

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

**PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA SOBRE
EL RIO SAN PEDRO EN EL DEPARTAMENTO
DEL CAQUETA**

EADE

1998

333.914
E122 p3pc
1998
es.1



EMPRESA ANTIOQUEÑA DE ENERGIA S.A.

**PEQUEÑA CENTRAL HIDROÉLECTRICA
SOBRE EL RÍO SAN PEDRO EN EL
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ**

**ESTUDIO SOCIOECONÓMICO
Y FINANCIERO**

REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ESTUDIOS DE
INGENIERÍA Y DISEÑOS EXISTENTES

COPIA

SEPTIEMBRE, 1998



Medellín, 15 de septiembre de 1998

169888

Doctor
JAIME ZAPATA FRANCO
Gerente
Electrificadora del Caqueta S.A. E.S.P.
Calle 20 9-54
Florencia, Caquetá

Asunto: Pequeña Central Hidroeléctrica sobre el río San Pedro - Estudios complementarios para la selección del esquema de aprovechamiento del proyecto. Propuesta de servicios de ingeniería

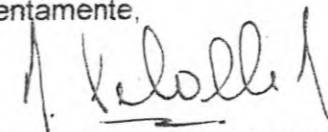
Apreciado doctor Zapata:

Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación del estado de los estudios y diseños existentes del proyecto de la Pequeña Central Hidroeléctrica en el río San Pedro, y atendiendo la solicitud que nos hicieron los funcionarios representantes de la Gobernación y de la Electrificadora del Caquetá al finalizar la presentación de los resultados de dicha evaluación, ponemos a su consideración nuestra propuesta para la realización de los trabajos complementarios destinados a establecer, mediante un análisis de alternativas, la configuración del esquema de desarrollo más conveniente para el aprovechamiento hidroeléctrico del río San Pedro.

Nuestra propuesta contiene los alcances, resultados buscados, duración y costo de las investigaciones complementarias.

Agradecemos su gentil solicitud y quedamos a su disposición para las aclaraciones que consideren convenientes.

Atentamente,



DARIO CEBALLOS BERRIO
Gerente de Proyectos

Copia: Ingeniero Vicente Guzmán S. Director del Proyecto
C-1364-8-0000-3000-

JVG/BeatrizE./Carta111

18 SEP 1998
10:30

ELECTRIFICADORA DE CAQUETÁ S.A E.S.P.

PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
SOBRE EL RÍO SAN PEDRO

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA LA SELECCIÓN DEL ESQUEMA
DE APROVECHAMIENTO DEL PROYECTO

PROPUESTA PARA LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA



SEPTIEMBRE DE 1998

1. INTRODUCCIÓN

Se presentan en esta cotización los alcances, los resultados buscados, el producto a obtener, la duración y el costo de los servicios de ingeniería de consulta requeridos para el análisis de alternativas de esquemas de desarrollo para el aprovechamiento hidroeléctrico del río San Pedro adicionales al esquema considerado dentro de los diseños preparados para el ICEL por otros consultores. Estas alternativas serán estudiadas en igualdad de condiciones con el esquema de desarrollo considerado en los diseños existentes (realizándole los ajustes técnicos necesarios), de manera que sea posible comparar de manera homogénea los diferentes esquemas alternativos propuestos, teniendo como premisa conceptual la optimización de los requerimientos de capital para su implantación, mitigando el nivel de incertidumbre que gravita en el diseño actual del proyecto, para alcanzar un mayor control en los riesgos que deberá asumir el dueño del proyecto.

Para este propósito las investigaciones planteadas adoptarán como referencia la utilización del mismo caudal de diseño del esquema actual y la información de las exploraciones del subsuelo presentada en la documentación disponible del proyecto (apiques y perforaciones), así como aquellos resultados de los estudios presentados por los consultores anteriores sobre los cuales INTEGRAL comparta conceptos técnicos.

2. OBJETO Y ALCANCE

Como se menciona en el numeral anterior, el objetivo de los análisis propuestos es la identificación del esquema de desarrollo hidroeléctrico del río San Pedro que, en igualdad de condiciones de aprovechamiento energético obtenido con los diseños existentes, permita optimizar los requerimientos de capital para su implantación mitigando los efectos del nivel de incertidumbre que gravita en el diseño actual del proyecto, de manera que se alcance controlar de la mejor manera posible los riesgos que deberá asumir el dueño del proyecto, condiciones fundamentales para la viabilidad de un cierre financiero durante el proceso de obtención de los recursos para costear las inversiones requeridas para implantar el proyecto, ya sea mediante los aportes de capital de riesgo de los inversionistas (públicos y privados) interesados en participar en el desarrollo del proyecto, y mediante los aportes de créditos obtenidos de entidades financieras.

Con este propósito los alcances de los trabajos ofrecidos serían los siguientes:

2.1 REDEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA DE REFERENCIA CORRESPONDIENTE AL ESQUEMA ACTUAL DEL APROVECHAMIENTO

Consistirá en ajustar los diseños de las obras y equipos del proyecto correspondiente al esquema del aprovechamiento actualmente concebido, de acuerdo a las observaciones realizadas por INTEGRAL a los mismos durante la "Evaluación y Diagnóstico de los Estudios y Diseños Existentes", que dio lugar a la presentación de esta propuesta.

Esta parte de los trabajos busca la consideración del esquema de aprovechamiento actualmente planteado con el propósito de incluirlo como una alternativa técnica del proyecto, pero introduciendo las mejoras requeridas para sobrellevar el nivel de incertidumbre y riesgo involucrados en los aspectos geológicos y geotécnicos que afectan la mayoría de las obras civiles del proyecto así concebido, y considerando algunos ajustes técnicos en obras civiles y equipos que permitan un mejor desempeño de las obras civiles (en términos de seguridad y funcionalidad) y la actualización tecnológica de los equipos de generación, lo que a su vez permita una simplificación en algunas obras (por ejemplo la casa de máquinas) y una consecuente posible reducción de tamaños y costos de inversión.

De esta forma harán parte de este alcance la redefinición del sistema de revestimiento del túnel de conducción, los taludes de las excavaciones en material tipo coluvión, el canal de conducción, el sistema de remoción de sedimentos, el tanque de carga, la tubería de carga, la disposición de los equipos de generación (posición horizontal/vertical), algunos de los equipos mecánicos de la casa de máquinas, la velocidad específica de los grupos generadores, el sistema de refrigeración, la disposición de la subestación, la alimentación a los servicios auxiliares, las dimensiones generales y ubicación de los equipos, e incluirá la estimación del presupuesto preliminar de las obras civiles y equipos así redefinidos para su utilización en la evaluación de sus indicadores económicos para la comparación de las alternativas estudiadas.

La alternativa así configurada permitirá tener en cuenta la concepción del proyecto correspondiente al esquema de desarrollo de los diseños actuales, pero en condiciones tecnológicas y de costos comparables a las otras alternativas planteadas a continuación, aunque con un nivel de incertidumbre aún sin resolver.

2.2 ALTERNATIVAS DE DESARROLLO A PARTIR DE ESQUEMAS PREDOMINANTEMENTE DE TIPO SUBTERRÁNEO

Consistirá en la conformación de alternativas del esquema de desarrollo basadas en la utilización de conducciones subterráneas, debido a la evidencia de la existencia de una formación rocosa de características geotécnicas adecuadas en la que se podrían implantar estas obras, permitiendo eludir los riesgos a los que estarían sometidas las obras superficiales (especialmente las involucradas con excavaciones y tratamientos de coluviones) y la incertidumbre existente en la información del material de superficie.

Este tipo de esquemas podrá considerar dos sub - alternativas, una de las cuales consistirá en la adopción de una casa de máquinas de tipo superficial y la otra que considere la casa de máquinas de tipo subterráneo, para lo cual se tendrán en cuenta sus implicaciones desde el punto de vista de los accesos requeridos y el retorno de las aguas procesadas al río San Pedro, al igual que las características geotécnicas ya exploradas de la zona.

Para estas dos alternativas del esquema de desarrollo así considerado se tendrán en cuenta los requerimientos de revestimiento de las conducciones subterráneas (pozos y túneles), la ubicación del sistema de desarenador y tanque de carga en la zona de las obras de captación, los taludes de las excavaciones en material tipo coluvión en la zona de las obras de descarga de las aguas turbinadas la río San Pedro y en el caso de la sub - alternativa de la casa de máquinas de tipo superficial, la disposición de los equipos de generación (posición horizontal/vertical), los equipos mecánicos requeridos en cada alternativa de casa de máquinas, la consideración de una velocidad específica de los grupos generadores de acuerdo a las disponibilidades tecnológicas actuales, el sistema de refrigeración de los generadores, la disposición de la subestación, la alimentación a los servicios auxiliares, las dimensiones generales y ubicación de los equipos, y por supuesto también incluirá la estimación del presupuesto preliminar de las obras civiles y equipos correspondientes a este esquema para su utilización en la evaluación de sus indicadores económicos para la comparación de las alternativas estudiadas.

2.3 RESULTADO BUSCADO

Como resultado de esta evaluación se definirá la alternativa que presente el mejor indicador económico y que tenga los menores niveles de riesgo e incertidumbre asociados a su implementación y operación, la cual deberá posteriormente diseñarse al nivel de detalle técnico y documental indispensables para alcanzar los requerimientos necesarios para convocar la

licitación de su construcción, aspecto este que no hace parte de los alcances de esta propuesta.

3. INFORME SOBRE LOS ESTUDIOS

Al finalizar el trabajo propuesto se presentará un informe técnico de la evaluación técnico - económica de las alternativas de desarrollo analizadas, el cual contendrá una descripción de la información utilizada, la descripción de los diferentes elementos que conforman cada una de las alternativas estudiadas (obras civiles y equipos), la metodología empleada en la evaluación, los resultados obtenidos y sus análisis, y las conclusiones y recomendaciones pertinentes sobre la viabilidad de la mejor alternativa encontrada al igual que los pasos que se requerirá acometer para llevarla al nivel necesario para la contratar la ejecución de las obras civiles, el suministro y el montaje de los equipos electromecánicos.

4. DURACIÓN DE LOS TRABAJOS Y RECURSOS PROPUESTOS

Para realizar estos trabajos se ha estimado una duración de nueve semanas (dos meses y una semana) a partir de la fecha en la que se notifique la respectiva orden de trabajo, de acuerdo con el cronograma que se adjunta.

Para participar en los estudios se ponen los siguientes ingenieros, quienes tomaron parte activa en la evaluación y diagnóstico de los estudios y diseños existentes:

- Ingeniero Civil José Vicente Guzmán Sossa, director del Departamento de Estudios de Energía, quien como director del proyecto coordinará los diferentes trabajos a cargo de los otros participantes en el estudio y será reponsable de la evaluación económica para la comparación de las alternativas.
- Ingeniero civil John Jairo Arredondo, director del Departamento de Obras Hidráulicas, quien será responsable de los presideños y presupuestos correspondientes a los ajustes técnicos de las obras civiles del esquema de desarrollo actual y de las alternativas basadas en el esquema que considerará las conducciones subterráneas.
- Ingeniero civil Luis Fernando Contreras, del Departamento de Geotecnia, quien prestará la asesoría en los aspectos relacionados con las características geológicas y geotécnicas a ser tenidas en cuenta en el prediseño de las obras civiles de las diferentes alternativas.

- Ingeniero mecánico Roberto Hincapié R., asesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de INTEGRAL quien será el responsable de los prediseños de los equipos mecánicos del proyecto y del cálculo de los correspondientes presupuestos.
- Ingeniero electricista Carlos Aníbal Henao, del Departamento de Ingeniería Eléctrica, quien será el responsable de los prediseños de los equipos eléctricos, sistemas de comunicación, control, protección y transmisión, así como de sus presupuestos.

En cuadro anexo se indica la dedicación requerida de cada uno de estos profesionales para la ejecución del trabajo.

5. COSTOS DE LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA OFRECIDOS

El valor correspondiente a los costos del personal que participaría en los estudios ofrecidos es de \$29 950 000 (veintinueve millones novecientos cincuenta mil pesos), antes de impuestos, de los cuales \$28 550 000 corresponden a los costos de personal (el que incluye todos los costos prestacionales y administrativos requeridos para la realización de los trabajos, y los honorarios de la empresa), así como los costos directos que sean causados por trabajos realizados en la ciudad de Medellín (comunicaciones, edición de documentos, etc.), estimados en \$1 400 000. Los costos directos adicionales que eventualmente sean requeridos por actividades no previstas en esta descripción (viajes fuera de la sede de INTEGRAL en la ciudad de Medellín) deberán ser reembolsados como valores adicionales al antes citado.

Como forma de pago proponemos un pago inicial equivalente al 30 % del valor antes definido (más los impuestos de ley), el cual será cancelado a más tardar 30 días calendario posteriores a la iniciación de los trabajos, cuando se presentará la correspondiente factura, y un pago final equivalente al 70 % restante del valor fijado (más los impuestos de ley), más los costos directos que se hubieren causado y que no han sido tenidos en cuenta en el valor establecido para la ejecución de los trabajos, según factura que se presentará una vez entregado a satisfacción el informe sobre los estudios.

La validez del valor de estos trabajos es 45 días pues en su estimación se ha supuesto que el estudio se ejecutará durante 1998.

CRONOGRAMA DE LOS ESTUDIOS

Actividad	Duración estimada (semanas)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Conformación de las alternativas									
2. Prediseño de obras civiles									
3. Prediseño de equipos mecánicos									
4. Prediseño de equipos eléctricos y afines									
5. Cálculo de presupuestos de las alternativas									
6. Evaluación de las alternativas									
7. Preparación del informe técnico									

DEDICACIÓN DE LOS RECURSOS

Actividad	Utilización del recurso (hombres-semana)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Conformación de las alternativas John Jairo Arredondo B.	0,5	0,5						
2. Prediseño de obras civiles John Jairo Arredondo B.		0,5	0,5	0,5	0,5			
3. Prediseño de equipos mecánicos Roberto Hincapié R.			0,5	0,25	0,25	0,5		
4. Prediseño de equipos eléctricos y afines Carlos Aníbal Henao			0,25	0,5	0,25	0,5		
5. Cálculo de presupuestos de las alternativas John Jairo Arredondo B. Roberto Hincapié R. Carlos Aníbal Henao					0,25	0,5		
					0,25	0,5		
					0,25	0,5		

DEDICACIÓN DE LOS RECURSOS (continuación)

Actividad	Utilización del recurso (hombres-semana)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
6. Evaluación de las alternativas								
José Vicente Guzmán S.						0,2	0,8	
7. Preparación del informe técnico								
José Vicente Guzmán S.							0,2	0,8
John Jairo Arredondo B.							0,5	0,3
Roberto Hincapié R							0,5	0,3
Carlos Aníba Henao							0,5	0,3

CONTROL DE DISTRIBUCIÓN Y APROBACIÓN FINALES DE LOS INFORMES

NOMBRE DEL DOCUMENTO: REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA Y DISEÑOS EXISTENTES										
CÓDIGO DEL DOCUMENTO: I - 1364-4-0000-5008-001										
LISTADO DE DISTRIBUCIÓN:			NOMBRE	FECHA	NOMBRE	FECHA	NOMBRE	FECHA	NOMBRE	FECHA
Biblioteca de INTEGRAL S.A.			Margarita Rosa Trujillo							
Dirección del Proyecto			Ing. José Vicente Guzmán Sossa							
NÚMERO DE REVISIÓN			REV. No. 0		REV. No. 1		REV. No. 2		REV. No. 3	
APROBACIONES	ELABORÓ		NOMBRE	José Vicente Guzmán S.						
			FIRMA	<i>José Vicente Guzmán S.</i>						
			FECHA	10 - septiembre - 98						
	Encargado Grupo de Trabajo		NOMBRE	John Jairo Arredondo B.						
			FIRMA	<i>J. J. Arredondo B.</i>						
			FECHA	10 - septiembre - 98						
	Gerencia de Proyectos de Medellín		NOMBRE	Dario Ceballos B.						
			FIRMA	<i>Dario Ceballos B.</i>						
			FECHA	11 - septiembre - 98						
			NOMBRE							
			FIRMA							
			FECHA							
		NOMBRE								
		FIRMA								
		FECHA								

TABLA DE CONTENIDO

Página

1.	INFORMACIÓN DISPONIBLE UTILIZADA	1
2.	ESQUEMA GENERAL Y CONCEPCIÓN DEL DESARROLLO	4
2.1	CONCEPCIÓN DE LOS DISEÑOS ACTUALES	4
2.1.1	Bocatoma	4
2.1.2	Conducción y tanque de carga.	4
2.1.3	Tubería de carga	5
2.1.4	Casa de máquinas	6
2.2	POSIBLES MEJORAS	6
2.2.1	Bocatoma	6
2.2.2	Túnel	6
2.2.3	Canal	7
2.2.4	Tanque de aquietamiento	7
2.2.5	Tubería	7
2.2.6	Casa de máquinas	7
2.3	ESQUEMA ALTERNATIVO	8
3.	ESTUDIOS BÁSICO REALIZADOS	10
3.1	GENERALIDADES	10
3.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	11
3.2.1	Conceptos relacionados con la definición de parámetros de diseño	11
3.2.2	Aspectos relacionados con la información técnica	13
4.	EQUIPOS MECÁNICOS	16
4.1	GENERALIDADES	16
4.2	COORDINACIÓN DE DOCUMENTOS EXISTENTES	17
4.2.1	Turbinas, reguladores y válvulas de admisión	17
4.2.2	Sistema de refrigeración	18
4.2.3	Sistema Antincendio con CO ₂	18
4.2.4	Planta de emergencia	18
4.2.5	Equipos hidromecánicos	19
4.3	POSIBILIDAD DE AJUSTES A ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS	20
4.3.1	Turbinas, reguladores y válvulas de admisión	20
4.3.2	Puente grúa	21

Tabla de contenido (Continuación)

	Página
4.3.3 Sistema de refrigeración	21
4.3.4 Sistema de aire comprimido	21
4.3.5 Ventilación y aire acondicionado	21
4.3.6 Planta de emergencia sería mucho menor que la prevista	21
4.3.7 Tubería de carga	22
4.4 POSIBLES AJUSTES A ALGUNAS ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS	22
4.4.1 Turbinas	22
4.4.2 Refrigeración	22
4.4.3 Sistema Antincendio con agua	23
4.4.4 Drenajes	23
4.4.5 Compuerta radial	23
4.4.6 Vigas de izamiento	23
4.4.7 Rejas coladeras	23
4.4.8 Compuerta de rodillos para la bocatoma	24
4.4.9 Compuerta de rodillos para la cámara de aquietamiento	24
4.4.10 Compuertas tubos aspiración	25
4.4.11 Compuerta para purga de sedimentos de la cámara de aquietamiento	25
4.4.12 Tubería de carga	26
4.4.13 Juntas de expansión	26
4.4.14 Agujeros de inspección	26
4.4.15 Soldaduras	26
4.5 POSIBILIDAD DE DISMINUIR LAS INVERSIONES EN EQUIPOS MECÁNICOS	26
4.5.1 En cuanto a elementos de las Turbinas	26
4.5.2 Sistema de refrigeración	27
4.5.3 Sistema de aire comprimido	27
4.5.4 Purificación de aceite	27
4.5.5 Ventilación y aire acondicionado	27
4.5.6 Taller mecánico	27
4.6 POSIBILIDAD DE INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LOS DISEÑOS ACTUALES	28
4.6.1 Turbinas	28
4.6.2 Puente grúa	28
4.6.3 Refrigeración	28
4.6.4 Compuertas de rodillos	29

Tabla de contenido (Continuación)

	Página
4.7 OBSERVACIONES A MEMORIAS TÉCNICAS	29
4.7.1 Golpe de ariete y regulación	29
4.7.2 Compuerta radial	29
4.7.3 Compuerta deslizante de limpia	30
4.7.4 Tubería de carga	30
4.7.5 Velocidad de las turbinas	30
4.8 PRESUPUESTO DE EQUIPOS MECÁNICOS	31
5. EQUIPOS ELÉCTRICOS	34
5.1 EQUIPOS DE GENERACIÓN Y DE TRANSFORMACIÓN	34
5.2 CONTROL, MEDIDA, PROTECCIÓN Y COMUNICACIONES	34
5.3 LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN A 115 kV	35
5.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	35
5.5 ASPECTOS CONTRACTUALES Y COMERCIALES DE LOS DOCUMENTOS DE LICITACIÓN	37
5.6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS. OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-26	38
5.6.1 Suministro de materiales eléctricos	38
5.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MONTAJE DE EQUIPOS - OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-27	39
5.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS - OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-28	39
5.8.1 Medida y Pago. Ítemes de Pago	39
5.8.2 Malla de puesta a tierra	39
6. FORMULARIOS DE CANTIDADES DE OBRA, PRECIOS Y PRESUPUESTO	41
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS CIVILES Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES	43
8. PLIEGOS DE CONDICIONES Y MINUTA DE CONTRATO	46
8.1 GENERALIDADES	46
8.2 CAPÍTULO 1. CONDICIONES PARTICULARES.	46
8.3 CAPÍTULO 2. CONDICIONES GENERALES	48
8.4 CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS	49
8.5 CAPÍTULO 4. CONTRATACIÓN	49
8.6 CAPÍTULO 5. MINUTA DEL CONTRATO	50

Tabla de contenido (Continuación)

Página

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

54

Anexo: Relación de planos contenidos en el Volumen 2 del Informe Final del Estudio de Revisión y Actualización de los diseños, preparados por la firma CE en 1995

INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan los resultados de los análisis realizados a los diseños existentes de ingeniería para la licitación de los diferentes componentes del proyecto de la Pequeña Central Hidroeléctrica sobre el Río San Pedro (PCH San Pedro), así como de los diferentes documentos para la licitación de las obras y equipos (planos, memorias, cantidades, precios unitarios, especificaciones técnicas, pliego de condiciones, minuta del contrato, etc.), los cuales se efectuaron con base en los informes y documentos preparados en 1995 por la firma Compañía de Estudios e Interventorias Ltda (CEI).

Con los análisis adelantados se trata de establecer en términos conceptuales el nivel alcanzado en los estudios y diseños de ingeniería disponibles para licitar la PCH San Pedro, considerando la definición misma del esquema de desarrollo del aprovechamiento, el estado de incertidumbre involucrado en los parámetros de diseño adoptados con base en los estudios básicos ya realizados, el concepto tecnológico implícito en las características de diseño de las obras civiles y equipos adoptados para implementar el proyecto (con sus implicaciones en su funcionalidad y costos) y el alcance y contenido de los documentos técnicos y legales preparados para licitar la PCH.

El informe está conformado por un capítulo descriptivo de la información utilizada para realizar la evaluación y un conjunto de capítulos en los que se analizan los aspectos relacionados con: la concepción del desarrollo con que es aprovechado el río San Pedro; los estudios básicos disponibles; los principales equipos mecánicos y eléctricos; los presupuestos obtenidos; las especificaciones técnicas propuestas y algunos aspectos de interés relacionados con la minuta del contrato. Finalmente se incluye un capítulo en el que se consignan las conclusiones más relevantes y las recomendaciones pertinentes.

1. INFORMACIÓN DISPONIBLE UTILIZADA

Para relocalización de los análisis adelantados al estado actual de los estudios y diseños de ingeniería de la PCH San Pedro, EADE puso a disposición de INTEGRAL los siguientes documentos técnicos preparados en 1995 por la firma CEI para el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), dentro de un contrato cuyo objetivo fue la revisión y actualización de los diseños preparados (también para el ICEL) por la firma Estudios Técnicos Limitada (ET) a finales de 1981:

- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Informe Final; Volumen 1: Informe Técnico General.
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Anexo al Capítulo 2: Geodesia y Topografía; Carteras de Campo.
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 2: 1 - Planos Generales (Juego de 69 planos).
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 2: 2 - Planos Estructurales (Juego de 85 planos).
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 2: 3 - Planos Mecánicos (Juego de 39 planos).
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 2: 4 - Planos Eléctricos (Juego de 47 planos).
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro

- (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 3: Memorias Técnicas A: Diseños Civiles.
- COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 3: Memorias Técnicas B: Equipos Eléctricos.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 3: Memorias Técnicas B: Equipos Mecánicos.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 4: Precios Unitarios y Costo Total.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 5: Estudios Ambientales.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 6: Documentos de Licitación. Pliego de Condiciones y Minuta del Contrato.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 7: Documentos de Licitación. Especificaciones Técnicas para el Suministro y Construcción de la Línea de Subtransmisión hasta la Subestación Santuario.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 8: Documentos de Licitación. Especificaciones Técnicas para el Suministro de Equipos de Generación, Equipos de Patio y Equipos Auxiliares.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 9: Documentos de Licitación. Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras Civiles, Instalaciones Eléctricas y Montaje de Equipos.
 - COMPAÑÍA DE ESTUDIOS E INTERVENTORÍAS LTDA. Culminación de la Actualización del Diseño de la Pequeña Central Hidroeléctrica de San Pedro (Caquetá). Contrato No. 6289. Volumen 10: Documentos de Licitación. Características Garantizadas, Formulario de Cantidades y Precios.

Los planos correspondientes a los diferentes componentes del Volumen 2 de los documentos preparados por CEI se relacionan en el Anexo a este informe.

Así mismo se puso a disposición de esta parte de los trabajos el documento Planeamiento Eléctrico 1998-2008, preparado en marzo de 1998 por la Electrificadora del Caquetá S.A. E.S.P. (Electro Caquetá), al igual que la comunicación de esta misma entidad OPS-3154 del 22 de julio de 1998, en la que se atienden algunos de los requerimientos de información planteados durante esta parte de los estudios.

2. ESQUEMA GENERAL Y CONCEPCIÓN DEL DESARROLLO

2.1 CONCEPCIÓN DE LOS DISEÑOS ACTUALES

En general, el esquema de desarrollo correspondiente a los diseños existentes para el proyecto es sencillo, de tipo convencional y técnicamente viable. A continuación se anotan algunos comentarios acerca de las obras básicas que conforman el proyecto, resultantes de una revisión conceptual de los informes, planos y memorias disponibles.

2.1.1 Bocatoma. Está conformada por una presa en concreto de 30 m de longitud y 9 m de altura; el canal de limpieza está controlado por una compuerta radial y la estructura de toma está equipada con rejas coladeras y compuerta deslizante de cierre.

La obra está bien concebida, su fundación es competente y las excavaciones requeridas no presentan problemas geotécnicos. No obstante, no se establece el sistema de manejo de aguas durante su construcción, lo cual resulta conveniente si se tiene en cuenta lo estrecho del cauce del río en el sitio.

2.1.2 Conducción y tanque de carga. Está conformada por un túnel de 710 m que opera a flujo libre, un canal rectangular en concreto de 237 m y un tanque de aquietamiento.

Debido al tipo de formación por la que atraviesa, el túnel requiere soporte de construcción en las dos terceras partes de su longitud, siendo el soporte actualmente previsto apropiado para las características geotécnicas de la roca; sin embargo, el revestimiento definitivo en concreto adoptado para diseño tiene un espesor muy pequeño (0,15 m) y no se indica el refuerzo, aspecto que vale la pena ser revisado debido a las condiciones de carga que podría atender durante su vida útil al tener en cuenta las condiciones de la roca.

El portal de salida del túnel está ubicado en un coluvión, lo cual no es recomendable; tal vez por este motivo en los planos se especifica como

sistema de emportalamiento un muro de contención, el cual no obstante se considera apropiado para tal propósito así como tampoco para el control del talud, pues es una solución puntual.

El canal de conducción está adecuadamente fundado en roca. No obstante, la excavación requerida para implantar el canal conforma un talud en coluvión sobre el lado izquierdo del mismo, lo cual no es conveniente pues una eventual desestabilización podría obstruir el canal. Así mismo, sobre el lado derecho se conforma una berma mediante un lleno, el cual está fundado a media ladera sobre el mencionado coluvión, aspecto este que tampoco es recomendable puesto que podría desestabilizarse la fundación del lleno y originarse un deslizamiento.

El flujo en el túnel y el canal es subcrítico, con velocidad del orden de 3,4 m/s, lo cual es aceptable.

El tanque de aquietamiento fue concebido como tanque de carga de la tubería de presión y como desarenador, funciones que para el diseño analizado son incompatibles. Aunque como desarenador podría retener partículas hasta de 0,4 mm, lo cual es adecuado para protección de las turbinas, no tiene incorporada una capacidad para almacenarlas entre los períodos de limpieza. Por otra parte, cuando opere como tanque de carga, las partículas que logren depositarse serían removidas por la turbulencia creada por eventos de flujo transitorio durante aperturas o cierres de las turbinas.

Por su parte, el vertedero de excesos del tanque de aquietamiento descarga en caída libre sobre una ladera en roca, la cual debe analizarse en cierto detalle para verificar que no se presente algún tipo de erosión por desprendimiento de bloques. Igualmente convendría analizar el impacto de tal descarga en la quebrada Las Tulpas. En principio, se considera que este tipo de descarga es desventajoso desde el punto de vista ambiental.

2.1.3 Tubería de carga. Es de tipo superficial apoyada sobre silletas con longitud de 126 m, 2,70 m de diámetro y pendientes entre el 137% y 55%.

Su trazado y concepción estructural es convencional. No obstante, por simplicidad y conveniencia estructural no es recomendable ubicar la bifurcación

dentro de la curva vertical final; además la bifurcación debería ser de tipo concéntrica y no excéntrica.

La tubería está bien fundada, para lo cual se remueve el coluvión existente en la ladera. No obstante, a todo lo largo de la tubería, sobre su costado izquierdo, se conforma un talud lateral en coluvión, de altura considerable, lo cual no es recomendable porque la desestabilización de este podría afectar no solo la tubería sino también la casa de máquinas.

2.1.4 Casa de máquinas. Es de tipo superficial de 30,5 m de longitud, 17,5 m de ancho y 26 m de altura máxima y aloja dos unidades tipo Francis de eje vertical.

Está fundada en material aluvial y, dado que el nivel freático es prácticamente superficial por la cercanía de la quebrada Las Tulpas, las excavaciones para su fundación pueden presentar dificultades. Por igual razón, conviene analizar la estabilidad de la estructura durante el evento de un sismo intenso para verificar que no se presente licuefacción de la fundación.

En cuanto a la estructura, es bastante robusta y generosa en espacios, siendo posible reducir su tamaño y simplificarla para reducir costos.

2.2 POSIBLES MEJORAS

2.2.1 Bocatoma. En términos generales requerirá modificaciones, aunque lo más conveniente sería anexarle el desarenador para evitar que los sedimentos ingresen al túnel y facilitar la descarga del material retenido nuevamente al río San Pedro. Igualmente conviene definir un sistema de ataguías para facilitar su construcción.

2.2.2 Túnel. Debe verificarse estructuralmente el revestimiento permanente en concreto de las dos terceras partes del mismo.

Así mismo, debe analizarse y revisarse el sistema de emportalamiento de salida del túnel.

2.2.3 Canal. Se recomienda cubrirlo para protegerlo de una eventual desestabilización del talud lateral izquierdo. Igualmente se recomienda suprimir el lleno que conforma la berma lateral derecha.

2.2.4 Tanque de quietamiento. Se recomienda independizar las funciones del desarenador y el tanque de carga, para lo cual, si se decide dejar el desarenador en este sitio, habría que alargar el tanque de quietamiento y disponer un vertedero transversal que separe el desarenador del tanque de carga; la otra posibilidad es dejar el desarenador en la zona de la bocatoma y redimensionar esta obra como tanque de carga; también se recomienda analizar en más detalle el sistema de rebose localizado en este sitio.

Igualmente, es necesario profundizar el desarenador para conformar tolvas con un volumen apropiado para almacenamiento temporal de los sedimentos retenidos.

También se recomienda dividir el desarenador en dos celdas mediante un tabique longitudinal, de modo que pueda operar una con el 50% del caudal mientras se realizan labores de limpieza de la otra; esta previsión no está considerada en el diseño actual.

2.2.5 Tubería. Podría analizarse la posibilidad de una tubería enterrada fundada en roca pero sin remover el coluvión. En tal caso, será necesario analizar la estabilidad de tales depósitos bajo condiciones de saturación y evento sísmico, no solo para garantizar la estabilidad de la tubería sino también la seguridad de la casa de máquinas.

Así mismo, podría analizarse la posibilidad de utilizar tubería en GRP (fibra de vidrio) en lugar de acero, la cual es apropiada para las presiones del proyecto y más económica. En este caso cabría la posibilidad de estudiar la conveniencia de dos tuberías paralelas en lugar de una.

2.2.6 Casa de máquinas. Esta obra puede ser simplificada considerando una estructura más liviana y de menor tamaño. En este sentido, podría considerarse además la posibilidad de unidades de eje horizontal, con lo cual también se podrían minimizar los problemas de las excavaciones para

fundación; las modificaciones de otros aspectos técnicos relacionados con las características del sistema turbogenerador también podrían permitir reducir el tamaño de la casa de máquinas, como se describe en los capítulos 4 y 5 (incremento en la velocidad específica, cambio del sistema de refrigeración del generador, etc.).

2.3 ESQUEMA ALTERNATIVO

Teniendo en cuenta que las condiciones geológicas y geotécnicas superficiales de la zona del proyecto son poco favorables por la existencia de depósitos coluviales; (ver el capítulo 3), que el macizo rocoso por donde está trazado el túnel actualmente diseñado está constituido por una Arenisca con estratificación casi horizontal, siendo desfavorable para realizar excavaciones subterráneas, y por último, aprovechando las buenas características geotécnicas del Basamento, conformado por rocas metamórficas de alto grado con inyecciones graníticas, podría plantearse un esquema totalmente subterráneo con las siguientes características:

- Desarenador y tanque de carga junto a la bocatoma.
- Trazado en planta de la conducción similar al del esquema original.
- Trazado vertical conformado por: un pozo de presión de 80 m revestido en concreto simple de \varnothing 3,2 m; túnel de presión de 100 m revestido en concreto con \varnothing 3,2 m en sus primeros 70 m y el resto con blindaje de acero de \varnothing 2,7 m; y túnel de descarga de unos 900 m operando a flujo libre.
- Casa de máquinas subterránea con dos unidades de eje horizontal, con acceso mediante un túnel vehicular de 500 m con pendiente del -11% y sección de 5,5 m de ancho por 5,5 m de altura.

Este esquema presentaría entre otras las siguientes ventajas:

- Seguridad, porque las obras subterráneas quedan emplazadas en roca bastante competente, y porque se suprimen los riesgos inherentes a los coluviones y la incertidumbre en el reconocimiento de las características geotécnicas de estos depósitos.
- Se acorta la vía de acceso a casa de máquinas en aproximadamente 0,7 km y se suprimen dos puentes de 20 m de longitud cada uno requeridos en este tramo sobre la quebrada Las Tulpas. Igualmente se suprime el ramal de acceso al portal de salida del túnel actual, de 0,3 km aproximadamente.

- Permite replantear la carretera de acceso a la presa para acortarla.
- Se minimiza el impacto ambiental por la menor cantidad de movimientos de tierra y construcción de vías.
- Muy probablemente se reduce el costo de las obras civiles del proyecto.

3. ESTUDIOS BÁSICO REALIZADOS

3.1 GENERALIDADES

Con relación a las investigaciones básicas que sirvieron de apoyo a la definición de los principales parámetros de diseño del proyecto, pudieron evaluarse en forma conveniente las correspondientes a los aspectos geológicos y geotécnicos descritos en el Informe Técnico General (Volumen 1), ya que la parte de las investigaciones correspondientes a los estudios destinados al análisis y la evaluación del potencial hidroeléctrico a ser aprovechado no se encontró disponible en dicho informe, en la cual son de fundamental importancia los relacionados con los análisis energéticos y económicos destinados a determinar el tamaño del proyecto (capacidad instalada), su producción energética (simulaciones a nivel diario, producción estacional firme y secundaria, etc.), así como los estudios que determinan los tamaños óptimos (en términos económicos) de las obras de conducción; sobre este aspecto en la información suministrada solo se hace una descripción breve sobre algunas características hidrológicas inferidas para el río San Pedro en proximidades al sitio de su aprovechamiento. Con relación a las investigaciones de campo relacionadas con los levantamientos cartográficos (geodesia y topografía) el trabajo de CEI incluye un anexo dedicado a este aspecto (carteras de campo), que por los alcances de esta evaluación no se analiza debido a la imposibilidad de realizar verificaciones de campo.

Debido a estas consideraciones en esta evaluación se adoptaron las siguientes decisiones con relación a las investigaciones y estudios básicos relacionados con el proyecto:

- Abstenerse de formular concepto sobre los estudios de potencia y energía, debido a falta de información sobre este tema.
- Abstenerse de establecer concepto sobre la definición de la capacidad instalada del proyecto y el dimensionamiento del sistema de conducciones, debido a falta de información sobre estas características.
- Con relación a las investigaciones sobre levantamientos topográficos y geodésicos no se presenta concepto, por la imposibilidad de realizar verificaciones en el campo.

- Presentar concepto sobre los estudios geológicos y geotécnicos, debido a la existencia de información específica sobre estos temas y por su importancia fundamental en la definición de las características de diseño más relevantes de las obras civiles del proyecto y en sus costos.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este capítulo se describen algunos de los puntos más relevantes relacionados con las investigaciones básicas de los aspectos geológicos y geotécnicos bajo los cuales se definieron varios de los criterios y parámetros de diseño de las principales obras civiles de la PCH de San Pedro.

3.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

3.2.1 Conceptos relacionados con la definición de parámetros de diseño. Sobre estos temas se relacionan a continuación algunas de las observaciones sobre el estado de los estudios existentes descritos en el capítulo 4 de Informe Técnico General (Volumen 1) de CEI:

- En el informe disponible no se presenta una evaluación geotécnica de los sitios de las diferentes obras del proyecto, respaldada con exploraciones y ensayos, que permita calificar el comportamiento de los materiales desde el punto de vista de su estabilidad natural y en excavaciones, y de su capacidad de soporte, especialmente para el tramo correspondiente al de salida del túnel, a lo largo del canal de conducción, el trazado actual de la tubería de carga y el área de emplazamiento de la casa de máquinas. En el informe solo se menciona que las condiciones geológicas son claras y que hubo investigaciones del subsuelo en varios sitios, pero no se dan detalles técnicos sobre ellas.
- Tampoco se presenta la información geológica-geotécnica del proyecto en detalle, solamente se hace una descripción muy general de las condiciones en cada sitio, y se validan las investigaciones adelantadas o presentadas en estudios anteriores, las cuales no pudieron ser analizadas en este trabajo.

La descripción geotécnica de los materiales se basa en apreciaciones cualitativas (" material de buena capacidad portante " o " de buenas condiciones de estabilidad "), lo que no permite un enfoque cuantitativo de sus atributos técnicos.

- No se considera adecuado que las características de resistencia de los suelos para el estudio de las vías de acceso y la evaluación de la fundación de las torres de la línea de transmisión, estén basadas únicamente en

mediciones con penetrómetro de bolsillo. De otra parte, hay tan sólo tres ensayos de CBR sobre muestras compactadas en el laboratorio y estos resultados se utilizan para establecer los dos valores de CBR de diseño para la subrasante.

- No hay precisiones ni detalles sobre las fuentes de materiales de construcción (localización, accesibilidad, volumen, calidad, explotación), ni sobre las zonas de depósito (condiciones de estabilidad, capacidad, accesibilidad, manejo de aguas, etc.).

Así mismo, con relación a los estudios de sismología realizados para los diseños de la PCH de San Pedro (capítulo 5 del informe considerado) se plantean los siguientes comentarios:

- Se hace una evaluación cualitativa general de las condiciones sísmicas en la zona del proyecto, con base en conceptos de sismicidad general de Colombia y regional en la zona del proyecto, de los resultados de la NSR-98, y con el respaldo de la experiencia del especialista que llevó a cabo el análisis correspondiente.
- En el informe analizado se considera que los estudios de amenaza sísmica adelantados con anterioridad son incompletos y se critica la forma cómo se estimó la aceleración de diseño en el estudio realizado con anterioridad por la firma INGETEC, recomendando incrementar la aceleración de diseño de 0,27 g estimada en el estudio de INGETEC a 0,35 g para la componente horizontal del sismo de diseño; así mismo sugiere un valor de 0,24 g para la componente de la aceleración vertical, valores que, en principio, y mientras no se realice una evaluación más adecuada, se consideran elevados, lo que naturalmente incrementa de forma innecesaria los requerimientos de diseño con un consecuente mayor costo en las especificaciones técnicas de las obras.
- La modificación de la aceleración al valor de 0,35 g para la componente horizontal del sismo de diseño se hizo con base en la falla Suaza; dada su corta distancia al proyecto, se considera necesario hacer una evaluación de sus condiciones neotectónicas, por lo menos por medio de fotointerpretación o recorridos de campo, que permitan identificar o descartar la presencia de rasgos de actividad reciente, con el objeto de evaluar la amenaza sísmica en el área del proyecto bajo escenarios favorables y desfavorables. Estos resultados deberían combinarse con otras sismofuentes importantes para la zona como la subducción y otras fallas, mediante un procedimiento probabilístico que considere la incertidumbre en la información de entrada y la dispersión de las correlaciones que se utilizan.

- Se recomienda utilizar varias ecuaciones de atenuación incluyendo las más recientes (Seismological Society of America, Seismological Research Letters, January/February 1997), con el fin de obtener promedios de las que se ajusten mejor a las condiciones tectónicas de la zona del proyecto.
- Por su cercanía, la falla Suaza implica un aporte importante a la amenaza sísmica en el caso de que sea una falla activa. Es conservador suponer para el diseño un sismo con la magnitud máxima de la falla a la distancia más cercana del sitio del proyecto; este concepto corresponde al denominado "sismo máximo creíble" (S.M.C.) para el cual se deberá verificar que las obras no colapsen, pero se deben considerar, con base en el análisis probabilístico antes mencionado, otros períodos de retorno y condiciones de servicio como los correspondientes a los denominados "sismo básico de operación" (S.B.O.) y "sismo máximo probable" (S.M.P.), para de esta manera, a través de un manejo más adecuado en la definición del riesgo a asumir y la incertidumbre involucrada en la determinación de los sismos de diseño, poder conseguir una optimización en los requerimientos estructurales de las obras del proyecto y, consecuentemente, en sus costos de inversión bajo los parámetros de seguridad considerados. También se considera conveniente evaluar los espectros para cada uno de ellos.
- La casa de máquinas estará apoyada en un depósito aluvial saturado, sin embargo no se cuenta con la información suficiente sobre la posible presencia de lentes de arena u otras capas donde, ante la ocurrencia de un sismo, se pudiera presentar el fenómeno de la licuación y desarrollar efectos locales como la amplificación de la aceleración sísmica evaluada a nivel de roca, o la modificación de su forma espectral. Estos parámetros pueden jugar un papel fundamental, no sólo en la estabilidad e integridad de la estructura misma sino especialmente en el diseño de los equipos electromecánicos.

3.2.2 Aspectos relacionados con la información técnica. Con relación a la información técnica contenida en los documentos suministrados, es de interés señalar los siguientes aspectos observados en el Volumen 2 - 1. Planos Generales, del Informe Final:

- Plano 61-IG-104, Localización predios, botaderos y campamentos. En este plano las vías de acceso están mal localizadas. Así mismo se observa que la selección y detalle de las zonas de depósito de materiales sobrantes (botaderos) muestran un aparente bajo nivel de estudio, ya que normalmente estas zonas deben presentarse en una escala apropiada, en donde se indique la topografía del terreno, el tipo de materiales presentes, los accesos previstos, el manejo de las aguas, los tratamientos requeridos y la geometría

del depósito definiendo la disposición de taludes y bermas y su volumen estimado.

- Planos 61-IG-105 a 107, Localización y características de los materiales de construcción. No hay claridad sobre las características de los materiales de cada una de las fuentes señaladas. No se indica como están distribuidas las gravas y las arenas en cada sitio. Se califican las propiedades de permeabilidad y resistencia de una forma cualitativa y estas apreciaciones no están respaldadas por resultados de ensayos, al menos en la información suministrada para esta evaluación. Con la información suministrada es difícil estimar los volúmenes potenciales de material explotable y tener una apreciación de la accesibilidad a los sitios. La localización de las zonas 5, 6, 7 y 8 se presenta en una escala inadecuada.
- Plano 61-2GT-101, Geología general. En la planta el corte CC' está indicado al revés y el depósito en la zona del canal de conducción debe ser QL.
- Plano 61-2GT-102, Geología Bocatoma y Túnel de Conducción. Según este plano, la exploración realizada consiste en tres perforaciones (P-1, P-1B y P-2) y una trinchera (TR-3), correspondientes a dos perforaciones en la zona del contacto discordante y una perforación y una trinchera en la zona del depósito coluvial del portal de salida. No se presenta información sobre las características geotécnicas de los materiales.
- Plano 61-2GT-103, Geología Canal de Conducción. La exploración consiste en tres apiques (A-1, A-2 y A-3) y una perforación (P-3). Los taludes de corte indicados tienen una pendiente 1H:1V, con alturas de hasta 12 m en los depósitos de ladera (bloques de arenisca asfáltica en matriz de arena); sin embargo, no se indican protecciones superficiales para estos taludes. Los taludes de los llenos tienen una pendiente 2H:1V, con alturas de hasta 10 m. La disposición del canal a media ladera en una zona de depósitos coluviales podría ser inconveniente; no se presenta información que permita juzgar las condiciones de estabilidad de la zona. Por estas razones se considera que la exploración adelantada podría ser insuficiente.
- Plano 61-2GT-105, Geología Tubería de Carga. La exploración consiste en sólo una trinchera (T-2) y una perforación (P-4), por lo que la profundidad del depósito de ladera podría no estar totalmente definida a lo largo del alineamiento con la exploración ejecutada. No se presenta información relacionada con las condiciones de estabilidad de la ladera, factor muy crítico para esta obra.
- Plano 61-2GT-106, Geología Casa de Máquinas. La exploración mostrada consiste en una perforación (P-5). La casa de máquinas se encuentra en un depósito aluvial con cota 420, con un nivel de explanación en la cota 418, fondo de excavación en la cota 408, y nivel de la quebrada Las Tulpas entre las cotas 415 a 419. Se considera que la exploración realizada (P-5) es

insuficiente para establecer la disposición y características de los materiales en esta zona, necesarias para el diseño de las cimentaciones de edificio y equipos y para definir la estabilidad de las excavaciones mismas, factores cruciales en el diseño y construcción de esta obra. El carácter granular de los suelos y el nivel de actividad sísmica de la zona indican la necesidad de realizar investigaciones del subsuelo y de análisis detallados que garanticen la estabilidad de las obras en el evento de un sismo.

- Planos 61-2GT-107 y 108, Geología de la línea de subtransmisión a Santuario y Geología de la zona de influencia del proyecto y vías de acceso. No hay zonificación geotécnica, ni se hace referencia a posibles fenómenos de inestabilidad, erosión, etc., que pudieran tener una influencia sobre las obras.

4. EQUIPOS MECÁNICOS

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis a los documentos revisados, los cuales están constituidos por un conjunto de 39 planos, elaborados en 1981 por la firma Estudios Técnicos Ltda., así como por la memoria técnica y el pliego de condiciones generales y de especificaciones técnicas, elaborados en 1995 por la firma CEI.

La documentación analizada fue preparada como parte de la correspondiente a la totalidad de los equipos electromecánicos y obras civiles de la PCH de San Pedro, con miras a la realización de un contrato único, del tipo "Llave en mano", para la construcción del Proyecto.

En la documentación revisada se detectaron algunas inconsistencias entre lo mostrado en los planos y lo indicado en las especificaciones o en la memoria técnica, y aún entre estas, lo cual se explicaría por la circunstancia de haber participado dos firmas, en fechas bien diferentes, en la elaboración de los diseños del Proyecto, como también pudo haber sucedido que las especificaciones y memoria técnica se elaboraron en un plazo muy corto, sin oportunidad de coordinarlas con los planos. Además, la memoria técnica incluye algunos anexos complementarios, en papel sin membrete, presumiblemente elaborados por la última de las firmas mencionadas.

Al respecto, y a modo de ejemplo, se tiene que en las especificaciones técnicas no se estipulan los parámetros característicos de las turbinas y su equipo asociado, aunque sí se relacionan en los formularios del pliego, pero con valores diferentes de los que se indican en los anexos complementarios a la memoria técnica. Esto nos lleva a interpretar que los equipos de generación no se han seleccionado aún en forma definitiva.

Así mismo, en uno de los mencionados anexos se estiman los parámetros hidráulicos de una tubería de carga de longitud mucho mayor que la indicada en los documentos originales (375 -vs- 120 m); en este sentido no se encontró

explicación alguna a este hecho, razón por la cual se optó por no tener en cuenta dicho anexo.

En síntesis, la revisión de la documentación mencionada ha permitido concluir que, no obstante las inconsistencias mencionadas, éstas no afectan la concepción básica del diseño, el cual se puede considerar que desde el punto de vista de los equipos mecánicos está completo y bien presentado en los planos para el esquema de desarrollo del aprovechamiento considerado de la PCH, si bien algunos aspectos son susceptibles de ser optimizados con el fin de conseguir reducciones en los costos de inversión de estos equipos (y en las obras civiles relacionadas con ellos) consiguiendo los mismos resultados técnicos para el proyecto considerado.

Igualmente se ha podido verificar, por comparación con información recientemente procesada para proyectos de características comparables, que el presupuesto global de costos previsto para la adquisición de los equipos mecánicos previstos es más que conservativo, no obstante haber sido preparado tres años atrás.

A continuación se presentan comentarios específicos sobre los diseños disponibles.

4.2 COORDINACIÓN DE DOCUMENTOS EXISTENTES

Si bien la documentación revisada se ha encontrado acorde con el propósito del Proyecto, como se indicó en el numeral anterior, se considera conveniente revisar los siguientes aspectos:

4.2.1 Turbinas, reguladores y válvulas de admisión

- En los formularios de propuesta se estipulan turbinas de 7500 kW, que operarían bajo un salto neto de 80 m, girando a una velocidad de 400 min^{-1} . En la memoria técnica se consideran turbinas de 8829 kW (aunque también se habla de 9515 kW), operando bajo el mismo salto, descargando $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y girando a una velocidad de 450 min^{-1} . En dicha memoria se analiza la posibilidad de especificar turbinas con una velocidad de 600 min^{-1} .
- En unos documentos el empalme entre la cámara espiral de la turbina y la válvula de admisión se estipula con junta de expansión, mientras que en

- En algunos documentos se especifica con junta de desmontaje. Debería ser junta de desmontaje, la cual debe ser suministrada con la turbina.
- En los planos se muestran y en algunos documentos se estipulan unidades electrohidráulicas para operación de las válvulas, en tanto que en las especificaciones se indica que deben operarse con el aceite a presión del regulador de la turbina, como es lo normal, y preferible en este caso. Por lo tanto, dichas unidades deberían eliminarse de los planos.
- En los planos se muestra y en algunos documentos se estipula el compresor de aire del regulador de la turbina, en tanto que en las especificaciones propias se estipulan acumuladores de nitrógeno. Deberían especificarse sólo los acumuladores, más económicos, y eliminarse de los planos el compresor indicado. Así mismo debería eliminarse de los planos el denominado "compresor freno turbinas", debido a que éste no es un equipo conocido ni normal dentro del suministro de las turbinas.
- En algunos documentos se estipula que la turbina no tendría cojinete de guía, en tanto que en otros se indica que este cojinete sería de bolas o rodillos. La turbina necesita el cojinete y éste debería especificarse del tipo deslizante.

4.2.2 Sistema de refrigeración. El sistema previsto en los planos, y en las especificaciones del mismo, es del tipo de bombeo. No obstante, en las especificaciones de las turbinas y generadores se indica que el agua de refrigeración se tomaría de la tubería de presión (sin bombas).

En principio, no aplicar bombas representa menor costo inicial, aunque se desperdiciará permanentemente cierta cantidad de energía debido a la presión que se debe disipar en la válvula reductora que se requeriría. En consecuencia, podría ser preferible el sistema con bombas, en este caso.

4.2.3 Sistema Antincendio con CO₂. El uso efectivo del CO₂ en estos sistemas requiere de espacios cerrados, en tanto que los recintos de los generadores se dibujan abiertos, sin la tapa superior.

4.2.4 Planta de emergencia. En diferentes documentos aparecen tres capacidades diferentes: 125 kVA, 300 kVA y 375 kVA.

4.2.5 Equipos hidromecánicos

- Rejas coladeras. La presión de diseño podría ser 1/10 de la estipulada. Además, deben coordinarse los valores de esfuerzos admisibles indicados en el capítulo VI con lo que al respecto se establece en el capítulo de especificaciones generales del Pliego. Para la rejilla de la tubería de carga se indican, en los planos, guías para la operación de un equipo limpiarrejas, aunque este equipo no se ha especificado en el Pliego.
- Compuerta de rodillos para la bocatoma. Se operaría en condiciones de presión desequilibrada : cierre contra flujo, para vaciar el túnel, y apertura pequeña, para llenarlo ("cracking", pues no hay "by-pass"). Estas condiciones de operación, si corresponden a lo previsto (justificando el uso de rodillos) deberían estipularse en el Pliego. Deben coordinarse los materiales y dimensiones de las platinas que serán las pistas para las ruedas, entre lo que se indica en los diferentes planos y en las especificaciones (capítulo III). Los rodillos se especifican de acero en el Pliego y de hierro fundido en los planos. Es aceptable el hierro fundido.
- Compuerta de rodillos, cámara de aquietamiento. Ver las dos notas precedentes.
- Compuertas esclusa. Se estipulan cuatro compuertas, en tanto que los planos muestran sólo dos.
- Tubería de carga:
 - Ver comentarios generales acerca de la longitud de la tubería.
 - En uno de los párrafos de las especificaciones propias se indica que la tubería se fabricará en acero A36, en tanto que en otro se estipula que se fabricará en acero A283. En otro capítulo se indica el material A7.
 - En las especificaciones técnicas generales, esfuerzos de trabajo, se estipula que la sobrepresión por rechazo de carga podrá inducir esfuerzos de 150% de los valores normales, en tanto que en las especificaciones propias, volumen 9, se indica que esta sobrepresión (de 35%) adicionada a la estática, es la presión normal de diseño (que no da lugar a sobreesforzamiento en el material); así mismo, los esfuerzos máximos admisibles son diferentes entre los dos capítulos mencionados, puesto que el primero es general (aunque obligatorio para todos los equipos, sin hacer las salvedades pertinentes), mientras que el segundo es particular de la tubería.
 - En la especificación general se estipula que el esforzamiento de los tubos durante la presión de prueba es de un 150% del esfuerzo normal,



mientras que en la particular se indica que es un 85% de Sy (límite de fluencia del material).

- Debería aclararse lo estipulado acerca de los tapones para inyección de concreto, al indicar que los agujeros correspondientes se podrán realizar en campo o en taller. Los tapones son componentes de diseño especial, normalmente fabricados de acero inoxidable e instalados en el taller bajo un riguroso control de las soldaduras.
- Se estipulan agujeros en el distribuidor para las pruebas de la turbina, aunque en parte alguna del Pliego se estipulan pruebas de campo de este equipo.
- En los planos se indican dos curvas de sobrepresión, referidas a la presión estática : normal de 35% y excepcional de 71% (ó 72%, se dan ambos), en tanto que en las especificaciones se estipula que la presión de diseño en cada punto es igual a la presión estática más la sobrepresión por golpe de ariete de 35%, normal, ó 72%, excepcional. Debe aclararse esto, puesto que la sobrepresión varía en cada punto. Es de anotar que el valor excepcional, 71%, no pudo ser confirmado, aun con criterios de ocurrencia excepcional que normalmente se aplican en estos análisis. En las especificaciones se debería informar los criterios que condujeron a su determinación.

4.3 POSIBILIDAD DE AJUSTES A ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS

Se ha encontrado que algunos parámetros básicos de los equipos podrían ser revisados o definidos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales o con criterios derivados de la experiencia acumulada en el diseño de este tipo de proyectos, con miras a obtener una eventual y sensible disminución de su costo o bien un incremento de la eficiencia o de los factores que permitan reforzar la confiabilidad de los equipos u obtener una mayor vida útil para ellos.

4.3.1 Turbinas, reguladores y válvulas de admisión. Considerando la información disponible, se ha estimado que la turbina podría tener una potencia de diseño algo mayor que 8700 kW, que entregaría operando bajo un salto neto de unos 80.5 m, descargando un caudal de 12 m³/s. Con estos parámetros, la velocidad sincrónica podría ser de 514, 3 min⁻¹, si se conserva la sumergencia indicada en los planos vigentes. La velocidad de 600 min⁻¹ puede ser aplicada, aunque se incrementaría la sumergencia a unos cuatro metros (4 m) o más. Por su parte, el generador tendría una capacidad cercana a 10000 kVA considerando el factor de potencia nominal de 0.85, especificado.



4.3.2 Puente grúa. Sería posible considerar una capacidad de 250 kN (25 t) para el puente grúa, suficiente para manejar la pieza más pesada de la central: el rotor del generador. En el caso de generadores de eje horizontal podría considerarse una capacidad comparable o eventualmente menor.

4.3.3 Sistema de refrigeración.

- Se puede considerar un caudal bastante más bajo que el especificado para las bombas; así mismo, la cabeza de las bombas puede ser menor, por el aporte del sifón. No obstante, Si el sistema ha de ser diseñado por el fabricante no se deberían especificar los valores de cabeza y caudal de las bombas.
- Se debería especificar una temperatura del agua no menor de 28 °C, dada las condiciones ambientales del sitio.

4.3.4 Sistema de aire comprimido. Puede disminuirse la capacidad prevista para el sistema. Dado que en los generadores modernos los frenos se aplican continuamente (no en forma intermitente como era la práctica anterior), el consumo de aire comprimido resulta muy bajo en el caso de centrales de capacidad moderada.

4.3.5 Ventilación y aire acondicionado. La capacidad del sistema de aire acondicionado podría disminuirse considerablemente, reduciendo el área prevista para la sala de control, si se tiene en cuenta que los sistemas modernos de control aplican computadores. Además, la capacidad prevista, en toneladas de refrigeración por m², también parece elevada.

4.3.6 Planta de emergencia. Si la planta se aplica solamente para atender los servicios esenciales de la casa de máquinas, en emergencias, la capacidad de 125 kVA podría ser satisfactoria, y la capacidad del tanque de almacenamiento de combustible sería mucho menor que la prevista.

4.3.7 Tubería de carga. Podrían considerarse sobrepresiones por golpe de ariete más bajas que las especificadas para la tubería mostrada en los planos, según estimativos elaborados tentativamente.

4.4 POSIBLES AJUSTES A ALGUNAS ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

Los siguientes planteamientos alternativos tienen el propósito de optimizar o complementar los diseños vigentes, con miras a reforzar la calidad de fabricación, funcionamiento y vida útil del equipo. Este tipo de modificación puede, en algunos casos, dar lugar a costos mayores que los previstos para las condiciones consideradas en las especificaciones actuales de los equipos mencionados.

4.4.1 Turbinas.

- Sería conveniente especificar un espesor mínimo de 12 mm para las láminas de acero con las cuales se fabricarán el caracol y el tubo de aspiración, como también especificar para ellas el material ASTM A 537 Clase 1.
- No se ha podido confirmar la norma ASTM 1045, del acero estipulado para el eje.
- Debería especificarse cierre de emergencia de la válvula de admisión, por contrapeso.
- Deberían solicitarse certificaciones sobre las garantías de eficiencia y de otros parámetros de comportamiento, como cavitación, basados en los de modelos hidráulicos o turbinas prototipo, de aceptable homología, dado que no se justificarían pruebas en el sitio para comprobarlos. Es de anotar que el Pliego contempla estas pruebas, aunque no se incluyen las especificaciones pertinentes.

4.4.2 Refrigeración.

- Las tuberías y accesorios del sistema, de todos los diámetros, deberían ser de acero inoxidable.
- La calidad del agua, si no es la apropiada, obligaría al uso de un sistema de doble circuito : uno de ellos, cerrado, con agua tratada y el otro, abierto, con agua cruda. En las especificaciones se deben incluir los resultados de los análisis físico-químicos del agua.

4.4.3 Sistema Antincendio con agua. Las normas internacionales exigen prever dos fuentes de abastecimiento de agua para estos sistemas. En los planos solamente se considera el agua de la tubería de presión como fuente del sistema. Se debería prever otra fuente, puesto que los incendios pueden ocurrir aun con la planta fuera de servicio y la tubería sin agua.

4.4.4 Drenajes. Sería preferible no interconectar el canal de fuga con el foso de drenajes de la central (mediante tuberías embebidas y válvulas), para eliminar el riesgo de inundaciones de los pisos inferiores de la central (el piso donde quedarían los motores de las bombas de drenaje se ha dispuesto por debajo del nivel de agua mínimo en el canal de fuga) dado que las válvulas podrían quedar abiertas, involuntariamente. Sería preferible eliminar esta interconexión, y achicar el canal de fuga mediante bombas sumergibles.

4.4.5 Compuerta radial.

- Por razones de mantenimiento y de conservación del equipo, se considera preferible un accionamiento electrohidráulico, por servomotores de aceite, en lugar del sistema mecánico previsto en los diseños.
- La memoria se debería revisar completamente (por cargas incorrectas). Además, se debería incluir carga por sedimentos.

4.4.6 Vigas de izamiento.

- Se considera difícil el manejo de las rejas con las vigas de izamiento, debido a la inclinación de las rejas (14° y 15° respecto de la vertical) según planos.
- Se han detectado inconsistencias dimensionales de algunos componentes. Estas vigas podrían fabricarse con un diseño más simplificado que el previsto, galvanizándolas en caliente, después de fabricadas, y aplicándoseles además una capa de pintura de acabado.

4.4.7 Rejas coladeras.

- Las platinas espaciadoras mostradas en los planos no tienen capacidad de soporte para la carga de las barras, debido a su limitada sección resistente. Por lo tanto, las barras no podrán soportar la carga de diseño.
- El "by-pass" de llenado de la tubería de carga debería ser de 8" ó 10" de diámetro (el previsto, 4", es muy pequeño).

4.4.8 Compuerta de rodillos para la bocatoma.

- Los sellos laterales, del tipo nota musical, no empalmarían satisfactoriamente con el sello inferior. Este es un inconveniente que resulta de instalar sellos en la cara de aguas arriba de la compuerta.
- Sería preferible una guía tipo cajón, cuyas tolerancias son controladas en el taller, para asegurar el paralelismo de la pista de rodadura y de los
- Los ejes de las ruedas deberían maquinarse excéntricamente para permitir el alineamiento de las ruedas y asegurar su contacto uniforme con la pista de rodadura durante el montaje.
- El diseño de la sección inferior de la compuerta debería ser similar al de la compuerta de la cámara de aquietamiento (no cerrado, en cajón, sino abierto y en cuña), para mejorar las condiciones hidráulicas del cierre con flujo.
- Pudiera ser conveniente dar libertad al fabricante para diseñar una compuerta con membrana y sellos en la cara de aguas abajo, por cuanto la mayoría de ellos prefiere este diseño al de sellos aguas arriba.
- Se debería aceptar que la membrana (tablero metálico, capítulo III) contribuya al módulo resistente de las vigas, como es lo normal en estos diseños. Además, si las vigas tienen dos apoyos no se diseñan como vigas continuas.

4.4.9 Compuerta de rodillos para la cámara de aquietamiento.

- Son aplicables a esta compuerta la mayoría de los comentarios precedentes sobre el diseño estructural de la compuerta de bocatoma.
- Se especifica que la compuerta de rodillos opere como órgano de protección de la tubería de carga (que tradicionalmente se lleva a cabo con válvulas del tipo mariposa, particularmente diseñadas para ello), para lo cual debe cerrar automáticamente en el caso de que se presente un aumento de 10% en el caudal de diseño, por fugas excesivas o por una rotura parcial en la tubería.

Este requerimiento podría ser cuestionable, por cuanto el dispositivo sensor del incremento de caudal requiere ser instalado en un tramo recto y expuesto (por frecuente mantenimiento) de la tubería de presión, quedando retirado de la compuerta. En el caso de la válvula, dicho sensor es incorporado y probado con el mecanismo de operación de la válvula. En consecuencia, se podría considerar la válvula mariposa en lugar de la compuerta, con lo cual se simplificaría la obra civil, compensando algo la eventual diferencia de costos válvula-compuerta, aunque el criterio bajo el cual se propone la

alternativa es más bien de confiabilidad que de costos, ya que no se conocen experiencias similares a la de los diseños vigentes.

- Pudiera ser conveniente disponer la membrana y los sellos en el lado de aguas abajo, con el fin de obtener una ayuda hidrodinámica (downpull) en la operación de cierre. En esta forma se evita que el servomotor deba empujar la compuerta, comprimiendo los vástagos de apreciable longitud.
- Para mayor acceso a la compuerta, se debe ampliar la cámara intermedia (donde los planos muestran el vástago).
- Se debe considerar un sistema de recuperación de la apertura de la compuerta, que se pierde por fugas en el servomotor. Alternativamente se puede especificar un sistema de entramamiento que mantenga abierta la compuerta y se desaplique automáticamente por acción del detector de sobrevelocidad de agua en la conducción.
- El volumen del tanque de aceite debe ser mayor que tres veces el desplazamiento del servomotor. Además, la velocidad del aceite a presión debe ser menor que 4,5 m/s, y la del aceite sin presión menor que 2,5 m/s.
- Debe revisarse lo relativo a las válvulas del sistema hidráulico.

4.4.10 Compuertas tubos aspiración.

- No se muestran ductos de admisión y expulsión del aire, que se necesitan durante las operaciones de vaciado y llenado de los tubos de aspiración.
- Dado que podría prescindirse de la pila central de los tubo de aspiración, sólo sería necesaria una compuerta para las dos turbinas. Además, no se requeriría viga de izamiento de la compuerta, puesto que ésta puede permanecer asida al gancho del monorriel, en su posición de cierre.
- La compuerta debería tener resortes del tipo de ballesta para colocación hermética (en condiciones de presión equilibrada).

4.4.11 Compuerta para purga de sedimentos de la cámara de quietamiento.

- Por durabilidad y confiabilidad de operación (permanentemente sumergida), sería muy conveniente que esta compuerta fuese fabricada de hierro fundido, provista de guías y asientos metálicos lubricados (bronce y acero inoxidable), según diseños normalizados AWWA, que también lo suministran algunas firmas nacionales.

- El vástago se diseña para la operación de apertura (cierre en vacío). Sería prudente prever cierre con carga, ante la eventualidad de que esta operación se haga inadvertidamente.

4.4.12 Tubería de carga.

No deberían especificarse aceros de calidad estructural para las láminas que conformarán los tubos y la bifurcación, sino los que se aplican en la fabricación de tuberías y recipientes de presión, bajo la norma ASTM A20, como el acero A-537 Clase 1 o bien el acero A-285.

4.4.13 Juntas de expansión. Se muestra en los planos la junta con un prensaestopas, aunque se indica que, a más de absorber los efectos resultantes de las variaciones térmicas, las juntas deben permitir deflexiones debidas a desalineamientos imprevistos. Para estos requerimientos se deberían especificar juntas de doble prensaestopa, de acuerdo con lo recomendado por el USBR.

4.4.14 Agujeros de inspección. Deberían ser de 600 mm de diámetro.

4.4.15 Soldaduras. Deberían incluirse en los planos detalles de los tapones para inyecciones de concreto, así como de las soldaduras más importantes.

4.5 POSIBILIDAD DE DISMINUIR LAS INVERSIONES EN EQUIPOS MECÁNICOS

Además de las reducciones en inversiones que pudieran resultar de las anotaciones presentadas en el numeral anterior (reducción de tamaño o especificación de diseño), algunos sistemas, equipos, procesos u obras civiles podrían ser prescindibles, sin que por ello se afecte la funcionalidad o confiabilidad operacional del Proyecto, puesto que sus funciones o uso no serían indispensables o bien podrían obtenerse por otros medios.

4.5.1 En cuanto a elementos de las Turbinas.

- La sección horizontal divergente del tubo de aspiración tendría una longitud de unos 6 m (según dimensionamiento típico del equipo), a partir de la cual

se podría continuar con un ducto de sección rectangular, para no incrementar la altura de las compuertas.

- No es indispensable la pila central del tubo de aspiración; por lo tanto, se podría considerar sólo una compuerta para ambas turbinas. Además, el revestimiento metálico del tubo de aspiración sólo requeriría incluir el codo.

4.5.2 Sistema de refrigeración.

- En el caso de optarse por aplicar las bombas se puede considerar un sistema más simplificado que el especificado, con tres bombas de eje horizontal, una de las cuales operaría como unidad de reserva.
- Sería considerablemente más económico proveer filtros dobles (en paralelo), entre las válvulas de aislamiento y la aducción de las bombas, que el sistema de pozos y compuertas de esclusa indicado en los planos.

4.5.3 Sistema de aire comprimido. Se podría considerar una unidad portátil, compresor, tanque de aire, válvulas y controles, con un ahorro importante al suprimir las tuberías. Este arreglo se ha encontrado adecuado en el caso de centrales de capacidad moderada.

4.5.4 Purificación de aceite. Se considera que el sistema de tratamiento de aceite podría eliminarse si no ha de utilizarse en otros proyectos, entre los cuales se distribuye su alto costo. En criterios de diseño de centrales modernas, este sistema se omite normalmente.

4.5.5 Ventilación y aire acondicionado. INTEGRAL ha encontrado satisfactorio prever, para algunas minicentrales, acondicionadores de aire en cada recinto, de ventana, del tipo Split (condensador separado del evaporador), y con capacidades de sólo 1 a 2 ton de refrigeración. Con un criterio similar se podrían disminuir apreciablemente los costos del sistema previsto para este Proyecto.

4.5.6 Taller mecánico. Dada la relativa cercanía de la central a la ciudad de Florencia, podría considerarse la eliminación de los equipos principales del taller, como el torno horizontal, el taladro vertical y la prensa hidráulica, con un ahorro apreciable, en equipos y en los espacios necesarios en casa de máquinas.

4.6 POSIBILIDAD DE INTRODUCIR MODIFICACIONES EN LOS DISEÑOS ACTUALES

Se ha considerado viable plantear algunas alternativas de diseño, suministro o disposición de los equipos actualmente especificados, con miras a obtener una reducción substancial de los costos de inversión en los equipos mecánicos, sin afectar la calidad técnica del Proyecto. En principio, el propósito sería ajustar algunas características del Proyecto para conseguir los mismos resultados técnicos al menor costo posible.

4.6.1 Turbinas. Debido a su influencia en el costo de los equipos y, sobre todo, a la simplificación que puede esperarse en la obra civil de la casa de máquinas, se plantea la alternativa con turbinas y generadores de eje horizontal y velocidad de rotación mayor a las 450 min^{-1} prevista en los diseños originales.

INTEGRAL ha elaborado diseños relativamente detallados de las casas de máquinas de proyectos de características comparables a éste, considerando unidades de eje horizontal y vertical, y ha concluido que la obra civil es apreciablemente más simplificada y económica con disposición horizontal.

El equipo de eje horizontal también tiene ventajas técnicas y económicas sobre el de eje vertical, por cuanto es más simplificado y liviano y, por lo tanto, el mantenimiento del equipo de eje horizontal es más económico y no demanda personal de elevada calificación.

4.6.2 Puente grúa. Puede especificarse sin cabina, con operación desde una botonera colgante.

4.6.3 Refrigeración. Puede considerarse un sistema mucho más simplificado que el previsto especificando generadores con ventilación abierta o sea sin radiadores; en este caso el sistema de refrigeración sólo se utilizaría en el enfriamiento del aceite de los cojinetes de las unidades.

Sería considerablemente más económico proveer filtros dobles (en paralelo), entre las válvulas de aislamiento y la aducción de las bombas, que el sistema de pozos y compuertas de esclusa indicado en los planos. Evidentemente, con

generadores de ventilación abierta, sin refrigeración por agua, el sistema de pozos y compuertas de esclusa es aún menos justificable.

4.6.4 Compuertas de rodillos. Se podría considerar el uso de pistas de rodadura de acero al carbono, desmontables.

4.7 OBSERVACIONES A MEMORIAS TÉCNICAS

4.7.1 Golpe de ariete y regulación. En los cálculos se aplican las metodologías simplificadas propuestas originalmente por el U.S. Bureau of Reclamation, USBR, en los años cincuentas. Estos cálculos no se refieren a la tubería de carga que se muestra en los planos y se describe en las especificaciones (de 2.7 m de diámetro y unos 110 m de longitud), sino a una tubería del mismo diámetro aunque con una longitud mucho mayor : 275 m.

Aparentemente, en la actualización de los estudios llevada a cabo por esta firma se estaba considerando una revisión importante del proyecto, que no se materializó. No se da explicación alguna.

Dado que esta memoria se refiere a un diseño diferente del indicado en los planos y especificaciones, se ha optado por no presentar los comentarios correspondientes.

4.7.2 Compuerta radial.

- Los cálculos no incluyen la determinación de los empujes hidrostáticos, y los esfuerzos de maniobra se estiman con base en un empuje horizontal F_x de 75 t. Se determinan, además, una carga vertical F_y de 11.77 t, una carga total F de 75.92 t, la cual tendría un ángulo con la horizontal de 8.92° .

Hemos estimado : $F_x = 128$ t, $F_y = 37$ t, y $F = 133$ t. Ángulo = 16.15° .

En vista de que el diseño básico presentado en la memoria está referido a cargas menores que las esperadas, dicho diseño no es apropiado.

- Dado que la compuerta se dispone en el denominado canal de limpieza de la presa, debería considerarse carga de sedimentos en adición a la carga hidráulica normal.

4.7.3 Compuerta deslizante de limpia. Prevista para purga de sedimentos (cámara de quietamiento).

- La memoria se basa en una presión de diseño de 10.5 m.c.a., mientras que en las especificaciones se estipulan 12.5 m.c.a.
- El vástago se diseña para la operación de apertura (cierre en vacío). Sería prudente prever cierre con carga, ante la eventualidad de que esta operación se haga inadvertidamente.

4.7.4 Tubería de carga. Materiales. ASTM A7, A36 ó A283 Grado C, todos de calidad estructural. En algunos de los numerales precedentes se presentaron los comentarios aplicables.

4.7.5 Velocidad de las turbinas. En el Anexo a la memoria se recomienda seleccionar para la turbina una velocidad sincrónica de 600 min^{-1} , en lugar de la velocidad de 450 min^{-1} (prevista en los diseños originales), e incluye algunas justificaciones para sustentar su recomendación.

Es de anotar, no obstante, que en algunos de los formularios de propuesta se indica que la velocidad seleccionada originalmente sería de 400 min^{-1} .

Entre las justificaciones para el cambio propuesto se indica que el costo de los equipos sería de US\$ 9,23 millones, con la velocidad original, y de US\$ 7,35 millones con la mayor velocidad propuesta.

Al respecto, se considera pertinente anotar que no sería realista, por lo elevado, el ahorro indicado (US\$ 1,88 millones).

Otro aspecto que se estima pertinente comentar es el de la sumergencia de las turbinas, con el fin de complementar lo que al respecto se indica en el anexo.

Los planos originales muestran los niveles mínimo, normal y máximo del agua en el canal de fuga (415, 416 y 416,5 m.s.n.m., respectivamente), aunque no se indican las condiciones de operación de la central que darán lugar a dichos niveles.

Según el plano de excavación de la central, parece que el nivel mínimo correspondería al del azud del canal, o sea a un nivel estático, sin flujo de agua. Dado que el canal tiene paredes verticales, el nivel crecería uniformemente con el caudal; por lo tanto, si la cota 416,5 representaría dos turbinas en operación, la cota 415,75 representaría una turbina.

Suponiendo, no obstante, que el nivel normal, cota 416, corresponde al de una turbina en operación, se tendría, según los planos vigentes, una sumergencia mínima de 2,22 m, por cuanto el eje horizontal de la cámara espiral de la turbina se ha dispuesto en la cota 413,78 msnm.

De conformidad con nuestros estimativos, esta sumergencia mínima sería excesiva para el rodete de la turbina original, de 400 ó 450 min^{-1} (que puede colocarse cerca del nivel del agua, pero no sumergido), aunque sería insuficiente para la turbina de 600 min^{-1} . Dicha sumergencia, sin embargo, sería adecuada para la velocidad sincrónica de 514,3 min^{-1} , la cual es intermedia entre las consideradas en la memoria.

Es de anotar, no obstante, que la eficiencia de la turbina disminuye a medida que se incrementa su velocidad. Por lo tanto, la selección final de estos parámetros debería asignarse al fabricante.

4.8 PRESUPUESTO DE EQUIPOS MECÁNICOS

En síntesis, el presupuesto del equipo de generación (turbina-generador-reguladores), equipo hidromecánico y equipo mecánico auxiliar del proyecto San Pedro, vigente desde agosto de 1995, es el siguiente, en US\$:

Equipo de generación (turbinas y generadores):	7 499 000
Equipo hidromecánico y tubería de carga:	1 024 000
Equipo auxiliar mecánico y puente grúa:	823 000
	9 346 000
Total:	9 346 000

Para una capacidad instalada de 15 a 16 MW, este costo total equivale a un costo unitario de unos US\$600/ kW.

Este costo unitario total es muy conservativo si se compara con el de dos proyectos locales de mediana capacidad, para los cuales se han recibido propuestas de suministro de equipos y se han adjudicado los respectivos contratos en el presente año:

- Proyecto La Herradura, con una capacidad instalada de 24.8 MW, el cual tendrá dos turbinas diseñadas para descargar c/u 6,3 m³/s bajo un salto neto de unos 240 m. El costo unitario del equipo en consideración es de unos US\$360/kW.
- Proyecto La Vuelta, con una capacidad instalada de 12,5 MW, el cual tendrá una turbina diseñada para descargar 12,5 m³/s bajo un salto neto de unos 113 m. El costo unitario del equipo en consideración es de unos US\$385/kW.

Sin embargo, las características hidráulicas de estos proyectos difieren bastante de las del Proyecto San Pedro, por lo cual, la comparación global indicada no es del todo correcta, siendo pertinente desglosarla, así:

- Para el equipo de generación del Proyecto San Pedro, el costo unitario es de unos US\$470/kW. Para el equipo de generación de los Proyectos La Herradura y La Vuelta, dicho costo unitario varía entre 200 y 250 US\$/kW.
- Para el equipo hidromecánico del Proyecto San Pedro, el costo unitario aplicable está relacionado con el peso del equipo, el cual es de unas 125 ton para la tubería de carga y de unas 85 ton para el resto del equipo, totalizando unas 210 ton. Por lo tanto, el costo unitario es del orden de US\$ 5 260/ton para la tubería de carga, y de unos US\$ 4 320/ton para el resto del equipo. Para el equipo hidromecánico de los Proyectos La Herradura y La Vuelta, el costo unitario de la tubería de presión varía entre 4 450 y 5 090 US\$/ton, en tanto que el costo unitario del equipo hidromecánico es del orden de US\$ 8 000/ton, para ambos proyectos.
- El equipo mecánico auxiliar y el puente grúa del Proyecto San Pedro, son de alcance y especificaciones muy diferentes a las del equipo correspondiente a los Proyectos La Herradura y La Vuelta. Esta diferencia se refleja en los costos unitarios respectivos, basados en la capacidad instalada: del orden de US\$50/kW, en el caso del Proyecto San Pedro, y de 15 a 27 US\$/kW en el caso de los Proyectos La Herradura y La Vuelta.

En síntesis, el desglose descrito confirma prácticamente la comparación global inicial, pudiéndose concluir que el presupuesto vigente (desde hace tres años) para el equipo en consideración es más que conservativo.

Si, además, se tienen en cuenta las eventuales simplificaciones y cambio de especificaciones que se han propuesto en esta revisión de los diseños mecánicos disponibles, se podrá considerar un presupuesto global mucho más bajo que el vigente.

5. EQUIPOS ELÉCTRICOS

5.1 EQUIPOS DE GENERACIÓN Y DE TRANSFORMACIÓN

Los documentos técnicos correspondientes a los equipos de generación y transformación contienen en términos generales la información que se requiere para que los proponentes estén en condiciones de identificar la tecnología solicitada y proceder a elaborar sus ofertas.

No obstante, al entrar en los detalles del contenido técnico de los documentos, se encuentran algunas inconsistencias de orden menor en algunos parámetros, que bien valdría la pena eliminar antes de proceder con la solicitud de ofertas. De no ser así, serían los proponentes quienes tendrían que seleccionar entre los parámetros inconsistentes al elaborar la propuesta.

5.2 CONTROL, MEDIDA, PROTECCIÓN Y COMUNICACIONES

Este grupo de equipos se caracteriza por disponer de una tecnología que evoluciona permanentemente de manera acelerada. Si bien la actualización realizada en 1995 a los diseños efectuados en 1981 introdujo los conceptos válidos en aquel entonces, hoy en día algunos de ellos han sido nuevamente rebasados por planteamientos innovadores, que aumentan la flexibilidad, confiabilidad y número de funciones realizadas, aportando simultáneamente simplificación y economía. En algunos casos, como por ejemplo en la especificación de las velocidades de los procesadores y de las capacidades de memoria, entre otros, no son comerciales hoy en día los equipos que atienden los parámetros descritos.

Otra circunstancia que vale la pena mencionar es que la tecnología descrita para los equipos de medida y protección, corresponde a elementos de estado sólido, los cuales, aunque todavía son comerciales, su obsolescencia tecnológica y con ella la desaparición de partes de repuesto se prevé mucho más pronto que para aquellos elementos multifuncionales de desarrollo más reciente, los cuales adicionalmente, ocupan menos volumen permitiendo disminuir de esta manera el espacio ocupado por los tableros.

En cuanto a la descripción misma de cada uno de los sistemas, el de control presenta alguna confusión entre las funciones mismas asignadas a cada uno de los equipos de control.

Las anteriores circunstancias ameritan una revisión de la especificación técnica tendiente a modernizar la tecnología descrita y a aclarar las funciones que debe realizar cada elemento.

5.3 LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN A 115 kV

La documentación asociada a la línea de subtransmisión a 115 kV se encuentra bastante completa y detallada. Las memorias de cálculo presentan cada uno de los criterios y procedimientos utilizados, los planos incluidos muestran el recorrido de la línea de manera clara, la ruta seleccionada aparentemente permite facilidad de acceso a los puntos de ubicación de los apoyos, las especificaciones técnicas describen cada uno de los elementos de manera clara y la lista de materiales detalla cada uno de los mismos, lo que permitirá obtener con base en ellos unas propuestas sin aspectos dudosos en cuanto al alcance y tecnología.

5.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

La configuración propuesta para el sistema eléctrico presenta independencia para cada una de las unidades generadoras, incluido su correspondiente transformador; acoplados eléctricamente tanto al nivel de tensión de generación como al de transformación. Lo anterior, sumado a la capacidad adicional que posee cada transformador en relación con la capacidad de su generador asociado, le representan una alta confiabilidad a la central; sin embargo, la sobreinstalación de transformación y la necesidad de campos independientes para cada transformador al nivel de 115 kV y de celdas independientes a 13,8 kV, conllevan unos costos que podrían evitarse simplificando el diagrama unifilar de la central como se muestra, a manera de ilustración, en la Figura 1.

En dicha figura, el acople de los dos generadores se realiza únicamente en el barraje de 13,8 kV, y desde allí se alimenta un solo transformador de potencia que maneja la capacidad máxima de generación, con lo cual la subestación de 115 kV posee solo un campo, eliminándose como ya se dijo los dos campos que anteriormente alimentaban los transformadores individuales.

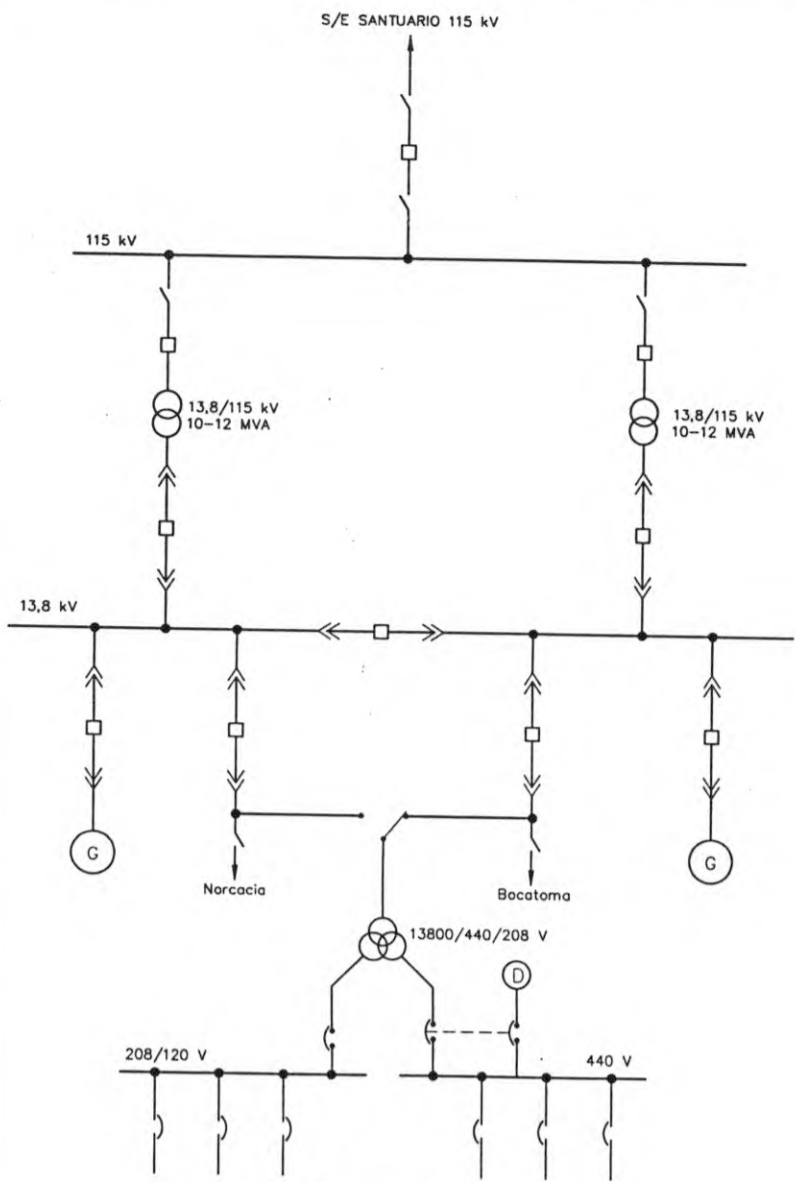


DIAGRAMA UNIFILAR ACTUAL

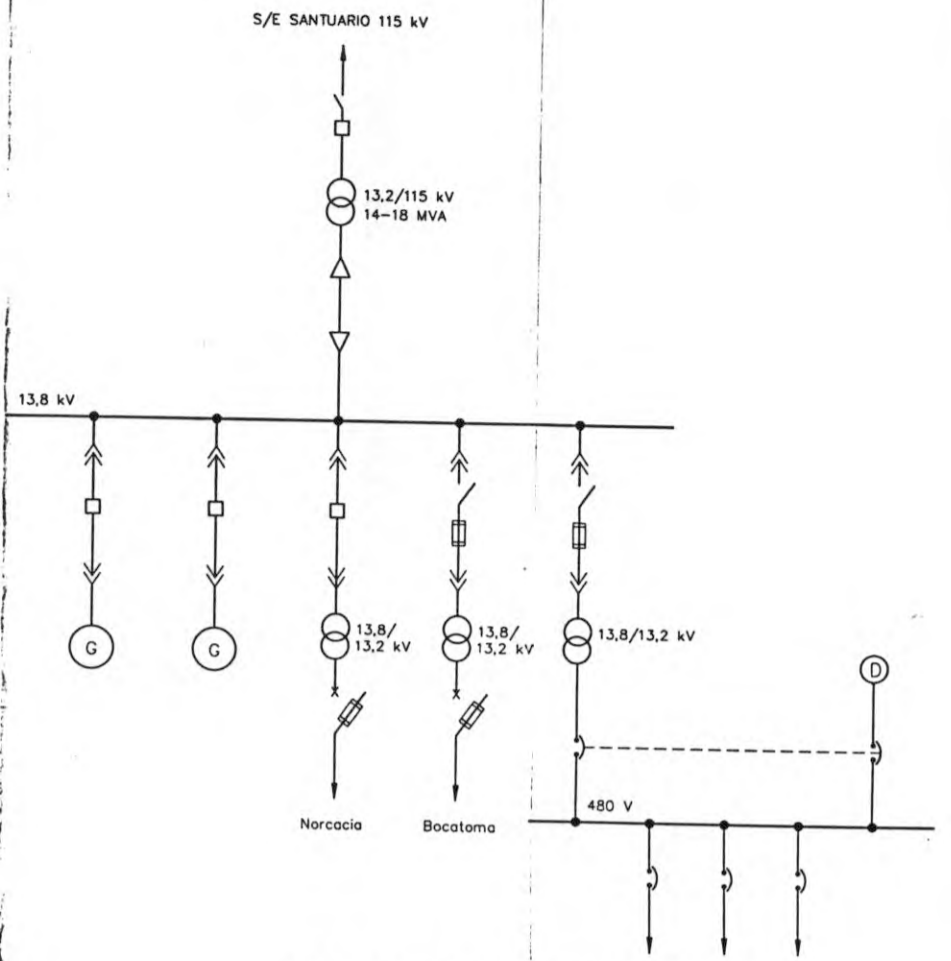



DIAGRAMA UNIFILAR PROPUESTO

	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE SAN PEDRO		DOCUMENTO N°	FIGURA : 1
	DIAGRAMA UNIFILAR		ARCHIVO PETIO-1.DWG	FECHA : JULIO 1998 ESCALA : SIN ESCALA ESCALA DE MP. 1000=100 (C.A.H.-N.C.C.)

Esta simplificación le aporta al proyecto un ahorro importante, tanto en la inversión inicial como en las posteriores labores de mantenimiento, sin sacrificar confiabilidad en la operación de la central, ya que finalmente la confiabilidad estará determinada por la existencia de una línea de transmisión única, circunstancia que es igual en ambas configuraciones.

En cuanto a los equipos seleccionados, vale la pena mencionar que el tamaño de la central no justifica la configuración propuesta, particularmente en cuanto a la existencia de máquinas verticales, refrigeradas por agua, lo cual conlleva la construcción de una casa de máquinas esbelta con recintos cerrados para cada uno de los generadores, en cuyo caso la grúa debe ubicarse a una altura que le permita sobrepasar los rotores de los generadores por encima de su recinto. Para potencias como las que se están instalando en este proyecto, podrían llegarse a considerar máquinas horizontales, instaladas en una casa de máquinas menos esbelta y con ello más simple y económica, efectuando la refrigeración de los generadores en circuito abierto con descarga al exterior de la casa de máquinas mediante un ducto, con lo cual el sistema de bombeo de agua de refrigeración se simplifica de manera sustancial, eliminando con ello de paso la problemática del mantenimiento a dicho sistema y a los intercambiadores de los generadores, que surge como consecuencia de la calidad del agua del río.

Los planteamientos anteriores justifican, en nuestro concepto, la revisión de la especificación técnica de los equipos eléctricos del proyecto, tendiente a eliminar las inconsistencias detectadas, a modernizar las tecnologías seleccionadas y simplificar algunos de los sistemas propuestos, con miras a disminuir la inversión inicial y los costos de mantenimiento, sin afectar la capacidad instalada y el nivel de confiabilidad de la operación

5.5 ASPECTOS CONTRACTUALES Y COMERCIALES DE LOS DOCUMENTOS DE LICITACIÓN

Además de lo mencionado en el capítulo anterior, la estructura de la especificación y de la minuta del contrato corresponden a los documentos acostumbrados para licitar una obra civil, por lo que no consideran aspectos propios de la cotización de equipos electromecánicos, tales como las características garantizadas, datos técnicos de los equipos, criterios específicos para calificación de proponentes de equipos electromecánicos, características técnicas generales, normas aplicables para diseño, fabricación y prueba de los equipos, responsabilidades y coordinaciones entre contratistas y

subcontratistas (fabricantes y subproveedores) y entre ellos y el ejecutor de la obra civil; planos e información técnica a suministrar con la propuesta para evaluarla y durante el desarrollo del contrato para aprobación por parte del ICEL. Por tal motivo, los pliegos de condiciones deben ser revisados para incorporar los aspectos antes mencionados.

5.6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS. OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-26

En general, las actuales especificaciones técnicas de materiales y del montaje de las instalaciones eléctricas, son completas y aceptables. Las observaciones efectuadas buscan mejorar los diseños en los aspectos técnicos y principalmente económico de la central.

5.6.1 Suministro de materiales eléctricos.

- Conduits rígidos y accesorios. En cuanto al empleo de conduits rígidos y sus accesorios del tipo extrapesado, consideramos que deberían utilizarse conduits del tipo semipesado para diámetros hasta 2" y pesado para diámetros superiores, comúnmente empleados en este tipo de instalaciones.
- Lámparas fluorescentes. Los balastos para estas luminarias deberán ser del tipo electrónico, con un nivel de distorsión de armónicos igual o inferior al 10%, y estar certificados por UL.
- Luminarias tipo vertical abierta, horizontal cerrada y ornamental.
 - Se debe indicar el tipo de fuente de luz (bombillas) a emplear en cada una de ellas, el nivel de la tensión de operación y su potencia nominal.
 - Los balastos para las luminarias con bombillas de vapor de alta presión deberán ser del tipo CWA, si la fuente de alimentación eléctrica presenta variaciones de tensión (voltaje) superiores al 5%; en caso contrario, se utilizarán balastos tipo reactor.
- Caja de empalme. Se debe especificar el cerramiento tipo NEMA, que deberán cumplir éstas cajas, de acuerdo con el sitio de su instalación y las condiciones ambientales del mismo.
- Normas. Se debe especificar que todos los elementos estén fabricados y sean instalados de acuerdo con la norma NTC 2050, en su última edición.

5.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MONTAJE DE EQUIPOS - OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-27

Red de media y baja tensión. Para la conexión a tierra del transformador de distribución (neutro y tanque) y los pararrayos montados en postes, es suficiente un solo bajante y la conexión se hará de acuerdo con los requerimientos de la empresa de energía local.

5.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS - OBSERVACIONES A LA ESPECIFICACIÓN VG-28

5.8.1 Medida y Pago. Ítemes de Pago.

- Se deben reemplazar todas las luminarias con bombillas de vapor de mercurio, por luminarias con bombillas de vapor de sodio y de "Metal Halide", equivalentes, para obtener los valores de iluminación requeridos en cada área. Por reglamentación existente, se deben abolir las bombillas de vapor de mercurio, por razones de ahorro de energía (costos-eficiencia) y ambientales (contaminación).
- En forma similar, las luminarias fluorescentes con tubos de 2 x 40W y de 2x80W se deben reemplazar por luminarias con tubos fluorescentes del tipo ahorradores de energía, de 2x32W, T8, "Rapid Start".
- Se deben normalizar los tomacorrientes monofásicos de uso general a 15A, 125 V.c.a. Línea NEMA 5 y los interruptores automáticos para protección de circuitos, se deben normalizar a una capacidad mínima de 15A, excepto cuando estén protegiendo circuitos de control o equipos especiales.

5.8.2 Malla de puesta a tierra.

- Los cálculos realizados corresponden a la utilización de las formulaciones aproximadas y las recomendaciones realizadas en el estándar IEEE Std. 80 de 1976, el cual es un método aplicable a mallas de tierra en suelos de resistividad uniforme. De acuerdo con lo anterior debe tenerse en cuenta que algunas de las expresiones utilizadas para el cálculo han sido revisadas y modificadas en la versión de 1986 del estándar.
- Los cálculos realizados de la corriente de falla a tierra deben ser revisados teniendo en cuenta los niveles reales de tensión del sistema (11.4/115 kV) y los niveles de cortocircuito monofásico para cada nivel de tensión,

incluyendo el aporte a la corriente de falla realizado por el sistema interconectado a 115 kV y el efecto de la resistencia a tierra total del sistema.

- Debido a los altos valores de resistividad del terreno encontrados en el área de la central, cualquier aproximación que sea realizada en el diseño deberá ser conservativa, de tal forma que el diseño final esté del lado seguro.

Teniendo en cuenta que el gradiente de potencial de la malla "GPR" de central San Pedro es alto (mayor de 20 kV), es necesario tener en cuenta en los diseños las medidas requeridas para el control de los potenciales que puedan ser transferidos por estructuras metálicas conectadas a la malla de tierra y que se extiendan por fuera del área de la central, como es el caso de las tuberías metálicas, el neutro de los transformadores de distribución, rieles, etc. Adicionalmente debe tenerse en cuenta lo anterior para la selección de las características de los equipos de la central.

6. FORMULARIOS DE CANTIDADES DE OBRA, PRECIOS Y PRESUPUESTO

Las observaciones presentadas en este capítulo están referidas principalmente a la organización, estructuración o presentación de los formularios incluidos en el Volumen 4 de los documentos preparados por la firma CEI (Informe Final; Volumen 4; Precios Unitarios y Costo Total), con el fin de conseguir una mayor claridad en este tipo de documentos, y en algunos casos a detectar la necesidad de complementar algunos de ellos o de restablecer la consistencia entre los diferentes documentos relacionados entre sí (referencias cruzadas).

Las observaciones principales son las siguientes:

- El formulario 1C, correspondiente a las cantidades y precios de las obras civiles, instalaciones eléctricas y montajes; está relacionado con el Volumen 9 de los documentos (Informe Final; Volumen 9; Documentos para Licitación; especificaciones Técnicas para la Ejecución de las Obras Civiles, Instalaciones Eléctricas y Montaje de Equipos) pero presenta una organización diferente de los capítulos, lo que puede introducir confusiones entre los concursantes en la licitación.
- Algunos ítemes que aparecen en los listados de cantidades de obra no aparecen en las especificaciones; tal es el caso de la desviación del río San Pedro.
- En la organización del documento y debido a su afinidad, los capítulos 12 (Trabajos de albañilería y acabados de arquitectura) y 15 (Pintura) se pueden unificar.
- El capítulo 17 (Desviación del Río San Pedro) no aparece en las especificaciones; en el formulario se cita la especificación V9-41, pero en esta no hace referencia a desviación del río San Pedro.
- El capítulo 3 (Construcción de vías de acceso) no corresponde a su respectiva especificación (la V9-41). Igual sucede con el capítulo 5 (Conservación de vías).
- Los precios de las diferentes actividades están a agosto de 1995 y a su vez actualiza algunos precios a noviembre de 1982 en el caso de varios ítemes.
- En las vías de acceso a las diferentes estructuras hay gaviones, que no aparecen en las especificaciones; igual sucede con las cunetas en concreto.

- En los análisis de precios unitarios se adopta un AIU del 30%, valor significativamente inferior a los utilizados por proyectos similares en los últimos años.
- Para las tarifas de alquiler de equipos se utilizaron las tarifas de la ACIC correspondientes a 1994, mientras que para los precios de materiales se utiliza la Base datos de Construdata a precios de agosto 1995.
- Analizando algunos de los ítemes representativos del documento se encontró que precios de excavaciones exteriores son del mismo orden a los utilizados por INTEGRAL en proyectos similares y recientes; no obstante, el costo unitario de excavación subterránea en roca supera en cerca del 33% al utilizado en licitaciones recientes. No obstante, las mayores diferencias se presentan en los precios de los concretos, llegando a ser orden del 75% superiores a los encontrados en condiciones actuales de mercado, señalándose que los concretos representan cerca de la tercera parte de las obras civiles.
- Para algunas actividades del proyecto como las obras subterráneas, montajes, instalaciones eléctricas y elementos metálicos misceláneos se utilizaron precios de la construcción de la vía Bogotá - Cáqueza, la cual se construye en la modalidad de concesión otorgada por el Instituto Nacional de Vías, utilizando a su vez como factores de escalación los Índices de Precios al Consumidor, emitidos por el DANE; se considera que la forma de contratación de las obras de la PCH de San Pedro debería ser sustancialmente diferente al de una obra por concesión, por lo que algunos precios de ítemes podrían no ser representativos para la PCH.

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA OBRAS CIVILES Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES

En general las especificaciones relacionadas con las obras civiles, instalaciones eléctricas y montaje de equipos (Informe Final; Volumen 9: Documentos de Licitación; Especificaciones Técnicas para la Ejecución de las Obras Civiles, Instalaciones Eléctricas y Montaje de Equipos) son las indicadas para las actividades de este tipo de proyectos hidroeléctricos, aunque presentan algunas dificultades en su organización para su uso por parte de los posibles contratistas durante la construcción del proyecto, que justifican su mejoramiento para evitar posibles complicaciones (reclamos) al propietario del proyecto; igualmente no facilita el trabajo de la Interventoría en relación con las actividades de medición de obras, y la agregación de ítemes en una sola actividad podría también introducir confusiones y dificultar las interrelaciones contractuales entre los contratistas, la interventoría y el propietario del proyecto.

Las principales observaciones que en este sentido es conveniente revisar en este documento se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Es conveniente detallar los procedimientos de construcción, ya que su carencia se presta para ambigüedades y reclamaciones.
- Las especificaciones, con sus modificaciones y complementos, están basadas en las Especificaciones Generales de Construcción del MOPT de febrero de 1970 que ya han sido revisadas y modificadas por el INVÍAS en años recientes.
- En el capítulo V9-39 "Montajes de equipos" del Volumen 9, sólo se presenta el listado de los ítemes de pago y sus medidas. Así mismo, como este capítulo está relacionado con los Volúmenes 8 y 10 de los documentos de licitación, especialmente con el Volumen 8 (Informe Final; Volumen 8: Documentos de Licitación; Especificaciones Técnicas para el Suministro de Equipos de Generación, Equipos de Patio y Equipos Auxiliares), dificultaría la realización de licitaciones diferentes para las obras civiles y para el suministro e instalación de los equipos mecánicos, que de acuerdo con las experiencias más recientes en proyectos similares (en los cuales INTEGRAL ha participado como diseñador), lo que se ha encontrado ha resultado ser un procedimiento más recomendable por la reducción de costos.
- En las especificaciones de las obras civiles se incluyen las especificaciones de instalaciones de equipos mecánicos como la tubería de carga, compuertas y rejas, con sus suministros de equipos y especificaciones para compuertas esclusa, rejas de bocatoma y rejillas de la toma de la tubería de

carga, las cuales no explican claramente como se va a realizar el montaje. Esta parte de las especificaciones también dificulta la posible realización de licitaciones diferentes para las obras civiles y para el suministro e instalación de los equipos mecánicos, que de acuerdo con las experiencias más recientes en proyectos similares sería lo más recomendable.

- Aunque es un problema de forma, las especificaciones utilizan el sistema de unidades MKS (el cual ha sido reemplazado por el sistema internacional de unidades) y las normas de la ASTM, cuando existe en nuestro medio su respectiva norma NTC homologada; así mismo las especificaciones presentan muchos errores ortográficos, que es imprescindible corregir.
- En las Generalidades del Volumen 9 (página V9-2-1) se habla de “omisión intencional de descripciones detalladas de procedimientos de construcción”, lo cual es inconveniente ya que van a presentar muchas ambigüedades durante la construcción de las obras en lo relacionado con reclamos y actas de modificación bilateral. Igualmente en las mismas generalidades sobre los “pagos” se dice que estas tienen una relación de costos que “necesariamente no son completas y deben considerarse de carácter informativo”; esto todavía hace más ambiguo el asunto, ya que si no se le presentan al contratista unas “descripciones detalladas” de los procesos constructivos y una relación de los costos del alcance del ítem de pago de la actividad, durante la ejecución de las obras se pueden presentar muchas reclamaciones y actas de modificación bilateral, al no existir claridad sobre tales aspectos.
- Las especificaciones se presentan en paquetes muy grandes. El primero de ellos, V9-1 “Excavaciones en corte abierto” incluye: limpieza, descapote, excavaciones en materiales, remoción (sic) de materiales inestables, tratamiento de taludes, empradización, etc., que complica la actividad de la interventoría durante la construcción.
- La especificación siguiente V9-2 “Excavaciones subterráneas” tiene el mismo comentario anterior. No diferencia en los ítems de pago si la excavación es en roca, material común u homogéneo.
- Las siguientes especificaciones: V9-3 “Desmonte y limpieza”, V9-4 “Excavaciones de cortes, canales y préstamos”, V9-5 “terraplenes y pedraplenes”, V9-6 “Derrumbes”, V9-7 “Sub-base granular”, V9-8 “Base granular”, V9-9 “Excavaciones varias” y V9-10 “Rellenos para estructuras”, hacen referencia a la construcción de las vías del proyecto y tienen mucha similitud con las del antiguo MOPT, las cuales son especificaciones que utilizan normas y equipos obsoletos; además, en las especificaciones mencionadas se repiten muchos de los ítems ya incluidos en los numerales anteriores como desmonte y limpieza, excavación estructural, etc. y pueden traer confusiones durante la medición de las actividades.

- Los siguientes capítulos V9-11 "Concreto neumático" y V9-12 "Concreto" se refieren al concreto lanzado y al concreto estructural de nuestras especificaciones. El primero de ellos no explica como se va a pagar la malla de refuerzo. En el segundo capítulo aparecen incluidos los sellos de PVC pero pagados por m³ (¿?). No hay especificación de cables de alta resistencia (¿existen?).
- En la especificación V9-14 "Pernos y barras de anclaje" se utiliza la clasificación de pernos tipo A1, A2, B y C y en el pago no se diferencian y se pagan todas por metro (m), con lo que se presentan confusiones en el pago de la actividad. La clasificación de los pernos implica que estos se deberán pagar por separado; en sistemas de especificaciones recientes se utilizan sistemas de codificación que permiten diferenciar el uso de las barras de anclaje y otras características (barras para anclaje de estructuras, tipo de llenante, diámetro de la barra, de acuerdo con la nomenclatura del Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes, etc.).
- Las siguientes especificaciones de la V9-15 "Tubería de gres" a la V9-25 "Tubería de PVC sanitaria" están relacionadas con acueductos y alcantarillados; al respecto la especificación V9-18 "Pozos de inspección" no tiene medida y pago (parece que le faltan hojas a la edición del documento). No es muy claro lo relacionado con las instalaciones de acueducto.
- Los capítulos: "Suministro de materiales eléctricos" (V9-26) e "Instalaciones eléctricas y montaje de equipos" (V9-27) no tienen medida y pago; la definición de su pago se presenta en el capítulo "Instalaciones eléctricas" (V9-28), complicando la aplicación del documento.
- Las especificaciones que van de la V9-29 "Mampostería" a la V9-38 "Pintura y revestimiento" están relacionadas con la parte arquitectónica y no dice si corresponden a los campamentos, edificios administrativos u otras edificaciones.
- El capítulo V9-39 "Montajes de equipos", el cual está ligado con los Volúmenes 8 y 10 de los documentos de licitación, sólo presenta el listado de los ítemes de pago y sus medidas, de manera que siendo este capítulo resumen, obliga al contratista durante la ejecución de las obras a estar consultando frecuentemente otro volumen de las especificaciones correspondientes.
- El último capítulo, V9-41, "Vías de acceso" se refiere a las vías a la toma, casa de máquinas y portal de salida del túnel de conducción, así como el mantenimiento de la vía Norcacia - Zona del Proyecto y no es lo suficientemente claro. Se define pagar todo por km, quedándole muy difícil al contratista evaluar para la licitación los costos de los diferentes componentes que estructurarían este sistema global de liquidación.

8. PLIEGOS DE CONDICIONES Y MINUTA DE CONTRATO

8.1 GENERALIDADES

Las observaciones presentadas en este capítulo están referidas a aquellos aspectos del Volumen 6 de los documentos preparados por la firma CEI (Informe Final; Volumen 6; Documentos de Licitación; Pliego de Condiciones y Minuta del Contrato) que en concepto de INTEGRAL requieren de un mejoramiento con el fin de conseguir mayor claridad en la información técnica y legal contenida en esta clase de documentos, eliminar las inconsistencias existentes, precisar la metodología para el proceso de evaluación y selección del contratista.

En términos generales, tanto el pliego como la minuta ameritan una revisión en los siguientes aspectos:

8.2 CAPÍTULO 1. CONDICIONES PARTICULARES.

- En el objeto de la licitación se establece que corresponde a la "...contratación de todas las obras y actividades necesarias para la construcción, suministro, montaje y puesta en operación comercial de la PCH...". La experiencia indica que en proyectos de este tipo y tamaño el manejo total y control de la ejecución del proyecto a través de un solo contrato (tipo "Llave en mano") no es recomendable, entre otros factores por los sobrecostos que normalmente presentan.
- La lista de normas aplicables es incompleta, por lo que debe ampliarse para los equipos eléctricos y mecánicos.
- La labor de medición de las cantidades de obra para las actas mensuales debe realizarse conjuntamente entre el constructor y el Interventor, con el fin de que la valoración de las cantidades realizadas sean las definitivas evitando que la labor del Interventor cause interrupciones e interferencias innecesarias en la ejecución de los trabajos.
- Las áreas para disposición de materiales y botaderos deben estar definidas y aprobadas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), del cual debe hacer parte integral el Plan de Manejo Ambiental (requisito para obtener la Licencia Ambiental del proyecto), el que de acuerdo con la normatividad actual, es

parte esencial de los documentos de la propuesta; por lo tanto, la definición de tales sitios no podrá ser responsabilidad del interventor de la obra, como aparece en los documentos actuales.

- Se debe ampliar el concepto de la movilización e instalación, así como las instalaciones técnicas del contratista, el cual también hace parte del Plan de Manejo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Se deben incluir de manera específica y explícita las responsabilidades del Interventor, evitando conceptos como: "...el interventor podrá, en cualquier momento, proceder a ejecutar las labores de limpieza y los costos a que haya lugar le serán cargados al contratista".
- Los documentos relacionados con los estudios básicos del área del proyecto tales como: estudios geológicos y geotécnicos, estudios hidrológicos y climáticos, etc., los cuales normalmente se incluyen como parte de los documentos para licitación para información de los aspirantes a contratar, no aparecen referenciados en la información que se aportará a los posibles proponentes, y tampoco se indica dónde se pueden consultar.
- No se especifican las funciones y/o las relaciones entre la Interventoría, el Contratista y la Subdirección Técnica del ICEL, quien se supone se encargará de la coordinación de la parte contractual del proyecto.

Con el fin de mejorar los anteriores aspectos, se podrían realizar las siguientes modificaciones:

- Se debe incluir apartes sobre la siguiente información:
 - La relación de documentos que hacen parte de la propuesta.
 - Definición de términos: como Subdirección Técnica del ICEL (coordinará la parte contractual del proyecto), Interventoría Técnica e Interventoría Ambiental, Actas de Modificación Bilateral, Apéndices o Anexos, y otros.
 - Interpretación de los documentos.
 - Fuentes de materiales.
 - Cantidades de obra y períodos de ejecución.
 - Anticipo.
 - Plan de Higiene y Seguridad Industrial
- Separar la adjudicación en dos contratos: Obras Civiles (incluyendo el montaje de los equipos y puesta en marcha de los mismos) y Suministro de los Equipos Electromecánicos.

8.3 CAPÍTULO 2. CONDICIONES GENERALES

- Informar todo lo relacionado con la condiciones de la propuesta. Se debe revisar el criterio sobre la clasificación de los proponentes (especialidades que deben cumplir los constructores de obra civil y los de los equipos electromecánicos).
- Se deben ampliar los temas relacionados con los Equipos y materiales de construcción y programas de trabajo.

En este aspecto se podrían realizar las siguientes modificaciones:

- Se debe reestructurar este capítulo con el fin de incluir la información relacionada con los programas de construcción, planos y especificaciones, control del trabajo, equipos y materiales de construcción y otros que aparecen en la minuta.
- Se debe incluir la siguiente información:
 - Ley del contrato y controversias.
 - Programas y métodos de trabajo.
 - Planos y especificaciones (discrepancias, cambios y otros).
 - Organización del contratista (Organigrama, perfil del personal de dirección y construcción, movilización e instalaciones)
 - Control del trabajo (Funciones de la Subdirección Técnica del ICEL, de la Interventoría, órdenes y aprobaciones por parte de éstas)
 - Precios y cantidades de obra.
 - Cuentas y forma de pago (anticipo, mensuales y obras adicionales, etc)
 - Trabajos adicionales (conceptos y forma de pago)
 - Reclamos.
 - Multas y sanciones.
 - Situaciones imprevistas y casos de emergencia.
 - Programa de gestión de compras (Personal y riesgos, si la contratación es total - obras y equipos).
 - Programa de suministro de equipos y proveedores.

8.4 CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

En términos generales, los requisitos y el contenido de los formularios están completos y las correcciones requeridas son menores. No obstante, en el caso relacionado con la evaluación de las propuestas se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Para la evaluación de las propuestas se dan los puntajes para los diferentes parámetros a ser considerados, pero no se indica la metodología o criterio para la selección del (los) contratista(s) beneficiado(s) con la adjudicación del contrato (por ejemplo, definición de la propuesta básica aceptable con base el ofrecimiento más favorable, o teniendo en cuenta para la asignación de puntaje aquellas propuestas que estén comprendidas dentro de un porcentaje definido por debajo o por encima del valor estimado del contrato, etc.).
- Cada uno de los parámetros definidos tienen subdivisiones a los cuales se les debe definir un valor de acuerdo con la importancia o peso del requisito o indicar si el puntaje se asignará en forma global.

Para resolver estas observaciones se podrían realizar modificaciones como las siguientes:

- Esta información se puede incluir en el Capítulo 1 de las condiciones particulares del pliego de condiciones.
- Los parámetros a evaluar se deben modificar para incluir aspectos como: equipo a utilizar en la obra, experiencia en obras similares, experiencia del Director, plazo de la propuesta y Plan de Manejo Ambiental.
- Se puede disminuir a 10 años la relación de los trabajos ejecutados y en ejecución.

8.5 CAPÍTULO 4. CONTRATACIÓN

Este capítulo contiene, en términos generales, información relacionada con subcontratistas, plazo, forma de pago y condiciones de los precios (fórmula de reajustes), financiación y otros, los cuales se pueden incluir en el Capítulo 2, Condiciones Generales del pliego de condiciones, con algunas modificaciones o correcciones como: determinar la fecha de adjudicación (las cláusulas del contrato las define el dueño del proyecto), reestructurar la fórmula de reajuste, los informes a presentar, etc.

8.6 CAPÍTULO 5. MINUTA DEL CONTRATO

En términos generales, la información de este capítulo se debe revisar en los siguientes aspectos:

- El objeto del contrato. Se debe definir un contrato para obras civiles y otro para montaje.
- El alcance relacionado con la realización de algunos trámites y obtención de autorizaciones (“Prever, tramitar todas las licencias, permisos, concesiones que se requieran para la construcción de las obras y ejecución ...”), ya que estas licencias las debe tramitar el dueño del proyecto.
- En la cláusula sobre ajustes de precios, la fórmula de reajuste se indica un anticipo del 30%, mientras que en la parte correspondiente a la definición de la forma de pago se dice que el mismo será del orden del 50%, por lo que deben realizarse las correcciones de consistencia pertinentes; así mismo se puede afirmar que anticipos como los mencionados son muy altos para este tipo de proyectos, por la magnitud del desembolso.
- Los componentes de la fórmula de reajuste presenta factores de incidencia solo para la obra civil (mano de obra, concreto, gasolina y acero), pero deja por fuera la incidencia de los costos de las obras subterráneas (equipos, explosivos).
- Para los desembolsos mensuales no se indica la forma de pago, plazo de presentación de la factura, pago e intereses de mora, retención de pagos o glosas; además se establece una retención del 5% para vigilar el cumplimiento en la ejecución del proyecto y en la cláusula sobre garantías existe la correspondiente a cumplimiento, existiendo (aparentemente) una doble retención.
- Para el acta de ajustes se indica lo siguiente: “Queda claro que solo se ajustará el 50% del valor del acta mensual en virtud del 50% del anticipo para iniciar las obras.....”. Este manejo no es lo normal; lo recomendable es reajustar toda la obra de acuerdo al programa de trabajo aprobado por el dueño de la obra.
- Definir en forma clara y precisa las funciones de la Interventoría ya que le dejan responsabilidades como: seleccionar al director del proyecto mediante hoja de vida (Contratista), definición de los sitios para la localización de las instalaciones temporales y áreas de almacenamiento y depósitos de desperdicio; calcular las cantidades de obra por separado e indicar que el tiempo de parálisis ocasionado por dicho hecho no da derecho a ampliación del plazo de ejecución de la obras, actividades que en su mayoría deben estar definidas antes de iniciar el contrato.

- En el participación de conflictos se habla de un arbitramento técnico, pero no se especifica quién lo nombra, quiénes lo componen y si no se resuelve el conflicto qué solución se daría; por lo tanto se debe incluir la cláusula solución de controversias.

Si las observaciones planteadas a este capítulo y el planteamiento relacionado con una presentación y organización diferente de los demás capítulos de los pliegos de condiciones se consideran pertinentes, se requerirá la elaboración de un nuevo esquema de contrato.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Como resultado de los análisis y evaluaciones conceptuales realizadas a los estudios de ingeniería y diseño existentes de la PCH San Pedro suministrados por EADE, se llega a las siguientes conclusiones principales:

• Conclusiones específicas.

- En cuanto al esquema de aprovechamiento y los diseños de las obras civiles y equipos considerados para su implantación, se concluye que el desarrollo concebido y especificado en los documentos del ICEL es técnicamente viable como proyecto de ingeniería.
- La información contenida en la documentación técnica analizada (informes, planos y memorias) permite evidenciar la existencia de unos significativos niveles de incertidumbre sobre el conocimiento detallado de las condiciones geológicas y geotécnicas que se utilizan para establecer los parámetros de diseño de las diferentes obras civiles que podrían estar sometidas a la acción de eventos que amenazarían su integridad funcional y estructural, lo que no permite lograr un conocimiento confiable del nivel de riesgo ingenieril al que estarían sometidas las obras del proyecto durante su vida comercial (riesgo de la inversión y de la operación asumido por el propietario del proyecto), ni el riesgo que estarían asumiendo los contratistas y el propietario del proyecto durante su período de construcción.
- Bajo las premisas de diseño adoptadas para concebir las características funcionales, dimensionales y estructurales de las diferentes obras civiles del proyecto estudiado, se encuentra la conveniencia de introducir algunos ajustes técnicos en algunas de ellas, de manera que mejoren sus características y condiciones de diseño.
- Igualmente se encuentra que sería conveniente reconsiderar algunos criterios y conceptos de diseño tenidos en cuenta en la determinación de las características técnicas de los equipos electromecánicos del proyecto, de manera que se puedan conseguir algunas actualizaciones tecnológicas que conducirán, entre otros efectos, a una reducción

importante en los requerimientos de las obras civiles que los alojarán; así por ejemplo, sería conveniente adoptar una mayor velocidad de rotación de las turbinas (reduciendo tamaño y espacios requeridos, y naturalmente costo), cambiar el sistema de refrigeración del generador, adoptar grupos turbogeneradores con disposición horizontal, ajustar los espacios requeridos por los equipos (y circulación), etc., aspectos que además de una sensible reducción en los costos de inversión y operación, redundarían en una simplificación y reducción apreciables de las obras civiles de la casa de máquinas sin afectar su funcionalidad.

- Se considera conveniente simplificar el esquema y sistema de conexión actualmente considerado de la PCH San Pedro al sistema interconectado, planteándose incluso que la subestación Santuario puede eliminarse del mismo, ya que dicha conexión se puede hacer directamente en la Subestación de Florencia.
- Los presupuestos existentes requieren de una cuidadosa actualización para poder alcanzar un nivel adecuado de confiabilidad.
- Los documentos que hacen parte de los pliegos de condiciones para la licitación del proyecto requieren de una revisión detallada para corregir las inconsistencias que presentan y conseguir una complementación que permita establecer una mayor precisión y claridad de los diferentes aspectos que deben ser tenidos en cuenta en la contratación de proyectos hidroeléctricos como la PCH de San Pedro, que por su tamaño necesitan de especial atención para reducir el riesgo de la ocurrencia de conflictos técnicos, económicos y legales entre las partes contratantes.
- Teniendo en cuenta que por su tamaño la PCH San Pedro involucra las complejidades técnicas y económicas típicas de proyectos hidroeléctricos importantes (no se trata de una microcentral), es recomendable modificar el sistema de contratación actualmente previsto, diseñando licitaciones separadas para las obras civiles y equipos (incluso al interior de los equipos mismos); con esta separación de contratos se podrá tener un mejor control técnico de las obras y equipos del proyecto (los equipos de generación requieren diseños específicos), consiguiéndose así mismo importantes reducciones en los costos de los suministros, que puede optimizarse mediante una adecuada gestión (Gerencia de Proyectos con experiencia).
- Finalmente, dadas las características geológicas y geotécnicas de la zona del proyecto que se infieren de los estudios analizados, se encuentra viable la posibilidad de desarrollar el aprovechamiento del río San Pedro mediante la adopción de un esquema de desarrollo basado en conducciones subterráneas en vez de superficiales, incluso considerando la posibilidad de implantar una casa de máquinas subterránea. Este tipo

de esquema permitiría reducir los riesgos a los que estarían sometidas las obras civiles superficiales consideradas en los diseños existentes (las obras subterráneas serían más seguras), permitiendo sobrellevar así mismo el problema de la incertidumbre que gravita en el conocimiento adecuado de las características ingenieriles de las formaciones en las que se enclavarían varias de las principales obras del proyecto, pudiéndose incluso esperarse una posible reducción en los costos.

- **Conclusión general.** Al evaluar las principales conclusiones de tipo específico antes descritas, se llega a la conclusión general (diagnóstico) de que el proyecto actualmente concebido y desarrollado en los documentos para licitación evaluados, necesita una revisión detallada que permita mejorar significativamente sus características técnicas, funcionales, económicas y documentales para lograr un nivel adecuado para que su propietario pueda adelantar en mejores condiciones de riesgo e incertidumbre (de tipo técnico, económico y legal) los pasos siguientes dentro del proceso de la materialización del proyecto, siendo incluso conveniente y recomendable revisar el esquema del aprovechamiento del proyecto, con el propósito de confirmar con un mejor nivel de certidumbre las ventajas técnicas y económicas del esquema del desarrollo correspondiente a los diseños existentes, o determinar la necesidad de modificarlo adoptando aquél que permita el aprovechamiento óptimo del río San Pedro en forma segura y confiable.

RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio se recomienda a EADE advertir a los actuales promotores del proyecto sobre la conveniencia y necesidad de confirmar o modificar la actual concepción del aprovechamiento hidroeléctrico del río San Pedro, mediante la realización de una evaluación complementaria que tenga ese propósito; en el caso de que el esquema de aprovechamiento actualmente diseñado sea confirmado, será de todas maneras necesario realizar las revisiones y complementaciones técnicas y documentales requeridas para que los diseños y documentos del proyecto alcancen el nivel requerido para licitar en forma adecuada su construcción.

RELACION DE PLANOS DEL VOLUMEN 2 DEL INFORME FINAL DEL ESTUDIO

Anexo

Relación de planos contenidos en el Volumen 2 del Informe Final del Estudio de Revisión y Actualización de los diseños, preparados por la firma CEI en 1995

PROYECTO PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO SAN PEDRO

RELACIÓN DE PLANOS DEL VOLUMEN 2 DEL INFORME DE LA FIRMA CEI

1 - PLANOS GENERALES

PLANO	DESCRIPCIÓN
61 - IG - 102	LOCALIZACIÓN ZONA DEL PROYECTO
61 - IG - 103	LOCALIZACIÓN GENERAL - Planta y Perfil
61 - IG - 104	LOCALIZACIÓN PREDIOS, BOTADEROS Y CAMPAMENTOS
61 - IG - 105	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - Localización de las fuentes de materiales
61 - IG - 106	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - Características Generales
61 - IG - 107	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - Características Generales
61 - 2GT - 101	GEOLOGÍA GENERAL
61 - 2GT - 102	GEOLOGÍA GENERAL - Bocatoma y Túnel de Conducción
61 - 2GT - 103	GEOLOGÍA GENERAL - Canal de Conducción
61 - 2GT - 105	GEOLOGÍA GENERAL - Tubería de Carga
61 - 2GT - 106	GEOLOGÍA GENERAL - Casa de Máquinas
61 - 2GT - 107	GEOLOGÍA DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN A SANTUARIO
61 - 2GT - 108	GEOLOGÍA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO Y VÍAS DE ACCESO
61 - 10G - 101	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO - Localización, Planta excavaciones
61 - 10G - 102	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO - Cerramiento - Detalles
61 - 8G - 101	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO - Planta excavaciones Desagues
61 - 8EL - 408	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO - Detalles de canaleta
61 - 8EL - 409	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO - Bases de Transformador y Transferencia
61 - 3G - 101	BOCATOMA - Disposición General - Ejes
61 - 3G - 102	BOCATOMA - Planta Excavaciones
61 - 3G - 103	BOCATOMA - Planta Desviaciones y Ataguías
61 - 4G - 101	TÚNEL DE CONDUCCIÓN - Planta y Perfil
61 - 4G - 102	TÚNEL DE CONDUCCIÓN - Secciones Típicas
61 - 4G - 103	TÚNEL DE CONDUCCIÓN - Portal de salida - Planta Excavaciones - Cortes

1 - PLANOS GENERALES (Continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61 - 9G - 111	VÍA DE ACCESO - Casa de Máquinas - Secciones Transversales k0 + 020 - k0 + 347.67
61 - 9G - 112	VÍA DE ACCESO - Casa de Máquinas - Secciones Transversales k0 + 060 - k2 + 320
61 - 9G - 113	VÍA DE ACCESO - Casa de Máquinas - Secciones Transversales k2 + 322.605 - k2 + 580
61 - 9G - 114	VÍA DE ACCESO - Casa de Máquinas - Secciones Transversales k2 + 600 - k2 + 855.96 = k2 + 381.14 - K2 + 500
61 - 9G - 115	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k0 + 020 - k0 + 347.67
61 - 9G - 116	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k0 + 360 - k0 + 620
61 - 9G - 117	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k0 + 640 - k1 + 220
61 - 9G - 118	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k1 + 233.874 - k1 + 900
61 - 9G - 119	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k1 + 920 - k2 + 175.908
61 - 9G - 120	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k2 + 180 - k2 + 360
61 - 9G - 121	VÍA DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k2 + 378.012 - k2 + 640
61 - 9G - 122	VÍAS DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k2 + 650.010 - k2 + 920
61 - 9G - 123	VÍAS DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k2 + 940 - k3 + 260
61 - 9G - 124	VÍAS DE ACCESO - Línea a Bocatoma - Secciones Transversales k3 + 274.823
61 - 9G - 125	VÍAS DE ACCESO - Portal de salida del Túnel - Secciones Transversales k2 + 386.931 - k2 + 557.854
61 - 9G - 126	VÍAS DE ACCESO - Portal de salida del Túnel - Secciones Transversales k2 + 560 - k2 + 760
61 - 9G - 127	VÍAS DE ACCESO - Línea a Patio de Conexiones - Secciones Transversales k0 + 020 - k0 + 420
61 - 9E - 201	VÍAS DE ACCESO - Obras de Arte - Detalles k0 + 020 - k0 + 420

PROYECTO PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO SAN PEDRO

RELACIÓN DE PLANOS DEL VOLUMEN 2 DEL INFORME DE LA FIRMA CEI

2 - PLANOS ESTRUCTURALES

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-3E-201	BOCATOMA: Plano general - Dimensiones
61-3E-202	BOCATOMA: Excavaciones - cortes
61-3E-203	BOCATOMA: Cortes - Dimensiones
61-3E-204	BOCATOMA: Estructura acceso túnel - Planta, corte, detalles - Dimensiones
61-3E-205	BOCATOMA: Estructura vertedero y muros laterales - Dimensiones y refuerzo
61-3E-205A	BOCATOMA: Estructura presa vertedero - Ubicación barras de anclaje
61-3E-206	BOCATOMA: Estructura canal de limpia - Dimensiones
61-3E-207	BOCATOMA: Estructura acceso túnel - Dimensiones y refuerzo I
61-3E-207A	BOCATOMA: Estructura acceso túnel - Dimensiones y refuerzo II
61-3E-208	BOCATOMA: Caseta de vigilancia - Dimensiones y refuerzo
61-3E-209	BOCATOMA: Pórtico de izamiento - Tablones de cierre
61-3E-210	BOCATOMA: Pórtico de izamiento rejillas - Dimensiones y refuerzo
61-3E-211	BOCATOMA: Cartilla de despiece I
61-3E-212	BOCATOMA: Cartilla de despiece II
61-4E-201	TÚNEL DE CONDUCCIÓN: Portal de salida - Dimensiones y refuerzo
61-4E-202	CANAL DE CONDUCCIÓN: Drenaje No. 3 - Planta, perfil y detalles
61-4E-203	CANAL DE CONDUCCIÓN: Drenaje No. 1 y 2 - Detalles
61-4E-204	CANAL DE CONDUCCIÓN: Juntas de dilatación - Refuerzo
61-4E-205	TÚNEL Y CANAL DE CONDUCCIÓN: Cartilla de despiece
61-5E-200	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Dimensiones
61-5E-201	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Dimensiones - Refuerzo I
61-5E-201A	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Refuerzo II
61-5E-201B	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Dimensiones - Refuerzo III
61-5E-201C	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Dimensiones - Refuerzo IV
61-5E-202	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Canal de descarga del vertedero - Muros, localización barras de anclaje - Refuerzo I

2 - PLANOS ESTRUCTURALES (Continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-5E-202A	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Canal de descarga del vertedero - Planta-Perfil - Refuerzo II
61-5E-202B	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Canal de descarga del vertedero - Cortes y detalles - Refuerzo III
61-5E-203	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Cartilla de despiece I
61-5E-204	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO: Cartilla de despiece II
61-6E-201	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 1 - Dimensiones y refuerzo
61-6E-202	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 2 - Dimensiones y refuerzo
61-6E-203	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Planta, dimensiones
61-6E-205	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Corte A-A Dimensiones
61-6E-205A	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Dimensiones y refuerzo I
61-6E-205B	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Planta malla interior - Dimensiones y refuerzo II
61-6E-205C	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Corte 3-3 (Malla interior) - Dimensiones y refuerzo III
61-6E-205D	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Corte 3-3 y corte 4-4 Malla exterior - Refuerzo IV
61-6E-205E	TUBERÍA DE CARGA: Anclaje No. 3 - Corte 6-6 - Refuerzo V
61-6E-206	TUBERÍA DE CARGA: Silleta típica para tubería de diámetro 2,70 m - Dimensiones y refuerzo
61-6E-207	TUBERÍA DE CARGA: Cartilla de despiece I
61-6E-208	TUBERÍA DE CARGA: Cartilla de despiece II
61-8E-201	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO: Bases de equipos - Detalles
61-8E-202	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO: Bases - Dimensiones - Refuerzo
61-8E-203	PATIO DE CONEXIONES - SAN PEDRO: Desagües - Detalles
61-10E-201	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Planta, bases, estructuras y equipos - Dimensiones y refuerzo
61-10E-202	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Planta, desagües - Detalles
61-10E-203	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Base de equipos - Dimensiones - Refuerzo
61-10E-204	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Caseta de control - Planta y fachadas
61-10E-205	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Caseta de control - Planta y detalles
61-10E-206	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO: Cartilla de despiece

2 - PLANOS ESTRUCTURALES (Continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-7E-201	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 413,80
61-7E-202	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 415,00
61-7E-203	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 419,00
61-7E-204	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 423,00
61-7E-205	CASA DE MÁQUINAS: Planta de cubiertas - Desagües y detalles
61-7E-206	CASA DE MÁQUINAS: Secciones transversales A-A, B-B y C-C
61-7E-207	CASA DE MÁQUINAS: Sección D-D - Detalles
61-7E-208	CASA DE MÁQUINAS: Secciones E-E, E'-E'
61-7E-209	CASA DE MÁQUINAS: Sección longitudinal F-F
61-7E-210	CASA DE MÁQUINAS: Fachada longitudinal sur-principal
61-7E-211	CASA DE MÁQUINAS: Fachada longitudinal norte
61-7E-212	CASA DE MÁQUINAS: Fachadas este y oeste
61-7E-213	CASA DE MÁQUINAS: Esquemas instalación sanitaria y drenaje niveles 419,00 y 423,00
61-7E-214	CASA DE MÁQUINAS: Esquemas instalación hidráulica y drenaje niveles 419,00 y 423,00
61-7E-215	CASA DE MÁQUINAS: Instalaciones para la planta diesel de emergencia - Planta, sección y fachadas
61-7E-216	CASA DE MÁQUINAS: Detalles I
61-7E-217	CASA DE MÁQUINAS: Detalles II
61-7E-219	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 419,00
61-7E-220	CASA DE MÁQUINAS: Planta a nivel 423,00
61-7E-221	CASA DE MÁQUINAS: Planta de cubierta - Niveles 427,00 y 433,50
61-7E-222	CASA DE MÁQUINAS: Planta de cimentación, tipos de columnas y cortes
61-7E-223	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo nivel 419,00
61-7E-224	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo nivel 419,00
61-7E-225	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo niveles 419,00, 423,00 y 427,00
61-7E-226	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo nivel 423,00
61-7E-227	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo nivel 423,00
61-7E-228	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo niveles 423,00 y 427,00
61-7E-229	CASA DE MÁQUINAS: Vigas canal y viguetas niveles 427,00 y 433,50

2 - PLANOS ESTRUCTURALES (Continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-7E-230	CASA DE MÁQUINAS: Disposición armadura placa - Nivel 419,00
61-7E-231	CASA DE MÁQUINAS: Refuerzo niveles 429,70 y 427,00 - Canal de fuga
61-7E-232	CASA DE MÁQUINAS: Despiece de columnas
61-7E-233	CASA DE MÁQUINAS: Escaleras, muro de contención - Columna tipo 7
61-7E-234	CASA DE MÁQUINAS: Pórtico eje D
61-7E-235	CASA DE MÁQUINAS: Disposición armaduras macizo y soporte de generador
61-7E-236	CASA DE MÁQUINAS: Cortes de cimentación

PROYECTO PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO SAN PEDRO

RELACIÓN DE PLANOS DEL VOLUMEN 2 DEL INFORME DE LA FIRMA CEI

3 - PLANOS MECÁNICOS

Plano	DESCRIPCIÓN
61 - 3M - 301	COMPUERTA RADIAL DEL CANAL DE LIMPIEZA
61 - 3M - 302	COMPUERTA RADIAL - Detalles
61 - 3M - 303	COMPUERTA RADIAL - Detalles de Asientos y Pivote
61 - 3M - 304	VIGA DE IZAMIENTO - Compuerta Canal de Fuga y Reja de Bocatoma
61 - 3M - 305	REJAS DE BOCATOMA - Detalles Generales
61 - 7M - 364	SÍMBOLOS Y DETALLES TÍPICOS - Tuberías y Ductos
61 - 3M - 306	BOCATOMA - Compuerta de Rodillos : Detalles
61 - 6M - 321	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO - Compuerta de Rodillos : Detalles
61 - 6M - 322	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO - Compuerta de Rodillos Guías y Asientos- Detalles
61- 6M - 323	REJILLA DE LA TUBERÍA DE CARGA
61- 6M - 324	REJILLAS DE LA TUBERÍA DE CARGA - Detalles Guías laterales y Asientos de Fondo
61- 6M - 325	VIGA DE IZAMIENTO - Rejilla Tubería de Carga
61- 6M - 326	TUBERÍA DE CARGA Y LÍNEAS DE PRESIÓN
61- 6M - 327	TUBERÍA DE CARGA-Detalles
61- 6M - 328	TUBERÍA DE CARGA - Distribuidor: Planta-Perfil
61- 6M - 329	CÁMARA DE AQUIETAMIENTO - Compuerta Deslizante-Detalles
61 - 7M - 341	CASA DE MÁQUINAS EQUIPOS - Planta a Nivel 413,80
61 - 7M - 342	CASA DE MÁQUINAS - Planta Distribución Equipos Nivel 419,00
61 - 7M - 343	CASA DE MÁQUINAS - Planta Distribución Equipos Nivel 423,00
61 - 7M - 344	CASA DE MÁQUINAS EQUIPOS - Corte Transversal A - A
61 - 7M - 345	CASA DE MÁQUINAS EQUIPOS - Corte C - C
61 - 7M - 346	CASA DE MÁQUINAS EQUIPOS - Corte Longitudinal E - E
61 - 7M - 347	CASA DE MÁQUINAS - Fachada Sur
61 - 7M - 348	CASA DE MÁQUINAS - Detalles Equipos
61 - 7M - 349	PUENTE GRÚA
61 - 7M - 350	ESCALERA DE ACCESO AL PUENTE GRÚA

3 - PLANOS MECÁNICOS (Continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61 - 7M - 351	ESCALERA DE ACCESO AL PUENTE GRÚA - Detalles
61 - 7M - 352	COMPUERTA CANAL DE FUGA
61 - 7M - 353	COMPUERTA CÁRCAMO BOMBAS ENFRIAMIENTO
61 - 7M - 354	SISTEMA DE REFRIGERACION DE UNIDADES GENERADORAS- ISOMÉTRICO
61 - 7M - 355	RED DRENAJE - ISOMÉTRICO
61 - 7M - 356	SISTEMA DE CONTRAINCENDIO CO ₂ - ISOMÉTRICO
61 - 7M - 357	SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO - ISOMÉTRICO
61 - 7M - 358	AIRE COMPRIMIDO SERVICIOS VARIOS - ISOMÉTRICO
61 - 7M - 359	SISTEMA AIRE ACONDICIONADO - Planta a Nivel 419,00
61 - 7M - 360	SISTEMA AIRE ACONDICIONADO - Planta a Nivel 423,00
61 - 7M - 361	SISTEMA DE VENTILACION - Ductos Nivel 415,00
61 - 7M - 362	PLANTA DIESEL DE EMERGENCIA
61 - 7M - 363	SOPORTES PARA TUBERIAS - Detalles Típicos

PROYECTO PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO SAN PEDRO

RELACIÓN DE PLANOS DEL VOLUMEN 2 DEL INFORME DE LA FIRMA CEI

4 - PLANOS ELÉCTRICOS

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-3EL-401	CIRCUITO 13,8 KV A BOCATOMA. Planta general, Perfil, Instalaciones eléctricas
61-3EL-402	DIAGRAMA UNIFILAR BOCATOMA, Alumbrado, Tanque quietamiento
61-7EL-401	CASA DE MÁQUINAS Disposición de celdas 13,8 kV
61-7EL-402	CASA DE MÁQUINAS Tablero de control
61-7EL-403	CASA DE MÁQUINAS - Localización tableros de Potencia y Control
61-7EL-404	CASA DE MÁQUINAS - Localización bandejas - Portacables
61-7EL-405	DIAGRAMA DE BLOQUES - Control - San Pedro
61-7EL-406	CASA DE MÁQUINAS - Alumbrado exterior
61-7EL-407	CASA DE MÁQUINAS - Acometida a equipos, Planta a nivel 413,80
61-7EL-408	CASA DE MÁQUINAS - Alumbrado a nivel 419,00
61-7EL-409	CASA DE MÁQUINAS - Alumbrado y Tomas de Corriente a nivel 413,80
61-7EL-410	CASA DE MÁQUINAS - Anunciador, Identificación para ventanas, Anunciadoras
61-7EL-411	CASA DE MÁQUINAS - Planta Alumbrado y Tomas a nivel 423,00
61-7EI-412	SERVICIOS AUXILIARES - Diagrama unifilar general
61-7EL-413	CASA DE MÁQUINAS - Detalles típicos bandejas portacables
61-8EL-401	PATIO DE CONEXIONES SAN PEDRO - Disposición general de equipos
61-8EL-402	PATIO DE CONEXIONES SAN PEDRO - Lista de materiales y equipos
61-8EL-403	PATIO DE CONEXIONES SAN PEDRO - Diagrama unifilar
61-8EL-404	DIAGRAMA AUXILIAR GENERAL - Potencia

4 - PLANOS ELÉCTRICOS (continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-8EL-405	PATIO DE CONEXIONES SAN PEDRO.- Alumbrado, Detalles de Pórticos
61-8EL-406	CASA DE MÁQUINAS Y PATIO DE CONEXIONES. Malla de conexión a tierra - San Pedro
61-8EL-407	PATIO DE CONEXIONES SAN PEDRO - Cargas de diseño en pórticos, tensionado de barrajes y Cables de guarda
61-10EL-401	PATIO DE CONEXIONES - SANTUARIO - Diagrama unifilar
61-10EL-402	DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL (Santuario)
61-10EL-403	PATIO DE CONEXIONES SANTUARIO - Lista de materiales y equipos
61-10EL-404	PATIO DE CONEXIONES SANTUARIO - Alumbrado
61-10EL-405	PATIO DE CONEXIONES SANTUARIO - Malla de conexión a tierra, Detalles típicos
61-10EL-406	PATIO DE CONEXIONES SANTUARIO - Disposición de equipos
61-10EL-407	PATIO DE CONEXIONES SANTUARIO - Cargas de diseño en pórticos, Tensionado de barrajes y cables de guarda
61-10EL-408	DETALLES PUESTA A TIERRA ESTRUCTURAS METÁLICAS. Detalles Alumbrado
61-11EL-401	LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN 115 kV, PLANTA A SANTUARIO
61-11EL-401 ^a	PLANTA Y PERFIL. Abs del k0 + 00 al k1 + 379, Estructura No 1 a No 6
61-11EL-402	PLANTA Y PERFIL. Abs del k1+ 279 al k2+ 820 Estructura No 6 a No 11
61-11EL-403	PLANTA Y PERFIL. Abs del k2+ 698 al k4+ 267, Estructura No 12 a No 18
61-11EL-404	PLANTA Y PERFIL. Abs del k4+ 167 al k5+ 841, Estructura No 19 a No 25
61-11EL-405	PLANTA Y PERFIL. Abs del k5+ 841 al k7+ 505, Estructura No 25 a No 30
61-11EL-406	PLANTA Y PERFIL. Abs del k7+ 395 al k9+ 050, Estructura No 31 a No 33
61-11EL-407	PLANTA Y PERFIL. Abs del k9+ 060 al k10+ 870, Estructura No 34 a No 41
61-11EL-407 A	PLANTA Y PERFIL. Abs del k10+ 350 al k12+ 024, Estructura No 40 a No 47

4 - PLANOS ELÉCTRICOS (continuación)

PLANO	DESCRIPCIÓN
61-11EL-408	PLANTA Y PERFIL. Abs del k11+ 252 al k12+ 940, Estructura No 44 a No 51
61-11EL-409	PLANTA Y PERFIL. Abs del k12+ 800 al k14+ 400, Estructura No 52 a No 58
61-11EL-410	PLANTA Y PERFIL. Abs del k14+ 315 al k16+ 020, Estructura No 59 a No 65
61-11EL-411	PLANTA Y PERFIL. Abs del k15+ 900 al k17+500 , Estructura No 65 a No 70
61-11EL-412	PLANTA Y PERFIL. Abs del k17+ 360 al k19+ 150, Estructura No 70 a No 76
61-11EL-413	PLANTA Y PERFIL. Abs del k19+ 040 al k20+ 200, Estructura No 76 a No Pórtico
61-11EL-423	LÍNEA SAN PEDRO - SANTUARIO 115 kV. Plantilla vano regulador 308 m
61-11EL-424	LÍNEA SAN PEDRO - SANTUARIO 115 kV.. Plantilla vano regulador 600 m



FECHA DE PUBLICACIÓN: Septiembre, 1998

CÓDIGO DE UBICACIÓN: I-1364-4-0000-5008-001

CÓDIGO DEL DOCUMENTO: I0000001.doc

CLIENTE: EMPRESA ANTIOQUEÑA DE ENERGÍA

TÍTULO Y SUBTÍTULO: PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SOBRE EL RÍO SAN PEDRO, EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETA. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO Y FINANCIERO. REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA Y DISEÑOS EXISTENTES

AUTOR: INTEGRAL S.A.

RESUMEN:

Se presentan los resultados de la evaluación conceptual de los estudios y diseños y documentos para la licitación del proyecto de la Pequeña Central Hidroeléctrica sobre el Río San Pedro, con base en los informes y documentos preparados en 1995 para el ICEL por la firma Compañía de Estudios e Interventorias Ltda (CEI).

Como resultado de la evaluación se llega a la conclusión general (diagnóstico) de que el proyecto actualmente concebido y desarrollado en los documentos para licitación analizados necesita una revisión detallada que permita mejorar significativamente sus características técnicas, funcionales, económicas y documentales para lograr un nivel adecuado para adelantar en mejores condiciones de riesgo e incertidumbre los pasos siguientes dentro del proceso de la materialización del proyecto, siendo incluso conveniente considerar la posibilidad de redefinir el esquema del aprovechamiento concebido en los diseños actuales, de manera se pueda verificar la validez del esquema correspondiente a los diseños existentes o establecer la conveniencia modificarlo adoptando aquel que permita el aprovechamiento óptimo del río San Pedro.

PALABRAS CLAVES:

NÚMERO DE PÁGINAS: 71

NÚMERO DE COPIAS: 8

NÚMERO DE VOLÚMENES: 1

NÚMERO DE PARTES

OBSERVACIONES:

Pequeña central hidroeléctrica sobre el río San Pedro en el Departamento del Caquetá :estudio socioeconómico y financiero revisión y diagnóstico de los estudios de ingeniería y diseños existentes, Empresa Antioqueña de Energía S.A.

333.914 E122p Ej. 1

CATALOGADO POR: HELF FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO