resultados de la ubicación del Proyecto de acuerdo al concepto de PDM.

Tabla 2.3 Ubicación del Proyecto de acuerdo al concepto de PDM.

Sinopsis del Proyecto	Índices	Método de adquisición de los datos de los índices	Condiciones externas
<u>Meta Superior</u> – Mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de la zona objetivo del Proyecto	– Tasa de incidencia de enfermedades a causa del agua – Grado de satisfacción de la población por el servicio de abastecimiento de agua.	– Estadísticas del Ministerio de Salud – Estudio por encuesta a los ciudadanos.	
<u>Meta del Proyecto</u> – Abastecimiento estable de agua segura a la población de la zona objetivo del Proyecto	– Número de días en que la turbiedad del agua abastecida sobrepasa los 5NTU.	– Informe de los proyectos de AAPOS. – Registros de mantenimiento de AAPOS.	
<u>Resultados esperados</u> – Acondicionamiento de la Planta de tratamiento de agua en la instalación objetivo del Proyecto – Reducción de riesgos de accidentes en las tuberías de conducción de agua.	– Calidad del agua – Veces que el conducto de agua ha sufrido accidentes.	– Registros de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua. – Registros de operación de AAPOS.	
<u>Actividades</u> <u>De la parte japonesa</u> [Construcción de instalaciones] – Construcción de la planta de tratamiento Río San Juan – Reparación de las instalaciones de toma de agua y de conducción de agua. <u>De la parte boliviana</u> – Aseguramiento, acondicionamiento de terrenos necesarios para las obras de construcción, abastecimiento de energía eléctrica etc., medidas de exenciones tributarias. – Mantenimiento de las instalaciones	<u>Insumo</u> <u>Parte japonesa *</u> – Fondos para la construcción de las instalaciones y para el abastecimiento de equipos. – Personal necesario para la ejecución del proyecto.	<u>Parte boliviana **</u> – Terreno para la construcción de las instalaciones. – Fondos para mantenimiento y personal.	<u>Condiciones previas</u> – Asegurar fuentes de agua necesarias para cubrir el volumen de demanda. – Conseguir la licencia ambiental. – Asegurar el terreno necesario para la construcción de las instalaciones.

(Nota) * : Dentro de los alcances de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Japón

** : Dentro de los límites de carga financiera de Bolivia

AAPOS : Administración Autónoma Para Obras Sanitarias de Potosí

2.2 Diseño Básico del Proyecto de Cooperación

2.2.1 Lineamientos del Diseño

(1) Contenido de la Solicitud

El contenido de la solicitud que verificado con los Estudios preliminares realizados en noviembre de 2007 y confirmados con los estudios en el sitio del presente Estudio de Diseño Básico, es tal como se señala en la Tabla 2.4

Tabla 2.4 Contenido de la Solicitud

Item		Contenido de la solicitud en el Estudio Preliminar	Resultado de las consideraciones hechas al Estudio de Diseño Básico.
Construcción de las Instalaciones	Construcción de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan	➤ Capacidad de tratamiento: 175 l/s. ➤ Sobre el método de tratamiento, hacer las consideraciones del caso.	➤ De acuerdo al volumen del derecho de toma de agua actual, es de 150 l/s. ➤ El método de purificación será el método de filtración rápida.
	Reparación de las Instalaciones de toma de agua y de conducción del agua.	➤ Reparación de las instalaciones de toma de agua: 1 lugar	➤ El contenido de las obras de reparación es como sigue: • Cambio de la compuerta de entrada (flujo de entrada). • Instalación de una tubería by pass para la limpieza de la tanque de regulación . • Reparación de las fugas de agua del tanque de sedimentación y en el tanque de regulación. • Mejoramiento del drenaje del tanque de regulación. • Obras de protección contra la caída de rocas en la pendiente del margen izquierdo.
		➤ Reparación – Construcción de la base de las tuberías de conducción de agua.: 51 km aprox.	➤ Como resultado de la clasificación por rango de peligrosidad, considerando la peligrosidad y la urgencia de las partes específicas dañadas, se procederá a realizar las obras de reparación de acuerdo al siguiente lineamiento. • Los 25 lugares clasificados en el "rango 3" de mayor grado de peligrosidad, serán objetivos de este Proyecto. • En cuanto a los 3 lugares de los 21 considerados dentro del "rango 2", serán realizados por el Proyecto con la intención de llevar a cabo la transferencia tecnológica en obras de protección. • En cuanto a los considerados dentro del "rango 1", serán reparados cuando se presente algún problema bajo la continua supervisión de AAPOS.

			➤ Acondicionamiento de las cámaras de sedimentos (Purgas) y de las casetas de válvulas de aire (Ventosas).
Abastecimiento de equipos.	Abastecimiento de equipos para análisis de la calidad del agua.	➤ Equipos para análisis de la calidad del agua necesarios para el control del funcionamiento cotidiano de la Planta de tratamiento Río San Juan.	➤ Se equipará con los siguientes equipos necesarios para el mantenimiento de la Planta de tratamiento de agua. : • Turbiómetro (portátil) 1 Jgo. • Colorímetro (portátil) 1 Jgo. • Medidor de pH (portátil) 1 Jgo. • Medidor de conductividad eléctrica (portátil) 1 Jgo. • Medidor de residuos de cloro (portátil) 1 Jgo. • Probador de jarras 1 Jgo.
Componente no estructural	Componentes no estructurales relacionados al mantenimiento para la operación de la planta de tratamiento de agua y de las tuberías de conducción.	—	➤ Aplicar los componentes no estructurales relacionados con el mantenimiento de la planta de tratamiento de agua y de las tuberías de conducción del agua.

(2) Lineamientos Básicos

Teniendo las metas arriba mencionadas, se ejecutará el diseño básico con los siguientes lineamientos.

1) Normas de Diseño

Para asegurar una calidad de agua que satisfaga las normas de calidad de agua potable de Bolivia (NB512), se realizará un diseño de las instalaciones que estén de acuerdo con el Reglamento Técnico de Estudios y Parámetros Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable: NB689 y de ser necesario también con "El Lineamiento de Diseño de Instalaciones de Agua Potable del Japón del año 2000".

Las normas de calidad de agua, que son la meta del control de calidad de la planta de tratamiento de agua, son las siguientes:⁴

- Turbiedad : Menor a 5NTU
- pH : Entre 6.5 y 9.0
- Grado de coloración : Menor a 15 grados
- Grupos coliformes : 0-CFU/100ml

⁴ En las normas de calidad de agua potable de Bolivia, se encuentran determinados extensos ítems sobre la calidad de agua. Se ha verificado tanto en los Estudios preliminares como es el presente Estudio de Diseño Básico que las sustancias dañinas y las sustancias tóxicas son inferiores a los estándares, y debido a que en el punto de toma de agua no existe una población establecida, ni actividades mineras (incluyendo minas abandonadas), ni actividades agrícolas, se limitó los ítem de calidad de agua a los más necesarios para el control cotidiano. En cuanto a las sustancias dañinas y tóxicas, periódicamente se realizarían los análisis respectivos en el laboratorio de análisis de la calidad del agua que será instalado en la Planta de Tratamiento de agua Kari Kari

- Residuos de cloro: de 0.2 a 0.5mg/l

Además, en Bolivia se han producido sismos⁵, pero no existen normas de resistencia sísmica por lo tanto a las instalaciones a construirse se les aplicará las normas de resistencia sísmica del Japón.

2) Lineamientos de construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan

La planta de tratamiento de agua Río San Juan será diseñada bajo los siguientes lineamientos:

i) Volumen de tratamiento de agua del proyecto

En la solicitud, dice que durante el año 2008 será modificado el contrato de concesión con la Superintendencia de Saneamiento Básico (SISAB), por lo cual, teniendo como premisa el incremento del volumen del derecho de toma de agua actual de 150 l/s a 176 l/s, se tiene como volumen de tratamiento de agua de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan los 175 l/s.

En el presente Estudio, se ha considerado si es posible aceptar los 175 l/s de volumen de tratamiento de agua programado desde los siguientes puntos de vista.

- Capacidad de las tuberías de conducción existentes
- Capacidad de envío de agua desde la planta de tratamiento de agua hasta el tanque de distribución.
- Derecho de toma de agua desde la fuente.

Capacidad de las tuberías de conducción existentes

Con los siguientes 3 métodos se ha verificado si con las tuberías de conducción existentes se puede conducir 175 litros de agua por segundo.

- Capacidad de Diseño
- Volumen de caudal observado
- Cálculo efectuado por el Equipo de Estudio

El fundamento que indica que la capacidad de las tuberías de conducción actuales es de 175 l/s no pudo ser aceptado ni por los valores de diseño, ni por los cálculos ni por los valores de medición real, como los señalan los detalles de las consideraciones que se encuentran en el documento anexo VI. Aunque no se pudo comprobar directamente los valores de diseño debido a que los documentos que lo demuestran se encuentran dispersos, la capacidad de las tuberías de conducción que fueron construídas en realidad se cree que sea de 160 l/s más o menos considerado a partir del valor de cálculo y el volumen del caudal que tenía inmediatamente después de la construcción; debido al mantenimiento precario, se supone que por la acumulación de tierra y arena la capacidad del caudal real ha descendido hasta 130 l/s. Por consiguiente, cabe suponer que la capacidad de las tuberías de conducción existentes aunque se les extraiga la tierra y arena acumuladas, es de 160 l/s como máximo.

Capacidad de abastecimiento a los tanques de distribución

Actualmente desde el tanque de distribución Río San Juan se encuentran tendidas las tuberías de conducción que van hasta los tanques de distribución Chapini A y B y pasando por el tanque de distribución Cerro Chico llega al tanque de distribución Bolívar. Sin

⁵ Por ejemplo, el 17 de noviembre de 2005, en el Departamento de Potosí se produjo un sismo de una magnitud de 6.9 grados

embargo, actualmente no se está utilizando las tuberías de abastecimiento de agua entre los tanques de distribución Cerro Chico y Bolívar. Por consiguiente, resulta que del tanque de distribución Río San Juan sólo se abastece a los reservorios Chapini A y B y Cerro Chico. El diámetro de todas las tuberías es de 150mm y que sumadas ambas tendrán una capacidad de abastecimiento de 68 l/s.

No obstante, se está avanzando las obras de cambio de las tuberías de 150mm, antes mencionadas, por tuberías de 250mm y se dice que sólo falta la instalación de una válvula y unos 5m de tendido de la tubería de 250mm. Al concluir estas obras, desde el tanque de distribución Río San Juan se realizará el abastecimiento de agua a los reservorios Chapini, Cerro Chico y Bolívar, incrementándose a 255 l/s la capacidad total de abastecimiento de agua, y después de concluida la obra de construcción de la planta de tratamiento de agua San Juan, tendrá una capacidad suficiente de abastecimiento. Por lo tanto, se puede decir que en cuanto a la capacidad de distribución, no habrá ningún problema con el volumen de tratamiento programado que es de 175 l/s.

Derecho de toma de agua

Se ha podido comprobar que de acuerdo al contrato de concesión con SISAB en vigencia, el derecho de toma de agua es de 150 l/s y que mediante un oficio enviado a SISAB con fecha 5 de junio de 2007 se solicitó un volumen de toma de agua de 175 l/s.

Sin embargo, se dice que para que SISAB pueda aceptar esta solicitud, AAPOS debe presentar el Informe de Actividades relacionadas a un primer Plan quinquenal del año 2002 al 2006), el cual deberá ser aprobado por SISAB; luego después de la aprobación de dicho informe, AAPOS deberá presentar un segundo Plan quinquenal y a continuación AAPOS deberá demostrar que las instalaciones actuales corresponden a los 175 l/s⁶.

Por otro lado, debido a que SISAB constantemente se ha estado reorganizando en los últimos años, la situación es que dado al cambio de los responsables la aprobación del informe de actividades del primer Plan quinquenal, tiene un retraso de más de un año.

Sin embargo, es evidente que tal como se ha mencionado anteriormente, la capacidad máxima de las actuales instalaciones de las tuberías de conducción es de 160 l/s, y no se ha tomado las medidas correspondientes para los 175 l/s, por lo que se considera que AAPOS tiene que cambiar su solicitud.

Bajo esta situación, el derecho de toma de agua vigente, para determinar el volumen de tratamiento de agua planeada que supere los 150 l/s, se deberá agregar el aseguramiento del derecho de toma de agua como prerequisite para la ejecución del Proyecto. En ese caso al igual que los demás prerequisites, el plazo es hasta fines de octubre, sin embargo, considerando la situación de SISAB y los problemas de las instalaciones de AAPOS, se podría decir que va a ser casi imposible que hasta fines de octubre pueda asegurarse el derecho de toma de agua.

Como resultado de las consideraciones arriba efectuadas, ha quedado claro que no existen fundamentos técnicos sobre la capacidad de las tuberías de conducción de 175 l/s. Por consiguiente, se considera que es mucho más realista elegir los 160 l/s como capacidad de flujo que fueron comprobados, pero en la actualidad el derecho de toma de agua es de 150 l/s, y si se considera el tiempo y el problema previsto para asegurar el derecho de toma de agua que supera dicha cifra, existe la posibilidad de que la ejecución del Proyecto sufra un gran retraso, por lo cual, se considera que la mejor forma para llevar a cabo el Proyecto con seguridad es determinar en 150 l/s el volumen de tratamiento de agua planeada, haciéndolo coincidir con el derecho de toma vigente.

⁶ Sobre esta condición, en mayo de 2008 fue confirmado ante SISAB, y la opinión fue casi la misma.

Por consiguiente, se considera como volumen de tratamiento de agua planeado los 150 l/s.

ii) Sistema de tratamiento de agua

En el sistema de distribución de agua Río San Juan, actualmente se está realizando la distribución aplicando únicamente la desinfección por cloro al agua cruda tomada del punto de toma de agua del río San Juan. En la cuenca casi no existe actividad humana, y el desarrollo de terreno es bajo debido a que se encuentra en una zona montañosa, la calidad del agua es clara y mientras no llueva dicha calidad alcanza suficientemente las normas establecidas, pero se dice que en la época de lluvias principalmente, el grado de turbiedad llega a superar las normas de calidad de agua de Bolivia (5NTU) debido a que las precipitaciones duran días, sin embargo no existen datos registrados que lo prueben.

Por esta razón, después de los Estudios Preliminares, AAPOS realizó las mediciones de calidad de agua, continuando el alto grado de turbiedad en los meses de febrero y marzo, con lo cual quedó confirmado cualitativamente la necesidad de realizar el tratamiento del agua.

En el presente Estudio se ha evaluado estadísticamente la probabilidad de producirse una alta turbiedad que haga necesario el tratamiento de agua, desde el punto de vista de la verificación de la necesidad del tratamiento de agua, estimación de las condiciones de operación para la formulación del plan de mantenimiento y la evaluación de los resultados de utilidad del Proyecto. (Ver en el documento anexo VII).

Los resultados tal como se muestra en la Tabla 2.5, los días que sobrepasaron el estándar boliviano de turbiedad 5NTU entre los años 2004 a 2007 fue un promedio de 131 días (36%), comprobándose de esta manera la necesidad de efectuar el tratamiento de agua para eliminar el grado de turbiedad.

Tabla 2.5 Valor previsto de días que se produciría un alto grado de turbiedad⁷

Año	Días con grado de turbiedad mayor a 10NTU	Días con grado de turbiedad mayor a 5NTU
2004	67	113
2005	84	128
2006	97	133
2007	91	148
Promedio	85	131

Por otro lado, en cuanto a los otros ítems de calidad del agua aparte del grado de turbiedad, debido a que tanto en el Estudio Preliminar como en este Estudio de Diseño Básico, se investigó que no existen sustancias dañinas ni tóxicas y que en la cuenca de la toma de agua casi no existe actividad humana, se ha considerado que es muy baja la posibilidad de existencia de dichas sustancias en el agua cruda, no habiendo necesidad de tratamientos de agua especiales, determinando que se aplicará el sistema normal de tratamiento, es decir con filtración para eliminar la turbiedad y con cloro para su desinfección.

Como método de tratamiento de filtración, se considera que puede aplicarse tanto el método de filtración rápida como el método de filtración lenta, pero esto será determinado teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

⁷ De acuerdo a la solicitud de los Estudios Preliminares, se ha hecho las mediciones de turbiedad con los registros de lluvia y resultados de los análisis de la calidad de agua llevados a cabo por AAPOS entre noviembre de 2007 y marzo de 2008 y los datos de la cantidad de lluvia entre los años 2004 y 2007 del observatorio del Aeropuerto de Potosí. Los detalles pueden ser vistos en el documento anexo VII.

- Calidad del agua cruda
- Carácter económico (Costo de construcción, costo de mantenimiento)
- Área requerida
- Envergadura de la creación de tierras

En la selección del método de filtración, aunque la posibilidad de aplicación del método normal de selección por la calidad del agua cruda y el aspecto económico sean factores muy importantes, en el caso del presente Proyecto, debido a que existen condiciones limitantes como por ejemplo que el área del terreno para facilitar la expropiación del terreno debe ser la más pequeña posible, y que no es fácil asegurar un terreno estable por estar ubicado el terreno programado para la construcción en una pendiente que se derrumba, se considera que los factores dominantes para la determinación son el área de terreno y la envergadura de la creación de tierras.

3) Lineamientos para el mejoramiento de la toma de agua

En cuanto a las instalaciones de toma de agua del Río San Juan, se han verificado los siguientes puntos críticos.

- i) Existe una gran fuga de agua en la parte inferior de la presa de hormigón, en la parte aguas arriba de la presa triangular para la medición del caudal del río, y es considerable la acumulación de guijarros río arriba de la presa que no cumple la función de presa.
- ii) En el muro guía hay una fuga de agua por estar hecha con gabiones.
- iii) La compuerta está dañada siendo imposible su funcionamiento.
- iv) Debido a la falta de una tubería by pass entre el tanque de sedimentación y el tanque de regulación, al realizar la limpieza de ambos tanques no existe más remedio que cortar el agua.
- v) Existe una fuga de agua en el tanque de regulación y en las partes periféricas.
- vi) La tubería de drenaje del tanque de regulación es tan pequeña que no cumple con su función de eliminar los sedimentos.
- vii) El talud de la margen izquierda es inestable y existe el peligro de la caída de rocas.

De los puntos arriba mencionados, la medición del caudal del río del punto i), al no ser indispensable para el funcionamiento de las instalaciones para el abastecimiento de agua, se acordó con AAPOS no incluirlo como objeto de reparación.

Además, sobre el punto ii), en caso de construir el muro guía de hormigón, será necesario tomar medidas contra la erosión el muro de hormigón. Por otro lado, en el caso de que fuera hecho con gabiones, existe la ventaja de no producir fácilmente erosiones al fluir el agua hacia la presa. Aunque el flujo del agua dentro de la presa haga descender el efecto de la conducción del agua, debido a que hay suficiente cantidad de agua no causará insuficiencia en el volumen de la toma de agua. Además, la construcción hecha con gabiones no será para una eternidad, sino que es necesario que sean cambiados cada determinado tiempo, sin embargo los gabiones actualmente existentes han sido instalados hace casi 10 años y a pesar de ello casi no se han dañado, y con la tecnología local se puede producir gabiones, por lo cual se considera que podrá realizarse las correspondientes reparaciones periódicamente. Por consiguiente, considerando que existen mayores ventajas dejando los gabiones tal como están, se han excluido de los objetivos de reparación.

Por lo tanto, los objetivos de reparación del presente Proyecto serán los puntos iii) al vii).

4) Lineamientos de reparación de las tuberías de conducción

i) Estado de avería de las tuberías de conducción y las causas

Las tuberías de conducción en casi todas las partes se encuentran sepultadas cruzando la ladera de una pendiente de fácil derrumbamiento por ser de toba volcánica aireada y por tener pobre vegetación. Por esta razón, fácilmente erosiona con los derrumbes de las laderas y con la corriente del agua. En los resultados del reconocimiento efectuado en el lugar, tal como se muestra en la Tabla 2.6, se observó 140 lugares⁸ en total entre los deteriorados y los que en el futuro existe la posibilidad de sufrir los mismos daños.

Tabla 2.6 Estado de deterioro de los tramos de las tuberías de conducción

Causas	Forma de deterioro	Número de lugares
Erosión por la corriente de agua etc.	En la parte del cruce del canal, las tuberías se encuentran inestables por la corrosión del curso del río y del pilar del puente, o porque existe esa posibilidad.	55
	La parte que normalmente está enterrada, se encuentra expuesta por la aparición de canales de fuga que no existían al realizarse la construcción, o porque existe esa posibilidad.	38
Derrumbe de las laderas	Derrumbe de la parte superior del tramo de conducción, o existe esa posibilidad.	16
	Derrumbe de la parte del tramo de conducción sepultado, o existe esa posibilidad	31

ii) Selección de lugares de reparación

En el presente Estudio de Diseño Básico, se determinó 140 lugares considerados peligrosos. Esto no quiere decir que todos estos lugares van a sufrir daños fatales en el futuro y que las tuberías de conducción van a perder su función, y al contrario, los lugares que no han sido en esta oportunidad clasificados como peligrosos, tampoco podría decirse que no van a sufrir daños. Es difícil que con este Proyecto pueda realizarse todas las reparaciones ni tampoco asegurar la seguridad perpetua de las tuberías de conducción de agua, desde el punto de vista tanto técnico como de presupuesto, existiendo la necesidad de que AAPOS continúe supervisando las líneas de conducción, determinar los lugares dañados, y realizar obras adecuadas de reparación, como parte del mantenimiento.

Por consiguiente, el presente Proyecto tendrá como objetivo de las obras a aquellos lugares con alto riesgo tales como lugares donde han ocurrido grandes deterioros y existe la posibilidad de menoscabo de las funciones de conducción del agua, o donde existe la posibilidad de ocurrir lo mismo. Para evaluar los riesgos de cada lugar, se efectuó el análisis de riesgo señalado en el documento anexo VIII. Es decir, haciendo hipótesis del grado de riesgo de que ocurra un desastre y la magnitud de los daños que se produzcan en ese caso, se clasificó en 3 etapas el grado de riesgo del 1 al 3 mediante la matriz señalada en la Tabla 2.7. De acuerdo a esta clasificación, los que se encuentran dentro del riesgo 3, que es el más alto serán los objetivos de este Proyecto, mientras los que se encuentran en la clasificación 2 y 1 en principio se encomendará a AAPOS para su mantenimiento.

⁸ Los daños o la posibilidad de daños de los 140 lugares se encuentran señalados en la Tabla del documento anexo VIII.

Tabla 2.7 Matriz de evaluación de riesgos potenciales

Grado de peligro Grado de daños supuesto	Alto	Mediano	Bajo
Grande	3	3	2
Mediano	3	2	1
Pequeño	2	1	1

3 : Riesgo 3 (Este Proyecto realizará el diseño y la construcción de obras de protección)

2 : Riesgo 2 (Corresponde a las obras de mantenimiento de AAPOS. No obstante, los 4 lugares que requieren obras de mayor magnitud serán asumidos por el Proyecto)

1 : Riesgo 1 (Corresponde a las obras de mantenimiento de AAPOS)

Sin embargo, este Proyecto asumirá la obra de 3 lugares de riesgo 2 con el objeto de efectuar la transferencia tecnológica⁹.

Los lugares objetos de construcción y la configuración de los daños se encuentran señalados en el Plano 007 de la colección de planos del Diseño Básico.

iii) Métodos de Reparación

Para las formas de deterioro clasificadas en el punto 1) de esta Sección, se realizará las obras de reparación aplicando los métodos señalados en la Tabla 2.8 ó en forma combinada.

⁹ En discusiones técnicas (Documento Anexo IV) se confirmó que mediante el presente Proyecto se realizarán obras en los lugares con riesgo 3 y en 3 lugares con riesgo 2, en los demás lugares AAPOS efectuará los trabajos de mantenimiento.

Tabla 2.8 Métodos de reparación por formas de deterioro de las tuberías de conducción

Causas	Formas de deterioro	Métodos de Reparación
Corrosión por corrientes de agua	En la parte del cruce del canal, las tuberías se encuentran inestables por la corrosión del curso del río y del pilar del puente, o existe esa posibilidad.	• Protección del canal con gabiones. • Protección del canal con hormigón armado. • Protección del tramo del conducto con hormigón armado. • Protección del lecho del río con revestimiento con mezcla de piedras. • Nueva construcción de la base del conducto. • Reparación – mantenimiento de la base del conducto. • Volver a enterrar
	La parte que normalmente está enterrada, se encuentra expuesta por la aparición de canales de fuga que no existían al realizarse la construcción, o existe esa posibilidad.	
Derrumbes de las laderas	Derrumbe de la parte superior del tramo de conducto, o existe esa posibilidad.	• Protección de la superficie de las laderas con marcos para pendientes. • Protección de la superficie de las laderas por aspersión de hormigón. • Protección de la superficie de las laderas con obras de drenaje. • Protección de la superficie de las laderas con gabiones. • Protección del tramo de conducto con gabiones.
	Derrumbe de la parte del tramo de conducto sepultado, o existe esa posibilidad.	

Ahora, en cuanto al tramo de conducto de aproximadamente 3.3km de longitud enterrado en el camino para mantenimiento que atravieza longitudinalmente el desfiladero aguas abajo de la toma de agua directa, tiene en los alrededores una pendiente muy débil que no puede negarse la posibilidad de que ocurra un derrumbe hasta en el camino de mantenimiento. Esta ruta es la única que podría considerarse para la conducción del agua por caudal natural de la toma de agua, no siendo posible el cambio de ruta por otra construcción. Por lo tanto, con relación a este tramo, no existe otra alternativa que corresponder mediante la protección de la ladera.

iv) Acondicionamiento de la Cámara de Sedimentos

En el proceso del Estudio se confirmó que la cámara de sedimentos que está sobre la línea de conducción no está funcionando satisfactoriamente. En la Figura 2.1 se muestra el estado actual de la cámara de sedimentos y la idea general de su acondicionamiento, sin embargo, se ha comprobado que aunque la cámara de sedimentos existente tenga instalada la válvula de expulsión de lodo, al no estar instalada la tubería de conducción desde la cámara (en la figura la parte señalada con puntos), por más que se abra la válvula no puede abastecer de agua, por lo cual dicha cámara no está funcionando. En 33 lugares de las tuberías de conducción existen estas cámaras, pero en todas fallan las tuberías de drenaje. Además, en una parte de las válvulas de aire faltan las tapas de la boca de inspección.

Aunque en la solicitud no estaba incluido el acondicionamiento de las cámaras de sedimentos, pero tal como quedó esclarecido al efectuar las consideraciones de la capacidad de flujo de las tuberías de conducción (Documento Anexo 6), dentro de las tuberías existe acumulación de arena que hace descender la capacidad de las tuberías de conducción¹⁰, y si se deja tal como está, existen altas posibilidades de que no pueda asegurarse el volumen de agua de tratamiento proyectado para la construcción de la planta de tratamiento Río San Juan, decidiéndose por este motivo realizar el acondicionamiento de las cámaras de sedimentos.

¹⁰ La capacidad de diseño de las actuales tuberías de conducción de agua se supone que es de más o menos 160 l/s, sin embargo la capacidad de caudal medido es de 130 l/s, y se cree que la acumulación de arena hace que descienda el caudal. (Ver el Documento Anexo 6).

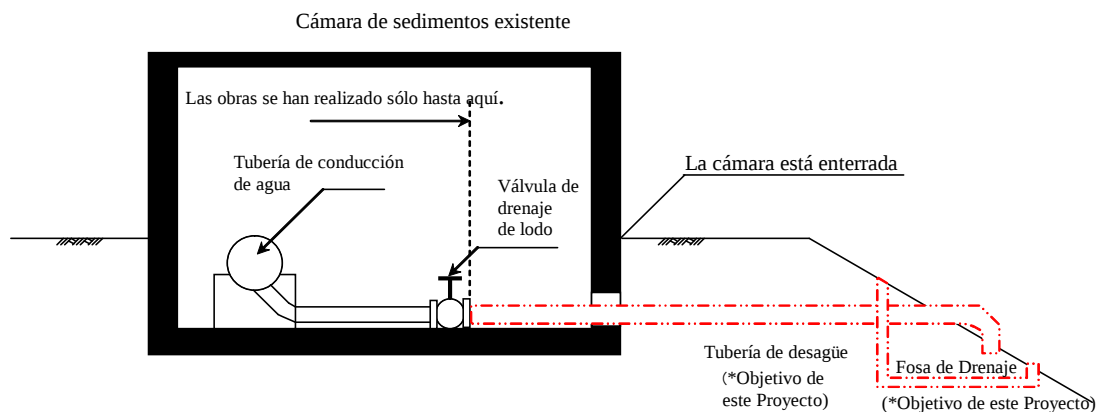


Figura 2.1 Estado actual de la Cámara de Sedimentos e Idea general del acondicionamiento

5) Equipos para los análisis de la calidad de agua

Los equipos de análisis que serán proporcionados por este Proyecto, se limitan a los relacionados con el ítem de la calidad del agua que son necesarios para el funcionamiento de la Planta de tratamiento. Los siguientes equipos son los que conformarán parte de los equipos de dicha Planta.

- Medidor portátil de grado de turbiedad 1 Jgo.
- Medidor portátil de grado de coloración 1 Jgo.
- Medidor portátil de pH 1 Jgo.
- Medidor portátil de grado de transmisión eléctrica 1 Jgo.
- Medidor portátil de residuos de cloro 1 Jgo.
- Probador de Jarro 1 Jgo.

Ahora, en el equipamiento se incluye los repuestos de electrodos, reactivos, etc.

Nota: Las líneas indican el estado actual y la parte punteada en rojo la instalación a ser realizada por el Proyecto.

(3) Lineamientos de Diseño

En base a lo mencionado anteriormente, se realizará el Diseño Básico del Proyecto fundamentado en los siguientes lineamientos de diseño.

1) Lineamientos relacionados con las condiciones naturales

- i) En Potosí se supone que la época de lluvias es de noviembre a abril, pero el volumen de precipitaciones no es muy grande (Cantidad máxima de precipitaciones es de unos 100mm). No obstante, al realizar las reparaciones de las tuberías, en caso de realizar obras en el curso del río o de protección de lateras etc., se evitará en lo posible la época de lluvias.
- ii) Potosí se encuentra a una altura de más de 4,000m sobre el nivel del mar, siendo la temperatura mínima promedio mensual de menos de 5° durante todo el año. En la época de lluvias entre los meses de mayo a septiembre la temperatura llega a bajar hasta bajo cero, por lo que se usará el hormigonado de invierno, y se realizará el curado adecuado.
- iii) En Potosí son frecuentes los daños que se producen por la caída de rayos, especialmente,

debido a que el terreno proyectado para la construcción de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan se encuentra ubicado en la ladera desde donde se puede ver la ciudad abajo, se instalará un pararrayos.

- iv) Potosí no está ubicada dentro de ninguna zona sísmica. Para las construcciones casi no se utiliza el diseño antisísmico. Sin embargo, en el pasado se ha observado un movimiento telúrico (Ver la nota 6 al pie de la página), por lo cual se utilizará el diseño antisísmico, para lo cual se aplicará la norma antisísmica del Japón.
- v) El terreno para la construcción de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan, será el mismo donde actualmente existe el tanque de distribución adyacente al actual reservorio. El estado del suelo cercano al terreno previsto para la Planta de tratamiento, es que existen marcas de colapsos en el lado sur del terreno existente y en el lado oeste del terreno para la Planta de tratamiento. Además, cerca del extremo donde se observa marcas de colapsos al lado oeste del terreno previsto, se distribuye una formación escalonada que indica un alud superficial (avalancha de pequeña escala)¹¹. Por lo tanto, debido a que existe preocupación por la inestabilidad del suelo de los alrededores por el corte de tierra al realizar la preparación del terreno, en lo posible se evitará dichos lugares y se limitará el desarrollo del terreno dentro los 50m al lado oeste del terreno utilizado actualmente.

2) Lineamientos relacionados con las condiciones socio-económicas

- i) En cuanto al terreno para la construcción de la Planta de tratamiento de agua a ser construida por este Proyecto, el actual terreno no tiene el área suficiente, y tratándose del nivel de agua, en comparación con el reservorio actual no tiene el adecuado nivel de suelo. Por consiguiente, es necesario un terreno para la construcción de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan. El principio fundamental es asegurar el terreno adyacente al actual terreno para que sea el terreno para la construcción. El propietario de los terrenos de los alrededores es la comunidad zonal, por lo cual existe la necesidad de obtener el derecho de uso. AAPOS para obtener el derecho de propiedad del terreno realizará la serie de trámites necesarios con la cooperación del Municipio de Potosí.
- ii) En cuanto a las tuberías de conducción del agua, AAPOS cuenta con el derecho de uso de 25m de terreno tanto al lado de la montaña como al lado del valle, por lo que las obras en principio quedarán dentro de ese límite, evitando la obtención del derecho de uso de los terrenos. Ahora, debido a que una parte de la línea de conducción está alejada varios cientos de metros de la vía pública, no se podrá evitar la instalación de un camino de entrada, por lo cual se realizará el ajuste necesario para hacer coincidir el plan de obra con las deliberaciones de AAPOS con los propietarios del terreno.

3) Lineamientos relacionados con el estado de las construcciones y de abastecimiento.

- i) Durante la investigación de campo se realizó una visita al lugar de construcción de la Planta de tratamiento de agua Kari Kari con la cooperación de KfW de Alemania, con lo cual se ha verificado que la capacidad constructora local es suficiente. Sin embargo, es necesario edificar una estructura de hormigón que asegure una hermeticidad suficiente en la planta de tratamiento. Por consiguiente, en el plan de construcción se dará instrucciones precisas con relación a la técnica y supervisión de las obras relacionadas con la cimentación del encofrado y puntales, y del hormigonado.
- ii) Ultimamente, con el aumento de la demanda mundial de los productos de hierro, el abastecimiento es relativamente bajo, siendo difícil conseguir tubos dúctiles de hierro

¹¹ De acuerdo a los resultados observados en el lugar durante los Estudios de Diseño Básico. Ver los detalles en el Documento Anexo IX.

fundido. Para la construcción de la Planta de tratamiento de este Proyecto también se tiene programado efectuar el tendido de tubos dúctiles de hierro fundido. Por lo tanto, la calidad de los tubos dúctiles así como el tiempo de entrega influyen considerablemente en el período de las obras. Recientemente se ha observado que otras obras de Proyectos de donación se han visto afectadas por el retraso en la entrega de dichos tubos, por lo cual, se tendrá mucho cuidado en la selección de proveedores considerando suficiente el período de entrega y por supuesto la calidad del producto.

- iii) Se considera indispensable la adopción del método de estabilización mediante el uso de marcos para pendientes con relación a las obras de reparación de las líneas de conducción. Dado que en la localidad casi podría decirse que no existe la experiencia de este tipo de obra, ésta se realizará bajo la supervisión técnica de los japoneses que cuentan con basta experiencia en este tipo de obras.
- 4) Lineamientos relacionados con la capacidad de operación y mantenimiento del Organismo Ejecutor.
- i) AAPOS, actualmente se encarga del mantenimiento de la Planta de tratamiento de agua Millner, pero no podría asegurarse que el planeamiento de las facilidades y el método de mantenimiento sean adecuados. Por otro lado, la Planta de tratamiento de agua Kari Kari en construcción, es una instalación moderna con el sistema de filtración rápida, y adelantándose a la construcción de la Planta de tratamiento de este Proyecto, ya tienen planeado iniciar el uso común. Por consiguiente, hasta que se inicie el uso común de la Planta de este Proyecto, podrán acumular conocimientos sobre el mantenimiento de una planta de tratamiento de agua de filtración rápida basado en un adecuado planeamiento de las facilidades. Por este motivo, al elegir el método de tratamiento para la planta que sería construída por este Proyecto podrá considerarse este aspecto. No obstante, se supone que desde el inicio de las operaciones de la Planta de tratamiento Kari Kari hasta el inicio de las operaciones de la Planta de este Proyecto, transcurrirán como máximo 2 años, tiempo que no puede considerarse como suficiente para acumular conocimientos para el mantenimiento de las plantas, por lo que esta falta será completada con componentes no estructurales.
 - ii) AAPOS actualmente no está realizando inspecciones regulares de las tuberías de conducción. En cuanto a dichas tuberías, con relación a que los daños supuestos con anticipación no son demasiado graves y al pequeño grado de peligro, se piensa efectuar una inspección periódica y formular un plan de medidas para el momento en que ocurra el daño. Por consiguiente, se llevará a cabo la transferencia tecnológica a través de componentes no estructurales sobre los métodos de inspección periódica, discernimiento del grado de peligro, etc.
- 5) Lineamientos relacionados con el establecimiento del grado de las instalaciones, equipos, etc.
- i) Considerando los costos de construcción y la dificultad de reparación en caso de producirse alguna avería, para el sistema de operación y de control, mientras continúen siendo seguros, se evitará el sistema automático y se adoptará el sistema manual.
 - ii) El suministro de corriente eléctrica en la ciudad de Potosí es relativamente estable, pero además de los cortes periódicos de mantenimiento de unas 7 horas que se producen unas 2 veces al año, agregando los cortes imprevistos por accidentes o averías, se supone que puede suceder entre 4 a 5 veces al año. Además, la capacidad del tanque de distribución es de 5.9 horas en total para el sistema del tanque de distribución Río San Juan, con lo cual no puede decirse que tiene suficiente capacidad de almacenamiento de agua para los cortes de corriente supuestos. Por consiguiente, en la Planta de tratamiento de agua Río San Juan se proveerá de una equipo de generador de energía individual para evitar los

cortes de agua en caso de producirse un apagón.

- 6) Lineamiento relacionado a los métodos de construcción / de abastecimiento, y período de construcción
 - i) Se considera que el presente Proyecto tendrá dificultades relacionadas con el período de construcción en el proceso de construcción de la Planta de tratamiento. Por lo tanto, con relación a las obras de reparación de la toma de agua y de las tuberías de conducción, se planeará considerando incluir estas obras dentro del período de la construcción de la Planta, mediante el trabajo de varios grupos.
 - ii) Al hacer la conexión de la toma de agua y de la planta de tratamiento, a las instalaciones existentes, se tratará de que el corte de agua sea lo más corto posible. Debido a que para la obra de conexión se requiere cortar el agua por varias horas, se cree que casi no se producirá mayores efectos por dicho corte. No obstante, para el cambio de compuerta de la instalación de la toma de agua se requiere por lo menos una semana para las obras, se evitará el corte instalando un by pass.
 - iii) Debido a la dificultad de la entrega de la obra de construcción de la planta de tratamiento de este Proyecto en el lapso de una año, ésta se ejecutará mediante los bonos del estado de tipo A.
- 7) Lineamientos relacionados con las consideraciones ecológicas y medio ambientales

De acuerdo a la Ley de Medio Ambiente de Bolivia, para la ejecución del proyecto se tiene que elaborar la "Ficha Ambiental" en las etapas del Estudio Preliminar, Diseño Básico, y Diseño Detallado, y hasta antes de iniciar las obras se tiene que obtener la "Licencia Ambiental".

Por consiguiente, la obtención de la Licencia Ambiental para la construcción de la planta de tratamiento de agua antes de iniciar el Proyecto es un requisito para la ejecución del Proyecto. AAPOS a la vez que realiza los trámites para la obtención del derecho de uso de los terrenos, tiene que efectuar las gestiones para la obtención de la Licencia Ambiental ante SERNAP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas).

2.2.2 Plan Básico

(1) Planta de Tratamiento de Agua Río San Juan

1) Capacidad de tratamiento

La capacidad de tratamiento de agua, tal como se determinado en los lineamientos básicos, será de 150 l/s.

2) Calidad del agua cruda

Los resultados de los análisis de calidad de agua del flujo entrante al tanque de distribución efectuados por AAPOS entre septiembre de 2007 y abril de 2008, y los efectuados por el Equipo de Estudio han sido recopilados en la Tabla 2.9.

El grado de turbiedad fue de un máximo de 58.8NTU manteniéndose esta cifra entre los meses de enero y principios de abril que es la época de lluvias, el cual excede sobremedida los 5NTU determinado en las normas de calidad de agua de Bolivia. Igualmente el grado de coloración supera los 15UCV que es una norma de calidad de agua pero este es el grado de coloración causante de la turbidez, generalmente se considera que es posible eliminarlo mediante el tratamiento por sedimentación de floculantes. Ahora, el pH máximo fue de 8.9, siendo el promedio 8.09, tendiendo a ser alto cuando llueve por lo que se considera que existe la necesidad de regular el pH.

Tabla 2.9 Resultado de los análisis de la calidad del agua del flujo entrante del tanque de distribución Río San Juan

Item	Año y mes	Turbiedad (NTU)			Coloración (UCV)			Conductividad eléctrica (μ s/cm)			pH		
		Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Norma de calidad de agua de Bolivia		5			15			1,500			9		
Valores medidos por AAPOS	2007 Sept.	9.60	3.07	0.83	-	-	-	60.2	57.5	52.0	8.8	8.4	7.8
	2007 Oct.	1.75	1.40	1.11	-	-	-	62.2	58.0	54.0	8.6	8.4	7.9
	2007 Nov.	1.91	1.58	1.43	5.73	4.75	4.29	62.4	60.1	58.6	8.6	7.9	7.2
	2007 Dic.	1.90	1.45	1.03	5.70	4.34	3.09	61.3	60.1	57.9	8.9	8.1	7.6
	2008 Ene.	58.80	10.74	2.23	176.40	32.21	6.69	62.1	58.0	53.8	8.7	8.1	7.2
	2008 Feb.	56.90	33.79	14.22	161.80	91.03	48.71	59.6	57.6	52.9	8.2	8.0	7.9
	2008 Mar.	56.97	23.63	6.50	172.80	73.97	19.50	60.4	58.2	53.8	8.3	8.0	7.7
	2008 Abr.	24.12	8.37	2.98	72.36	25.11	8.94	61.0	58.8	55.8	8.2	7.9	7.6
	Total	58.80	10.50	0.83	176.40	38.57	3.09	62.40	58.53	52.00	8.90	8.09	7.20
Valores medidos por el Equipo de Estudio	Instalaciones de toma de agua	0.8			2.5			37			7.6		
	Estanque de distribución	0.6			2.0			40			7.4		

3) Selección del Método de Tratamiento de agua

i) Estudio de los métodos de tratamiento de agua

Se hizo una comparación entre el sistema de filtrado lento y el sistema de filtrado rápido como métodos de tratamiento de agua.

Tal como se mencionó en los lineamientos de diseño, aunque para la selección del sistema de filtración generalmente la calidad del agua cruda y el aspecto económico sean factores de selección muy importantes, en el caso de este Estudio, un factor superior es la limitación del terreno porque se tiene que evitar la construcción sobre un suelo inestable.

Por consiguiente, teniendo como volumen de tratamiento 150 l/s, se llevó a cabo el diseño esquemático de los Sistemas de filtración lenta y filtración rápida, el plan de ubicación de las instalaciones, y se estudió las ventajas y desventajas de la disposición de las instalaciones en terrenos necesarios y sobre suelos estables. Se señala dichos resultados en la Figura 2-2.

Del resultado de los estudios sobre el estado de los suelos (Documento Anexo IX), se llega a la conclusión de que el terreno con suelo estable donde puede prepararse el terreno para una construcción se limita a los aproximadamente 50m del lado oeste del terreno del tanque de distribución de agua Río San Juan, pero en el caso del Sistema de filtración lenta, alcanzaría sólo para el reservorio de filtrado sobrepasando la dimensión del terreno requerido, y sería difícil ubicarlo dentro de dicho terreno.

La comparación de las propuestas de ubicación de los sistemas de filtración lenta y de filtración rápida se muestra en la Figura 2.2, y en cuanto a la comparación con los demás factores se muestra en la Tabla 2.10, sin embargo,

- Se prevé que el grado de turbiedad de 10NTU superará los 85 días anuales promedio, por lo que no se puede adoptar el método de filtrado lento.
- La planta de tratamiento de agua Kari Kari en actual construcción adoptará el Sistema de filtración rápida con lo cual se estará acumulando experiencia en el mantenimiento, en

cambio no existe experiencia de mantenimiento del método de filtrado lento¹²

- Aunque el costo de construcción de la instalación principal resulte bajo, si se considera en el desarrollo del terreno, el costo resulta elevado.

Por lo mencionado, aunque se prevé un alto costo en el mantenimiento, se adoptará el Sistema de filtración rápida.

¹² Se dice que la actual planta de tratamiento Millner, una parte funciona con el Sistema de filtración lenta, pero en realidad, no se puede creer que con la experiencia de operación de un método intermedio entre los Sistemas de filtración lenta y filtración rápida pueda operarse una filtración lenta.

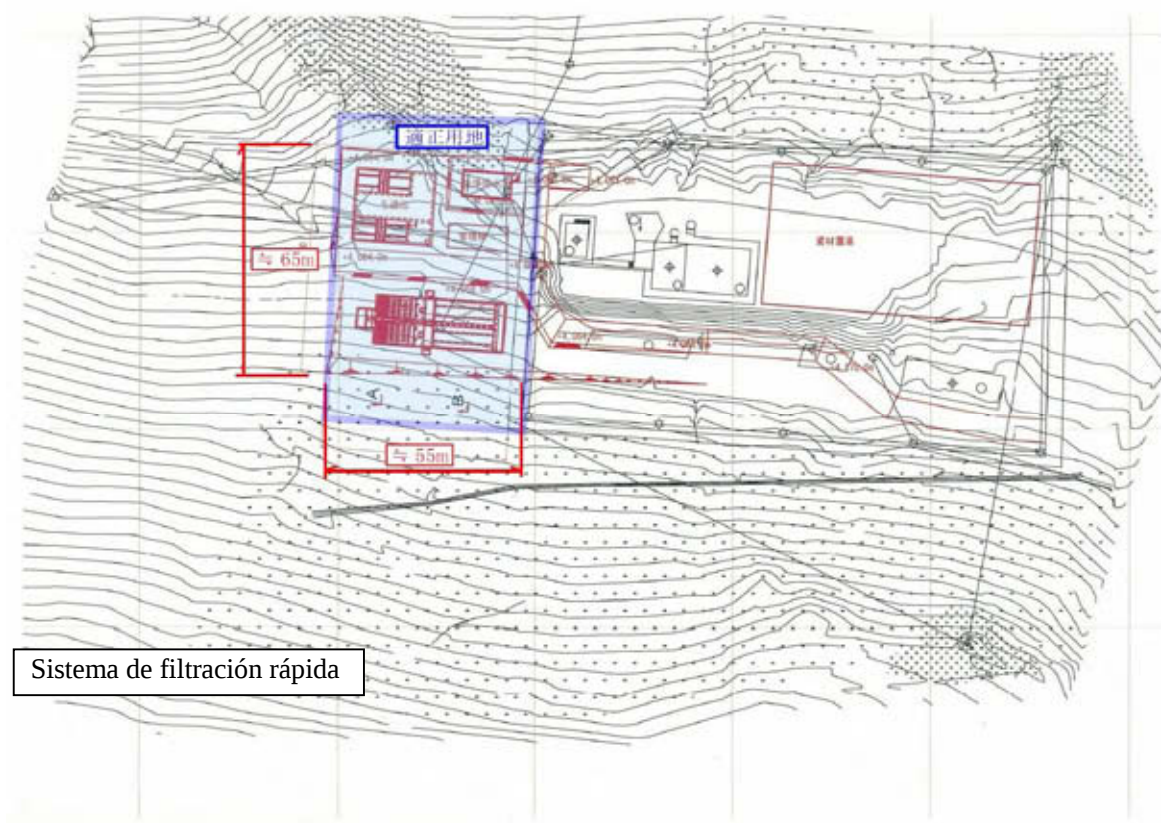
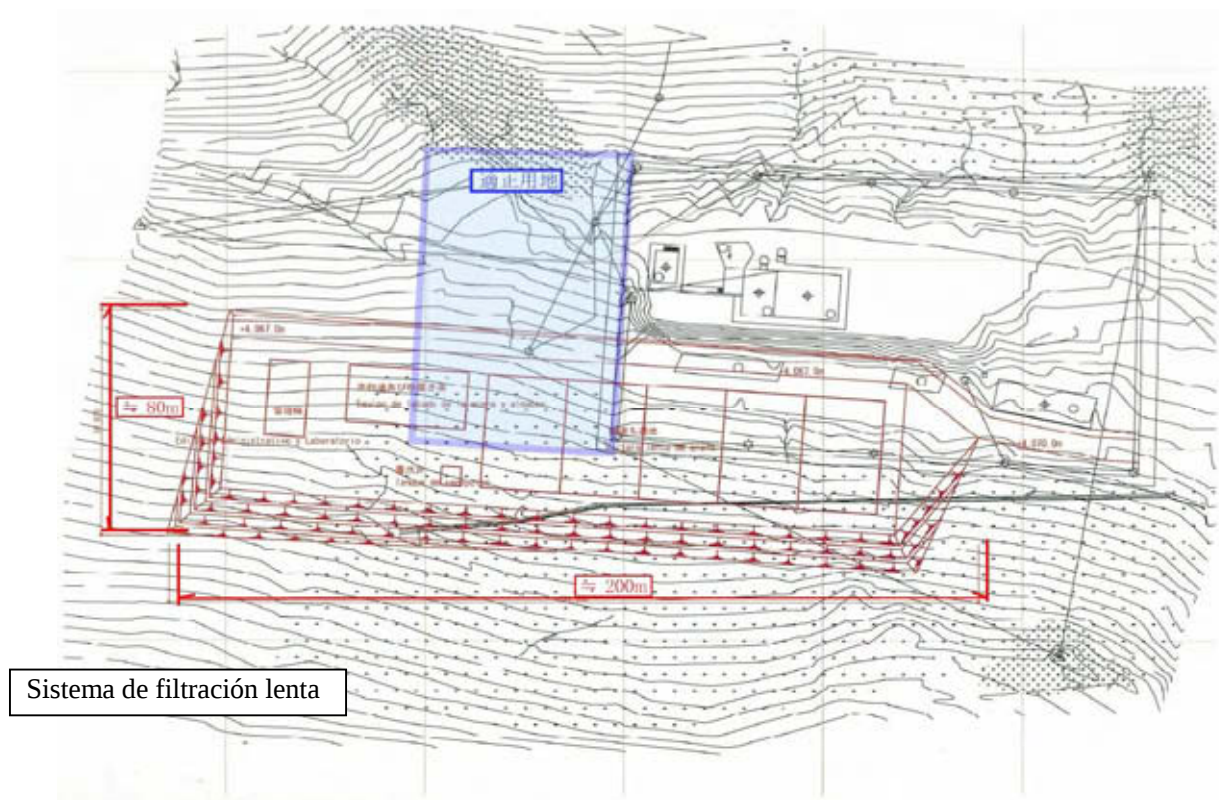


Figura 2.2 Propuesta de ubicación de los sistemas de filtración lenta y de filtración rápida

Tabla 2.10 Comparación de los sistemas de tratamiento de agua

Items de comparación	Sistema de filtración lenta	Sistema de filtración rápida
Calidad del agua cruda	Aunque no puede decirse que no es aplicable, un grado tan alto de turbidez como 10NTU no es recomendable para ser tratado con un sistema de filtración lenta.. Ahora, los días que superan el grado de turbiedad 10NTU se prevé que sean de unos 85 días al año. ×	No es un grado de turbiedad que provoque especialmente algún problema. ○
Costo de construcción excluyendo el costo de desarrollo del terreno (Costo estimado de la obra directa)	370 millones de yenes ○	437 millones de yenes △
Desarrollo del terreno	Corte de tierra: 76,000 m ³ : (Costo de la obra directa : 130 millones de yenes) ×	Corte de tierra: 4,000m ³ : Terraplenado: 400m ³ (Costo de la obra directa : 7 millones de yenes) ○
	El corte de tierra para el sistema de filtración lenta es considerablemente grande, si se tiene en cuenta la necesidad del transporte de volquetes y de asegurar un lugar para eliminar la tierra extraída, no resulta viable.	
Costo de construcción (Total)	500 millones de yenes △	444 millones de yenes ○
	En el costo de construcción de la parte principal resulta de bajo costo el del sistema de filtración lenta, pero si se considera el desarrollo del terreno, resulta de más bajo costo el del sistema de filtrado rápido.	
Costo de mantenimiento	Será necesario cubrir gastos de excavación de arena y labores de lavado de arena. ○	Será necesario cubrir gastos de productos químicos, por el servicio eléctrico para la bomba de lavado por contracorriente. △
	Debido a que la mano de obra es relativamente barata, podría resultar más económico el sistema de filtración lenta.	
Disposición de mantenimiento	AAPOS no tiene experiencia en el mantenimiento. △	Al igual que la Planta de tratamiento de agua Kari Kari, básicamente tendrá el mismo método de mantenimiento. ○
Estabilidad de las laderas	En el terreno donde existe la posibilidad de derrumbe de la ladera se tendrá que efectuar el desarrollo de terreno. ×	Se puede evitar los terrenos con posibilidades de derrumbe de la ladera. ○
Terreno	3,000m ² aprox. Es necesario contar con una gran extensión de terreno, haciendo difícil la obtención del mismo. △	10,000m ² aprox. Es necesario una pequeña área de terreno, resultando fácil la obtención del mismo. ○

Nota: Los fundamentos de cálculo de los costos de construcción verlos en el Documento Anexo X.

ii) Estudio de la forma del tanque de sedimentación

Como formas de tanques de sedimentación existen:

- Tanque de sedimentación de contracorriente
- Tanque de sedimentación de plano inclinado

las cuales pueden ser adoptadas. Al tanque de sedimentación de plano inclinado normalmente se le reviste de planchas de PVC etc., para mejorar la eficiencia de sedimentación, con lo cual el área de las instalaciones puede ser pequeña.

En la Tabla 2.11 se señala la comparación entre ambas propuestas.

Tal como se ha ordenado en la Tabla 2.11, aunque tanto en el aspecto económico como en el aspecto del mantenimiento sea algo desventajoso, si se considera la estabilidad de la ladera, es preferible adoptar el tanque de sedimentación de plano inclinado y que el área de preparación del terreno se reduzca hacia el lado oeste en lo posible para evitar los terrenos que tengan la posibilidad de deslizarse. Por consiguiente se adopta el tanque de sedimentación de plano inclinado.

Tabla 2.11 Comparación de las formas de sedimentación

Items de comparación	Tanque de sedimentación de contracorriente	Tanque de sedimentación de plano inclinado
Área del tanque de sedimentación	Ancho 12.44m×Largo 33.5m = 416.7m ²	Ancho 12.44m×Largo 22.9m ÷ 285m ²
Costo de la preparación del terreno (Costo estimado de la obra directa)	80 millones de yenes ○	110 millones de yenes △
Disposición de mantenimiento	Es de fácil mantenimiento de limpieza, etc. ○	El mantenimiento de limpieza comparado con el de sedimentación de contracorriente es complicado. △
Estabilidad de las laderas	Se tiene que preparar el terreno que tiene la posibilidad de derrumbe de la ladera. ×	Es posible evitar el terreno que tiene posibilidades de sufrir derrumbe de la ladera. ○

Nota: Los fundamentos de los cálculos de los costos de construcción se pueden ver en el Documento Anexo X.

4) Especificaciones de las principales instalaciones

Las especificaciones de las principales instalaciones de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan se muestran en la Tabla 2-12 y en la Tabla 2-13 se muestra la hoja de cálculo de la capacidad.

Tabla 2.12 Especificaciones de las principales instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua San Juan

Instalación	Sistemas etc.
Tanque de recepción – de agitación rápida	Será de agitación por caída libre desde la presa.
Tanque de floculación	Adopción del sistema de deflección horizontal
Tanque de sedimentación	Adopción del sistema de plano inclinado con flujo ascendente
Tanque de filtración rápida	Adopción del sistema por gravedad por su estructura simple y fácil control. Ahora, aunque el lavado será de control automático, en caso de falla del sistema, se adoptará uno que permita realizar el lavado manualmente.
Tanque de drenaje	Tendrá una capacidad de almacenaje de agua para el lavado de un tanque de filtración. La bomba de retorno, considerando los intervalos de limpieza y el abastecimiento de agua al lugar de limpieza, tendrá una capacidad para enviar en una hora el volumen de agua para la limpieza de un tanque.
Equipo de inyección de productos químicos	No es necesario el ajuste del pH, y considerando las circunstancias del lugar y la integración con la Planta de tratamiento de agua Kari Kari en actual construcción, se utilizará como floculante el sulfato de aluminio y como desinfectante el hipoclorito de sodio.

Tabla 2.13 Hoja de cálculo de la capacidad de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan

Instalación	Cálculo de la Capacidad
Volumen de tratamiento de agua planificada	Volumen de agua planificada: Para 150 l/s, no se estima el índice de pérdida de purificación de agua. $12,960\text{m}^3/\text{día} = 540\text{m}^3/\text{hora}$ $9.00\text{m}^3/\text{min}$ $0.150\text{m}^3/\text{seg}$
Tanque de recepción	El tiempo de retención será de 1.5 minutos. (Norma ¹³ : Más de 1.5 minutos) Capacidad requerida = $9.00\text{m}^3/\text{min} \times 1.5 \text{ min} = 13.5\text{m}^3$ Ancho W4.5m×Largo L2.0m×Altura1.72m Capacidad efectiva 15.48m^3 Tiempo de retención real 1.72 min.
Tanque de mezcla	Tipo presa El tiempo de retención será de 1.5 minutos (Norma: 1 a 5 minutos) Capacidad requerida = $9.00\text{m}^3/\text{seg} \times 1.5 \text{ minutos} = 13.5\text{m}^3$. Ancho 2.05m×Largo 2.0m×Altura1.454m×2 tanques Capacidad efectiva Tiempo de retención real

¹³ Valores de las normas de diseño de Instalaciones de agua del Japón

Tabla 2.13 Hoja de cálculo de la capacidad de la Planta de tratamiento de agua Río San Juan (Continuación)

Instalación	Cálculo de la Capacidad
Tanque de floculación	Será del sistema por deflección horizontal El tiempo de retención será de unos 20 min. (Norma: 20 a 40 min) Capacidad requerida = $9.00\text{m}^3/\text{minuto} \times 20\text{minutos} = 180.0\text{m}^3$ Ancho $5.62\text{m} \times$ Largo $10.0\text{m} \times$ Alt. $2.46\text{m} \times 2$ estante Capacidad efectiva: 276.5m^3 Tiempo de retención real: 22.5 minutos Valor GT 34,139 (Norma: 23,000 a 210,000)
Tanque de sedimentación	Tanque de sedimentación de plano inclinado con flujo ascendente Índice de carga superficial de unos 12mm/min (Norma 7 a 14mm/min), y la velocidad de corriente de elevación promedio de unos 60mm/min aprox (Norma: Menos de 80mm/min) Área requerida = $9.00\text{m}^3/\text{min} \div 0.012\text{m}/\text{min} = 750.0\text{m}^2$ Ancho $5.62\text{m} \times$ Largo $15.0\text{m} \times$ Altura $3.0\text{m} \times 2$ Tanques Dispositivo para el plano inclinado: $H=1,000\text{mm}$ $\theta=60^\circ$ Pendiente $P=100\text{mm}$ Eficiencia de sedimentación 5 veces mayor Área de instalación : Ancho $5.62 \times 13.0\text{m} \times 2$ tanques Área superficial del plano inclinado: 730.6m^2 Capacidad efectiva: 505.8m^3 Índice de carga superficial real: 12.32mm/min. Velocidad de corriente de elevación real: 61.6mm/min Tiempo de retención real: 0.5 horas
Tanque de filtración rápida	Sistema por gravedad, limpieza superficial y retrolavado Para el lavado de 1 tanque será de menos de 150m/día. (Norma: 120 a 150m/día) Área requerida = $12,960\text{m}^3/\text{día} \div 150\text{m} \div 3 \text{ tanques} = 28.8\text{m}^2/\text{tanque}$ Ancho $5.4\text{m} \times$ Largo $5.4\text{m} \times 4$ tanques Área filtración real $19.1\text{m}^2 \times 4$ tanques Velocidad real de filtración 148.2m/día (1 tanque de reserva) Bomba de retrolavado Velocidad de retrolavado $0.6\text{m}^3/\text{min m}^2$ (Norma 0.6 a $0.9\text{m}^3/\text{min m}^2$) Volumen de agua de retrolavado $17.5\text{m}^3/\text{min}$. Tiempo de retrolavado 6 minutos (Norma 4 a 6 min) $17.5\text{m}^3/\text{min} \times H7.2\text{m} \times 2$ unidades (De los cuales 1 es de reserva) Bomba de lavado superficial Velocidad de lavado superficial $0.2\text{m}^3/\text{min m}^2$ (Norma 0.15 a $0.2\text{m}^3/\text{min m}^2$) Volumen de agua de retrolavado $5.83\text{m}^3/\text{min}$. Tiempo de retrolavado 6 min (Norma 4 a 6 min) Presión de inyección superficial 20m (Norma 15 a 20 m) $5.8\text{m}^3/\text{minuto} \times H26.6\text{m} \times 2$ unidades (De las cuales 1 es de reserva)
Tanque de drenaje del lavado	El volumen de reserva para el lavado del filtro para una vez (217.8m^3) Ancho $12.0\text{m} \times$ Largo $6.0\text{m} \times$ Altura $4.0\text{m} \times 1$ Tanque Capacidad efectiva $216\text{m}^3 \times 1$ tanque Bomba de retorno de agua de drenaje del lavado Capacidad de retorno para el retrolavado de un tanque de filtración de 1 vez (210m^3) en 6 horas $0.58\text{m}^3/\text{min} \times H15.0\text{m} \times 2$ unidades (De las cuales 1 es de reserva en el almacén)
Equipo de inyección de sulfato de aluminio	Proporción de inyección 20 a 5 mg/l Tanque de disolución $1.8\text{m}^3 \times 2$ tanques Bomba de inyección: $2.5\text{l}/\text{min} \times 2$ unidades (De las cuales 1 es de reserva)
Equipo de inyección de hipoclorito de sodio	Proporción de inyección: Preclorinación 3 a 1 mg/l Postclorinación 1 a 0.3mg/l Tanque de disolución 2.0m^3, $1.5\text{m}^3 \times 2$ tanques Bomba de inyección: $0.22\text{l}/\text{min} \times 3$ unidades (De las cuales 1 es de reserva)

(2) Instalaciones de toma de agua del Río San Juan

En cuanto a las instalaciones de toma de agua del Río San Juan, se realizarán las siguientes obras de reparación. En la Figura 2.3 se muestra los lugares de reparación.

- ① Cambio de la compuerta de toma de agua actualmente fuera de operación.
- ② Instalación de una tubería by pass para evitar los cortes de agua al realizar la limpieza de los tanques de sedimentación y de regulación.
- ③ Reparación del tanque de regulación y las fugas de agua de los alrededores.
- ④ Ampliación de la tubería de drenaje del tanque de regulación para asegurar la función de eliminación de sedimentos.
- ⑤ Instalación de valla de protección contra la caída de rocas del margen izquierdo para evitar daños en las instalaciones de la toma de agua.

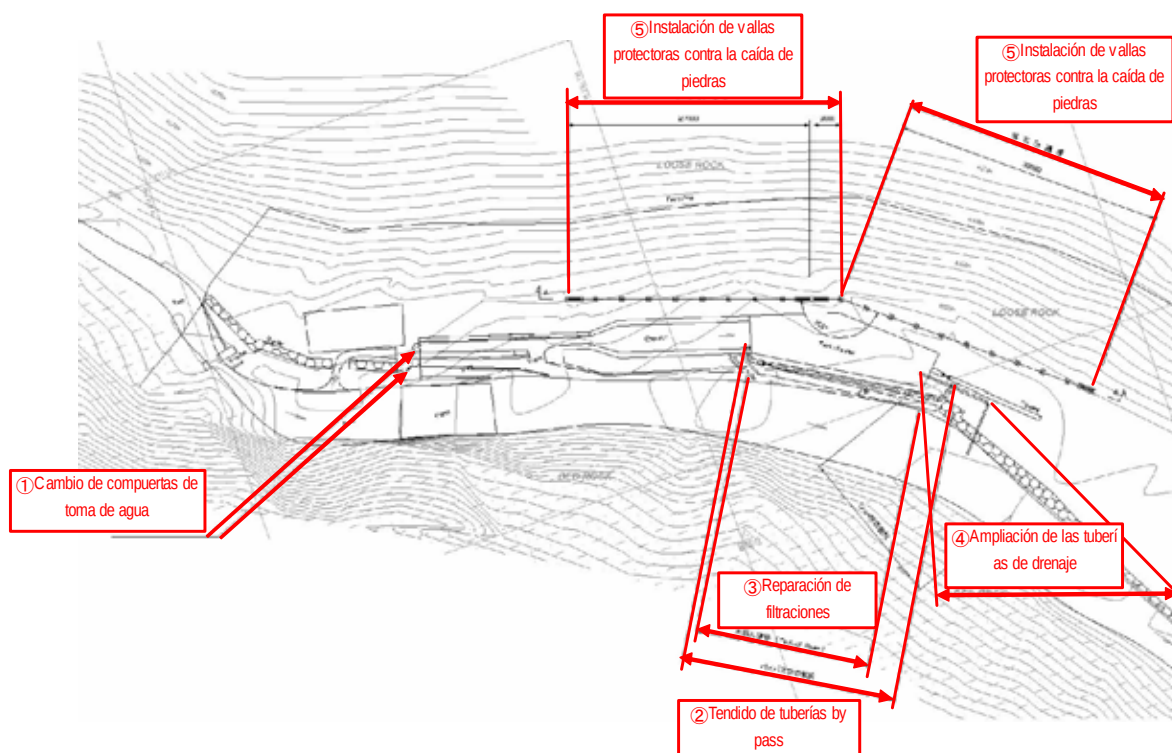


Figura 2.3 Lugares de mejoramiento de las Instalaciones de toma de agua

(3) Reparación de las tuberías de conducción de agua

A través del presente Estudio se ha podido especificar los siguientes lugares peligrosos en las líneas de conducción¹⁴.

Riesgo 3 (Diseño de ejecución de obras de protección por derrumbes) : 25 lugares

Riesgo 2 (Planeamiento de obras de protección por derrumbes + inspección periódica): 21 lugares

Riesgo 1 (Inspección periódica): 94 lugares

De los lugares mencionados, los que se encuentran dentro del riesgo 3, en su totalidad serán objetivos del presente Proyecto. Además, con relación a los de riesgo 2, 3 lugares serán

¹⁴ Sobre la clasificación de riesgos, ver la página 2-12 de este Informe.

incluidos entre los objetivos del Proyecto con objeto de la transferencia tecnológica. Los 18 lugares restantes con riesgo 2 y los 94 lugares con riesgo 1, en su totalidad, en adelante serán inspeccionados por AAPOS, que serán reparados en caso de producirse algún problema.

En la Tabla 2.14 se encuentran clasificados los lugares de reparación y las obras correspondientes. Además, su ubicación se muestra en la Figura 2.10.

Tabla 2.14 Clasificación de los lugares de reparación y las obras correspondientes

Progresiva	Evaluación	Casos	Medidas contra la corrosión por corriente de agua							Medidas contra el derrumbe de laderas					Observaciones
			Protección del tramo de conducto con gabiones	Protección del canal de agua con hormigón armado	Protección del tramo de conducto con hormigón	Protección del lecho del río revestido con mezcla de	Nueva construcción de la base de las tuberías	Reparación de la base de las tuberías	Relleamiento	Protección de las pendientes con marcos para pendientes	Protección de la superficie de las laderas por aspersión	Protección de la superficie de las laderas con obras de	Protección de la superficie de las laderas con gabiones	Protección del tramo de conducto con gabiones	
0k+302	3	③								○	○	○	○	○	Estudio por separado
6k+887	3	③	○											○	
9k+812	2	②		○											
9k+899	3	②		○			○								
10k+372	2	②	○		○										
14k+279	3	④										○			
14k+713	3	④										○			
17k+961	3	④											○		
18k+588	3	①	○			○		○							
18k+751	3	①	○			○									
18k+813	2	②							○						
20k+369	3	②		○			○								
23k+610	3	①												○	
24k+508	3	①	○			○									
24k+886	3	①	○			○									
25k+610	3	②			○										
29k+330	3	③												○	
31k+122	3	①	○			○									
33k+043	3	②		○			○								
34k+878	3	①	○			○									
35k+514	3	②		○											
38k+484	3	④										○			
44k+363	3	②					○								
44k+928	3	④										○			
45k+446	3	①	○					○			○				
48k+225	3	①	○					○			○				
48k+705	3	②		○			○								
48k+952	3	③									○				

Columna de evaluación : 3 : Riesgo 3 (Diseño de obras de protección contra derrumbes)

2 : Riesgo 2 (Planeamiento de obras de protección por derrumbes + inspección periódica)

Columna de casos: ① : Curso del río, tramo del conducto, base de las tuberías que no tienen suficiente protección en la parte del cruce de tuberías.

② : Parte generalmente rellenada, en donde aparece descubierto el canal de fuga.

③ : Derrumbe de la ladera superior, o que existe esa posibilidad.

④ : Derrumbe o posibilidades en el tramo de conducto enterrado.

En cuanto a los puntos 00k +302

En cuanto a los puntos 00k +302 (desde este punto hasta una distancia cerca de los 4km), tal como se mencionó anteriormente, aunque existen altas posibilidades de derrumbes a lo largo de las tuberías, por las limitaciones topográficas no es posible asegurar otra ruta de reemplazo. Por lo tanto, para mantener la actual ruta y las funciones de las instalaciones permanentemente,

se planeará las obras de protección de las laderas.

En los derrumbes existen causas predisuestas (fragilidad propia del lugar) y causas inducidas (causas que provocan los derrumbes). Como causas predisuestas de los lugares correspondientes se podría mencionar la gran cantidad de resquebrajaduras en las rocas volcánicas distribuidas en la ladera produciéndose un área floja (las rocas caídas están amontonadas), lugares que fueron cortados para abrir caminos para la inspección y no se tomaron otras medidas (esto prodría decirse que es una causa provocada). Luego, como causas provocadas se puede mencionar la corrosión de las laderas debido a las corrientes de agua por las precipitaciones en la época de lluvias y por el descongelamiento en la época de sequía (invierno). Por tal motivo se planea como obras de protección de las laderas, tomar medidas para el rápido drenaje de las aguas de lluvia (obras de drenaje) y medidas para evitar la inestabilidad de las laderas (obras de estabilidad de las laderas).

Al realizar los diseños de las medidas, debido a que las secciones correspondientes de cada lugar son amplias, se ha categorizado por la altura de la ladera y por el ancho del camino de inspección, con lo cual se clasifica las obras de contramedida. En la Tabla 2.15 se señala el contenido de la categorización.

Tabla 2.15 Categorización para la clasificación de las obras de contramedida y los lineamientos de las contramedidas

Categoría	Cifra mínima	Lineamientos de la obra de contramedida	Razón de la determinación de la cifra mínima
Altura de derrumbe de la ladera	Más de 20m	Proyectar contramedidas resistentes para refrenar los derrumbes.	Como resultado de los cálculos de estabilidad efectuados, en el caso de la subida del nivel de las aguas subterráneas en la época de lluvias, el índice de seguridad de las laderas con más de 20m de altura desciende hasta menos de 1 (porque se mueve la masa de tierra hipotéticamente deslizante).
	Hasta 20m	Proyectar contramedidas para evitar la aireación y la corrosión.	
Ancho del camino	Más de 3.5m	Proyectar canales fijos sin tapa.	Contramedidas de corrosión del pie de la ladera (con gabiones, etc) y proyectar 1m de ancho para la estructura a la que se ha agregado la construcción del canal, para asegurar los 2.5m del ancho de un vehículo.
	Hasta 3.5m	Para asegurar el ancho de los vehículos, proyectar canales fijos con tapa resistentes al peso de los vehículos.	

Además, las obras de las cámaras de sedimentos de 33 lugares y de las salas de válvulas de aire de 34 lugares, han sido ordenadas en la Tabla 2.16. Asimismo, la ubicación de los dichos lugares se encuentran señalados en la Figura 2.11.

Tabla 2.16 Lugares que requieren reparación de las cámaras de sedimento (Purgas) y válvulas de aire (Ventosas), y los métodos.

Progresiva	Clasificación		Obras de Contramedida					Progresiva	Clasificación		Obras de Contramedida				
	Función	Lugares de instalación	Refuerzo de los cimientos por erosión	Instalación de tuberías de drenaje	Instalación de fosas de drenaje	Colocación de tapas a los registros de inspección	Reparación de fugas de agua		Función	Lugares de instalación	Refuerzo de los cimientos por erosión	Instalación de tuberías de drenaje	Instalación de fosas de drenaje	Colocación de tapas a los registros de inspección	Reparación de fugas de agua
3k+523	D	Explanada		○	○			23k+686	D	Pendiente		○	○	○	
4k+096	A	Explanada						23k+871	A	Explanada				○	
5k+485	A	Explanada						24k+355	D	Pendiente		○	○	○	
6k+353	D	Río		○	○			24k+410	A	Explanada					
6k+530	A	Explanada						25k+286	D	Explanada		○	○		
6k+961	D	Río		○	○			25k+448	A	Explanada					
7k+465	A	Explanada						27k+205	D	Río		○	○		
8k+416	A	Explanada						27k+946	A	Explanada				○	
9k+525	D	Río		○	○			28k+226	D	Río		○	○		
9k+680	A	Explanada				○		29k+281	A	Explanada					
11k+826	D	Río		○	○	○		29k+381	D	Pendiente		○	○		
13k+474	A	Pendiente						31k+066	A	Explanada					○
13k+536	D	Pendiente		○	○			31k+130	D	Pendiente		○	○		
13k+639	A	Pendiente						32k+576	A	Explanada					
14k+189	D	Río		○	○			33k+087	D	Explanada		○	○		
14k+279	A	Explanada						33k+379	A	Explanada					
14k+662	D	Río		○	○			33k+687	D	Explanada		○	○		
14k+713	A	Pendiente						34k+091	A	Explanada					
14k+870	D	Pendiente		○	○			36k+559	D	Explanada		○	○		
14k+900	A	Pendiente						37k+378	A	Explanada					
15k+019	D	Río		○	○			39k+028	D	Explanada		○	○		
15k+153	A	Pendiente						39k+442	A	Pendiente					
16k+249	D	Explanada		○	○	○		41k+557	D	Explanada		○	○		
16k+471	A	Explanada						42k+223	A	Explanada					
16k+747	D	Explanada		○	○			44k+458	D	Pendiente		○	○		
18k+196	A	Río						45k+200	A	Pendiente					
18k+600	D	Río		○	○			45k+460	D	Pendiente	○	○	○		
18k+933	A	Explanada						45k+574	A	Explanada					
20k+061	D	Pendiente		○	○			46k+024	D	Río		○	○		
20k+336	A	Explanada						46k+943	A	Explanada				○	
20k+411	D	Pendiente		○	○			47k+346	D	Pendiente		○	○	○	○
21k+039	A	Pendiente						48k+044	A	Pendiente				○	
21k+202	D	Explanada		○	○			48k+225	D	Pendiente	○	○	○	○	
21k+549	A	Explanada													

Columna de funciones : A : Sala de válvula de aire (Ventosa)

D : Cámara de sedimentos (Purga)

Lugares de instalación : Explanada : Instalación en explanada

Pendiente : Instalación en una pendiente

Río : Instalación cerca del río