



# ANEXO I

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### ADITIVO 1

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
|  <b>ITAIPU BINACIONAL</b> |  | ADQUISICIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR AIRE/AGUA PARA REFRIGERACIÓN DE LAS UNIDADES GENERADORAS 01 A 18 – ADITIVO 1 |  |  |
| SMIM.DT   |  |   |  |  |

|  |             |   |            |       |
|--|-------------|---|------------|-------|
|  |             |   |            |       |
|  |             |   |            |       |
|  |             |   |            |       |
|  |             |   |            |       |
| Nº   | DESCRIPCIÓN | REVISOR(ES)   | APROBACIÓN | FECHA |
| REVISIONES   |             |   |            |       |
|  <b>ITAIPU BINACIONAL</b> |             |   |            |       |
| EMISIÓN INICIAL  |             | <i>UNIDADES GENERADORAS</i><br><br><i>INGENIERIA MECÁNICA</i><br><br><i>ESTATOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS</i><br><br><b>ADQUISICIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR AIRE/AGUA PARA REFRIGERACIÓN DE LAS UNIDADES GENERADORAS 01 A 18 – ADITIVO 1</b> |            |       |
| ÁREA RESPONSABLE   |             |   |            |       |
| SMIM.DT  |             |   |            |       |
| División de ingeniería de Mantenimiento Mecánico   |             |   |            |       |
| DIRECCIÓN TÉCNICA  |             |   |            |       |
| PROYECTO/AUTO  |             |   |            |       |
| EFEG   |             |   |            |       |
| VERIFICACIÓN   |             |   |            |       |
| FLPDINIZ   |             |   |            |       |
| APROBACIÓN DIVISIÓN  |             | APROBACIÓN DEPARTAMENTO   |            |       |

|                        |                  |        |          |
|------------------------|------------------|--------|----------|
| ESPECIFICACIÓN TÉCNICA | CÓDIGO DE ITAIPU | PÁGINA | REVISIÓN |
|                        | 6210-20-19554-E  | 2/11   | R0       |

|            |                      |                        |                  |        |          |
|------------|----------------------|------------------------|------------------|--------|----------|
| STEVAN     | KLEBER               | ESPECIFICACIÓN TÉCNICA |                  |        |          |
| FECHA      | CONTROL DEL EMITENTE | FORMATO                | CÓDIGO DE ITAIPU | PÁGINA | REVISIÓN |
| 26/08/2021 | -                    | A4                     | 6210-20-19554-E  | 1/10   | R0       |

## ÍNDICE

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVO.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b>   | <b>ALCANCE DEL SUMINISTRO.....</b>                                   | <b>3</b>  |
| 3.1  | EQUIPOS Y MATERIALES .....   | 3         |
| <b>4</b>   | <b>CRITERIOS TÉCNICOS .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| 4.1  | INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO DE TUBOS ALETADOS .....               | 4         |
| 4.2  | REQUISITOS DIMENSIONALES .....                                       | 4         |
| 4.3  | REQUISITO DE LOS MATERIALES.....                                     | 4         |
| 4.4  | ACABADO SUPERFICIAL .....  | 4         |
| 4.4.1  | Preparación de las superficies .....                                 | 4         |
| 4.4.2  | Partes internas de acero al carbono en contacto con el agua.....     | 5         |
| 4.4.3  | Partes externas de acero al carbono en contacto con el aire.....     | 5         |
| 4.5  | DOCUMENTOS SOLICITADOS.....  | 5         |
| 4.6  | TRANSPORTE Y EMBALAJE .....  | 6         |
| 4.7  | GARANTIA .....   | 6         |
| <b>5</b>   | <b>LOCAL DE ENTREGA DE EQUIPO(S) .....</b>                           | <b>6</b>  |
| <b>6</b>   | <b>TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO / TIEMPO DEL SUMINISTRO.....</b> | <b>6</b>  |
| <b>ANEXOS 7</b>  |  |           |
| <b>ANEXO A – DISEÑO 6210-DF-71068-P “TROCADOR DE CALOR AR/AGUA TIPO = CRK-10256” .....</b>   |  | <b>8</b>  |
| <b>ANEXO B – DISEÑO 6210-DF-71795-P “TROCADOR DE CALOR AR/AGUA TIPO = CRK-10256 – CÂMARA FLANGEADA - ALTERNATIVA EM CONSTRUÇÃO SOLDADA” .....</b>  |  | <b>9</b>  |
| <b>ANEXO C – DISEÑO 6210-DF-71794-P “TROCADOR DE CALOR AR/AGUA TIPO = CRK-10256 – CÂMARA DE RETORNO – ALTERNATIVA EM CONSTRUÇÃO SOLDADA” .....</b> |  | <b>10</b> |

## **1 INTRODUCCIÓN**

Para el correcto funcionamiento de los generadores de la Central Hidroeléctrica de Itaipu, es fundamental que estas operen dentro de un rango de temperaturas óptimas. Para refrigerar el generador son utilizados tres sistemas de refrigeración: un sistema de agua pura, que circula en conductores huecos dentro de las barras estatóricas, intercambiadores de calor aceite/agua para refrigerar el aceite del cojinete combinado e intercambiadores de calor aire/agua, encargados de enfriar el aire que circula dentro del generador en un circuito cerrado.

Cada unidad generadora posee 16 intercambiadores aire/agua. El aire, que es calentado principalmente por las partes activas del generador, es empujado por el rotor del generador, el cual fue construido para servir también como un ventilador radial. El aire caliente del interior del generador atraviesa los intercambiadores de calor en sentido transversal al eje de los tubos aletados y transmite el calor al agua de enfriamiento que circula por los intercambiadores de calor.

Las unidades generadoras se encuentran operando hace más de 30 años y algunos de los intercambiadores de calor aire/agua ya poseen un alto número de tubos taponados, a causa de pérdidas de agua detectadas en dichos equipos. Debido a la baja confiabilidad que presentan estos intercambiadores de calor mencionados anteriormente, se ve necesaria la adquisición de intercambiadores de calor nuevos, de manera a sustituir dichos equipos y contar con equipos de reserva de alta confiabilidad.

## **2 OBJETIVO**

Esta Especificación Técnica establece los requisitos técnicos mínimos que deben ser cumplidos por la CONTRATISTA para el suministro de intercambiadores de calor de tubos aletados para refrigerar el aire de enfriamiento de las unidades generadoras de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU.

## **3 ALCANCE DEL SUMINISTRO**

La CONTRATISTA deberá suministrar los siguientes equipos.

### **3.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- 3 (tres) Intercambiadores de calor de tubos aletados del tipo de flujo cruzado. Cada intercambiador de calor deberá cumplir con los criterios técnicos establecidos en esta Especificación técnica y estar conforme a los diseños en anexo.
- 1 (un) juego de juntas de estanqueidad de repuesto para las tapas, inferior y superior, del intercambiador de calor, conforme ítem 4.3 de esta especificación técnica.
- 2 (dos) juegos de tapas del intercambiador de calor (superior e inferior) de repuesto. Cada tapa deberá cumplir los criterios del ítem 4.3 de esta especificación técnica y estar conforme diseños en anexo.

## **4 CRITERIOS TÉCNICOS**

Las siguientes características técnicas mínimas deberán ser atendidas.

### **4.1 INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO DE TUBOS ALETADOS**

- Capacidad térmica: 394 kW;
- Área mínima de intercambio de calor: 485 m<sup>2</sup>;
- Presión de trabajo: 10,6 bar;
- Presión de proyecto: 12,7 bar;
- Presión de prueba hidrostática: 15,9 bar;
- Temperatura de entrada de agua: 30 °C;
- Temperatura de salida de agua: 36,4 °C;
- Temperatura de entrada del aire: 77,4 °C;
- Temperatura de salida del aire: 40 °C;
- Caudal de agua: 1000 l/min;
- Velocidad aproximada del flujo de agua: 1.85 m/s;
- Velocidad del flujo de aire: 2.7 m/s;
- Perdida de carga máxima admisible del lado del agua: 2500 mmca;
- Perdida de carga admisible del lado del aire: 11,5 mmca.
- Numero de pases en los tubos: 6 pases;
- Configuración del haz de tubos: Triangular;
- Tipo de aletas: Planas rectangulares.

#### 4.2 REQUISITOS DIMENSIONALES

- Espesor del tubo: 1,0 mm;
- Diámetro mínimo del tubo: 20 mm;
- Distancia entre los espejos: 2500 mm;
- [Espesor de las aletas: 0,15mm a 0,20 mm;](#)
- Demás dimensiones: véase diseños en anexo.

#### 4.3 REQUISITOS DE LOS MATERIALES

- Material de las tapas: Acero al carbono ASTM A516-Gr.70;
- Material del tubo: Aleación de CuNi 90-10 ASTM B-111-706;
- Material de las aletas: Cobre ASTM B-152-122;
- [Material del espejo: Latón ASTM B-171-465 o Latón Naval 464;](#)
- Material de la estructura: Acero al carbono;
- Material de las bridas de conexión: Acero al carbono, ASTM A105;
- Material de los tornillos de fijación de las tapas: Acero al carbono, ASTM A193-B7;
- Material de las juntas de estanqueidad: Caucho acrílico-nitrílico F-15;
- Material de la placa de identificación: Acero Inoxidable, AISI 304.

#### 4.4 ACABADO SUPERFICIAL

Los intercambiadores de calor de tubos aletados deberán contar con tratamiento superficial y pintura que deberá ser aplicado conforme los requisitos de la Norma Técnica NE-001 de la *ELETRORBRAS* y sus demás normas correlacionadas.

##### 4.4.1 Preparación de las superficies

Aplicación de chorro abrasivo al metal casi blanco, padrón SA 2½ de la norma ISO 8501-1

#### 4.4.2 Partes internas de acero al carbono en contacto con el agua

Una mano de tinta epoxi tolerante a superficies húmedas, de dos componentes, de alto contenido de sólidos y bajo VOC, espesor total de 400 µm, en color negro. Pintura de referencia Interzone 954 de Akzo Nobel o similar.

#### 4.4.3 Partes externas de acero al carbono en contacto con el aire

Las piezas de acero al carbono en contacto con el aire deberán ser pintadas de la siguiente manera:

- Pintura de fondo: Una mano de tinta epoxi de fosfato de zinc, con un espesor de 50 µm, de color rojo. Pintura de referencia: Intergard 251 de Akzo Nobel o similar;
- Acabado: Dos manos de tinta epoxi de acabado de alto espesor, espesor de 100 µm, color gris Munsell N6.5. Pintura de referencia Intergard 740 de Akzo Nobel o similar.

Tubos, aletas, espejos y las demás piezas que no sean de acero no deberán llevar ningún tipo de tratamiento superficial ni pintura.

#### 4.5 DOCUMENTOS SOLICITADOS

Los documentos y diseños enviados deberán estar de acuerdo con las Directrices Básicas para Elaboración/Revisión y Presentación de Documentos Técnicos 2710-20-15200-E.

A efecto de aprobación, la CONTRATISTA deberá enviar 01 (una) copia en medio electrónico de la primera documentación a ITAIPU, identificada como revisión R0a. Revisiones sucesivas aun no aprobadas definitivamente deberán ser identificadas como R0b, R0c, y así en adelante, siguiendo las mismas orientaciones.

Las copias en medio electrónico deberán ser:

- a) Para diseños: archivos “DWG” compatibles con AutoCAD 2013;
- b) Para documentos de texto y planillas: archivos compatibles con Microsoft Office 2010.

La documentación presentada deberá estar compuesta por:

- Diseño de Fabricación del intercambiador de calor, el diseño debe detallar las dimensiones de las juntas de estanqueidad, la configuración transversal del haz tubular, de los espejos y de las tapas, además de todas las dimensiones constructivas del equipo;
- Plan de Inspección y Ensayos – PIT – a ser utilizado en la inspección final del equipo;
- Cronograma de fabricación de los equipos;
- Plan de pintura de los equipos;
- Data book, conteniendo: los boletines de inspección, Cálculos térmicos y mecánicos, Certificados de materiales utilizados, protocolos dimensionales, ensayos, y procesos realizados;
- Manuales de instalación, operación y mantenimiento.

Los diseños de fabricación, plan de pintura de los equipos, memoriales de cálculo térmico y mecánico, Plan de Inspección y Ensayos – PIT y el cronograma de fabricación, deberán ser presentados por la CONTRATISTA a Itaipu para su aprobación, en un plazo máximo de hasta 30 días corridos contados a partir de la emisión de la Orden de Inicio de Suministro.

#### 4.6 TRANSPORTE Y EMBALAJE

El transporte de los equipos, desde las dependencias de la CONTRATISTA hasta el almacén de la Central Hidroeléctrica de Itaipu, es responsabilidad de la CONTRATISTA.

La CONTRATISTA es responsable de realizar el embalaje de los equipos de manera adecuada para ser transportados, el embalaje debe respetar los siguientes principios:

- Deben tener indicaciones de posicionamiento de las masas de manera a garantizar la estabilidad de los equipos a ser transportados;
- Deben ser proyectados de manera a soportar y facilitar las operaciones de embarque y desembarque, sin poner en riesgo la seguridad de los operadores y la integridad de los equipos;
- Cualquier daño a los equipos, debido a un embalaje inadecuado, será de responsabilidad de la CONTRATISTA.

#### 4.7 GARANTIA

La CONTRATISTA debe garantizar el correcto desempeño y funcionamiento de los equipos por un periodo de 24 (veinticuatro) meses, contados a partir de recepción de los equipos, o 12 (doce) meses, contados a partir de la entrada en operación de los equipos, prevaleciendo el evento que ocurra primero.

### 5 LOCAL DE ENTREGA DE EQUIPO(S)

La CONTRATISTA deberá observar el local de entrega de los equipos, definido en el instrumento contractual

### 6 TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO / TIEMPO DEL SUMINISTRO.

La CONTRATISTA deberá observar los plazos de ejecución/suministro definidos en el instrumento contractual.

## ANEXOS







ANEXO C – Diseño 6210-DF-71794-P “Trocador de calor ar/agua tipo = CRK-10256 – Câmara de retorno – Alternativa em construção soldada”

