

Caso Flores IV : El desafío de enlazar dos unidades disímiles en un ciclo combinado

21 de Agosto de 2012, Bogotá



Contenido

- ANTECEDENTES
- EQUIPOS Y PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL CICLO COMBINADO TIPO 2 X 1
- RETOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS
- IMPACTO GENERAL DEL PROYECTO FLORES IV PARA EL PAÍS Y PRECEDENTES ESTABLECIDOS

1. Antecedentes

Antecedentes

Desde sus inicios la planta Zona Franca Celsia antes Termoflores ha marcado hitos de gran relevancia para el sistema eléctrico nacional:

Octubre de 1993. Entra en servicio en sólo cuatro meses de construcción el ciclo simple Flores 1, primera planta del sector privado del país y en un esquema de PPA, con 100 MW contribuyendo de inmediato al alivio del servicio de energía al área norte del País después del apagón por el fenómeno El



Marzo de 1995. Entra en servicio el primer ciclo combinado del País con 150 MW, dotado de innovadoras características entre ellas la inyección de vapor a la combustión para disminución de

emisiones de NOx y aumento del flujo másico aprovechable en energía.



Noviembre de 1995: Inicia operaciones Flores II de 100MW en ciclo simple, con una turbina W501D5 , equipos nuevos y efectivos sistemas de control de emisiones (dotada de la infraestructura de inyección de agua para reducir emisiones atmosféricas) .

Enero de 1998: Se pone en funcionamiento la unidad Flores III de 150MW con una turbina W501FC+ también en ciclo simple, equipos nuevos de última generación y con un sistema de combustión de menores emisiones de NOx. (DLNx)

Antecedentes

Agosto de 2004 Se aumenta la eficiencia de la unidad Flores II en 1.5%, se reducen sus emisiones de NOx en un 6% y se aumenta su capacidad en 12 MW con un mínimo aumento de combustible mediante la innovadora tecnología de compresión húmeda (wet compression) consistente en la inyección de 120 GPM de agua desmineralizada a 1200 PSI en el sistema de entrada de aire.



Septiembre de 2004. Similarmente se aumentan la eficiencia y la capacidad de Flores III en 25 MW, mediante la misma tecnología de compresión húmeda y la inyección de 110 GPM de agua a la entrada de aire, posteriormente reducidos a 19 MW y 90 GPM, con lo cual se disminuyen, además y significativamente, las emisiones atmosféricas de NOx.

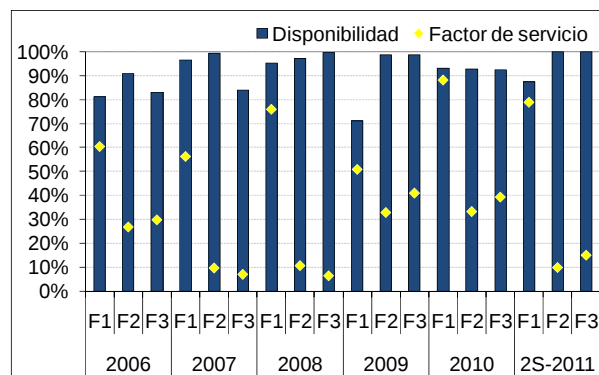


Antecedentes

En diciembre 3 de 2007, Colinversiones (ahora Celsia) cierra el proceso de compra de la Central Termoflores, ahora Zona Franca Celsia con una capacidad instalada de 441 MW.

Adicionalmente incluyó el proyecto Flores IV consistente en cierre de los ciclos simples de Flores II y Flores III para configurar un ciclo combinado con una capacidad de 169 MW adicionales, para un total de 610 MW en la Central Zona Franca Celsia.

La Central ha tenido un factor de disponibilidad acumulado superior al 91% en los últimos seis años.



Histórico planta Zona Franca Celsia

Antecedentes



Planta Zona Franca Celsia antes Termoflores – Año 2008

La planta fue la primera favorecida en Noviembre de 2007 con el nuevo esquema de Cargo por Confiabilidad (CxC) por 10 años, bajo la figura de Planta Especial, según la normativa de la CREG.

Los ingresos del CxC equivalen a una ENFICC de 3.745 Gwh/año hasta el año 2021.

La planta fue declarada Zona Franca Permanente Especial en 2009.

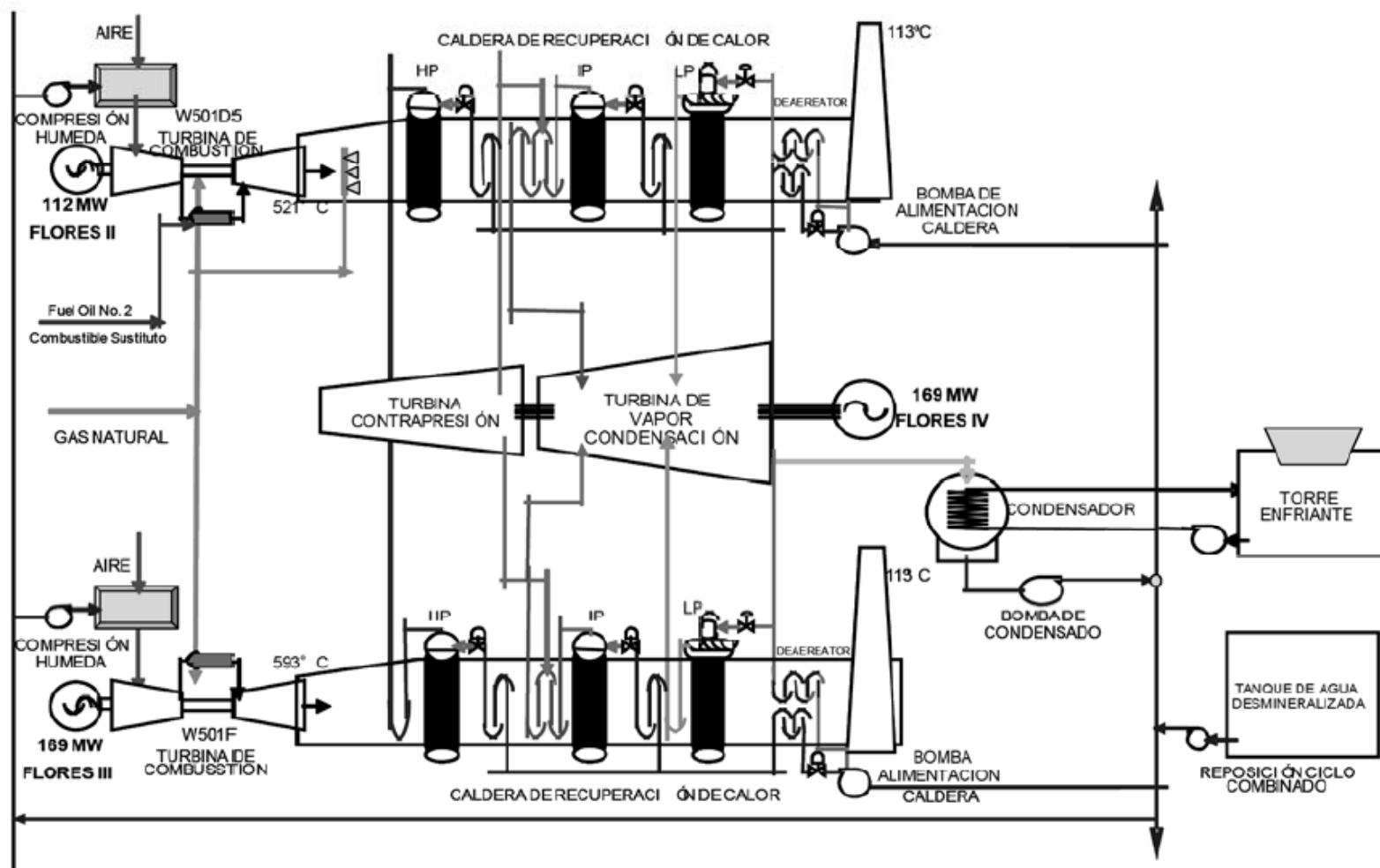
En enero de 2011 es declarada Usuaria de Zona Franca.

Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

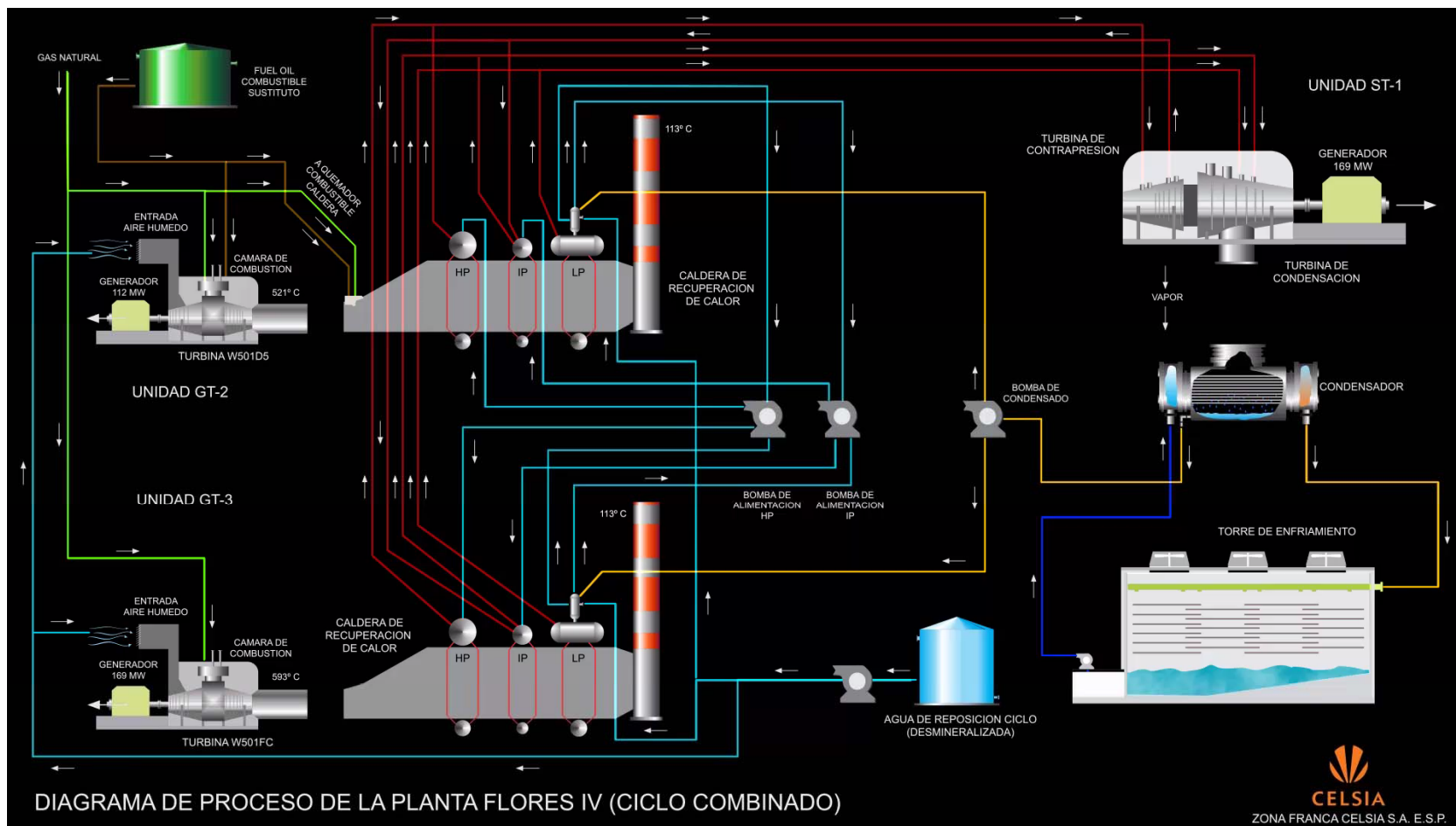
Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

- Este proyecto consistió en la expansión de la planta en 169 MW, al cerrar los ciclos de 112 MW en Flores II y de 169 MW en Flores III en un solo Ciclo Combinado de 450 MW es decir en configuración 2 x 1.
- Flores II era un ciclo simple compuesto por una turbina de gas Westinghouse W501 D5, con capacidad de 112 MW, un Heat Rate LHV de 10,200 Btu/kWh en ciclo simple y temperatura de los gases de la combustión de **521°C**.
- Flores III era un ciclo simple compuesto por una turbina de gas Westinghouse W501 FC+, con capacidad de 169 MW, con un Heat Rate LHV de 9,800 Btu/kWh y temperatura de los gases de la combustión de **593°C**.
- Se requirieron dos calderas de recuperación de calor, una de ellas dotada de quemadores de ducto para igualar las condiciones de temperatura y presión del valor dadas las diferencias en las características de los gases de escape de las dos turbinas de gas y una turbina de alta presión en tándem con otra de intermedia y baja presión con una capacidad neta de 169 MW.
- La capacidad neta de diseño del nuevo ciclo 2 x 1 era de 450 MW con un Heat Rate LHV de 7,000 Btu/kWh, ambos superados considerablemente durante la puesta en servicio.

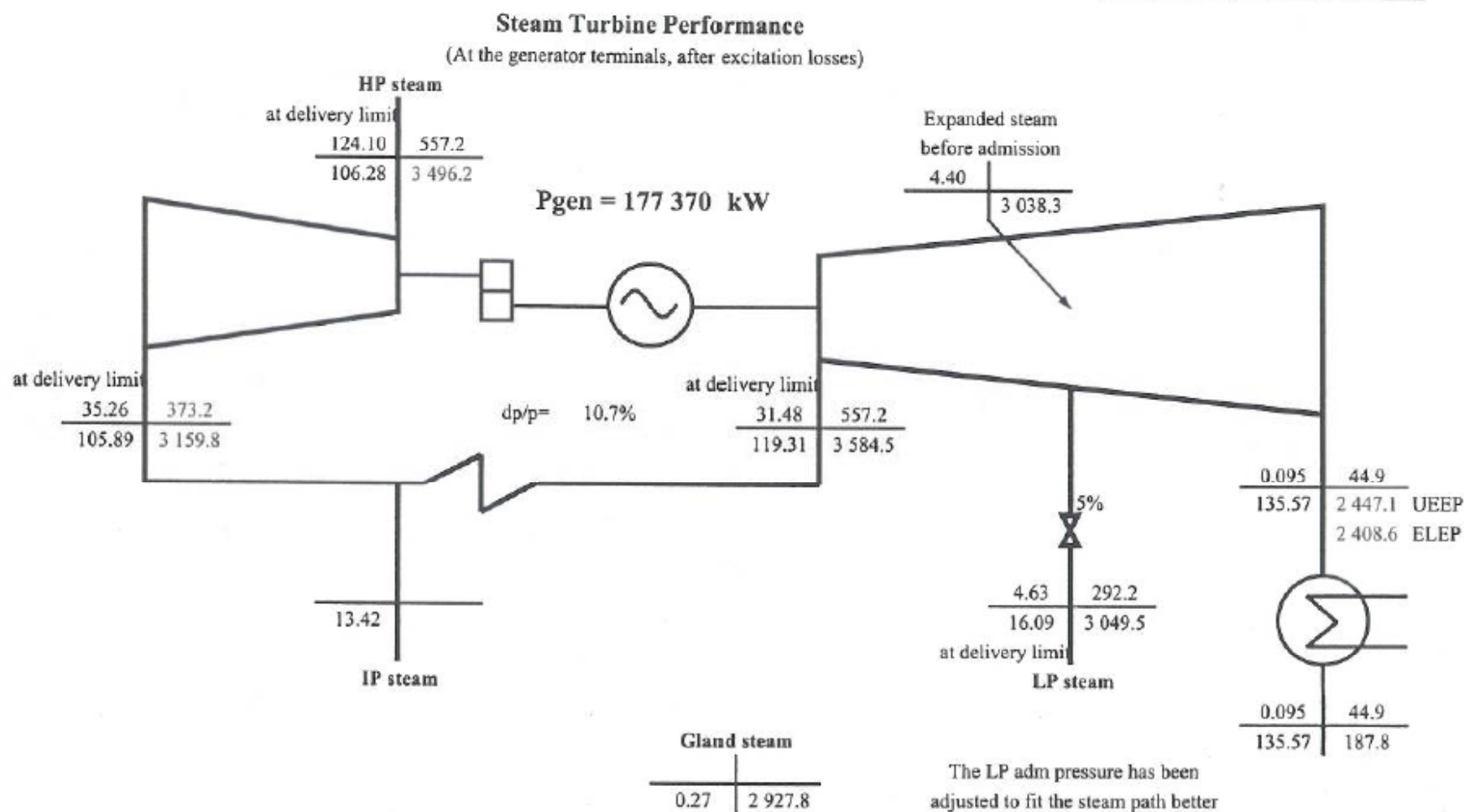
Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Calderas recuperadoras de calor (HRSG)

Fabricante: Cerrey

Procedencia: México

Producción total de vapor: 106,3
kg/s

Condiciones de vapor: 124 bar;
557°C



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Fabricante: Siemens

Procedencia: Suecia

Referencia: SST-900

Potencia: 169MW

Velocidad: 3600 rpm

Presión: 126 Bares (1800 Psia)

Flujo de vapor: 750 Ton/ Hora

Temperatura del vapor: 512°C

Hoy son los equipos más grandes del país instalados en una planta térmica.

Incluye un sistema de control propio de última generación y excitación estática que le da la mayor eficiencia y seguridad. Fue fabricada en un plazo estricto, y superó todas las pruebas exigidas.

Turbina de vapor



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Condensador

Condensador de superficie Holtec International con su sistema de vacío, para la condensación del vapor de agua proveniente de la Turbina IP/LP.

El condensador llegó en un buque cuyo calado ha sido el mayor en la historia que ha entrado por Bocas de Ceniza y que haya llegado a la Sociedad Portuaria de Barranquilla.



Flores IV: equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado tipo 2 TG x 1 TV

Generador

Marca: Siemens
Capacidad: 220.000 KVA
Voltaje: 16.500 V
Velocidad: 3.600 RPM
FP: 0,85
Enfriado por aire
252 Toneladas



Flores IV: equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado tipo 2 TG x 1 TV

Torre de enfriamiento

Torre de enfriamiento con capacidad de circulación de agua de 168.000 GPM (636 m³/min), GEA Power Cooling.

Es la torre de enfriamiento más grande de Colombia y la segunda en Latinoamérica.



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Sistema de clarificación

Sistema de clarificación completo: clarificador, tanque de agua clarificada (4.170 m³) más una planta de tratamiento de lodos y de efluentes.



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Transformador principal

Marca: Siemens

Procedencia: Colombia

Capacidad: 220.000 kVA

Voltaje : 230/16.5 kV

Tipo: ONAN/ONAF

El transformador es el mayor en capacidad fabricado en Colombia por Siemens o cualquier otro productor de transformadores.



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Flores IV incorporó el sistema de Control Distribuido de última generación más moderno, seguro y flexible ; el Sistema Ovation de Emerson Control Process.

Se soporta en aplicaciones de redes neuronales aplicadas al monitoreo y control de activos de producción de energía eléctrica con los niveles de auto- recomposición, redundancia y seguridad de mayor avanzada.

Incorpora el Software AMS -Asset Management System- que permite acceder en tiempo real y mediante buses digitales, la instrumentación clave de la planta y por tanto hacer gestión oportuna de los activos mediante un verdadero mantenimiento predictivo.

Sistema de control



Equipos y proceso de generación de energía del ciclo combinado 2 x 1

Sistema de control

La instrumentación instalada es del tipo inteligente con las plataformas tecnológicas Foundation Field Bus, Profibus y Hart, consistentes con las funciones de autodiagnóstico, información en línea y seguridad operativa del Ovation.

Almacenamiento de datos en Discos Duros apilables, redundantes y accesables en línea tanto para registros de eventos como para información de alarmas lo que hace innecesario su impresión.

Aumento significativo en la seguridad y flexibilidad de la operación al permitir el uso de estaciones de operación que pueden manejar hasta cuatro monitores simultáneos y con el comando de todas las unidades de generación de la planta desde una ó varias de las unidades.

Dimensión de las obras ejecutadas



Caldera HRSG 2 – Armado de refuerzo para losa de piso



Equipo	Cantidades refuerzo (ton)	Volumen concreto (m ³)
Calderas	97	1.200
Turbogrupo	81	960
Torre enfriamiento	650	4.800
Total	828	6.960

Dimensión de las obras ejecutadas



Equipo	Cantidades estructuras/ Cableado
Puente tuberías	230 ton
Casa máquinas (pasarelas y mezzanines)	560 ton
Material soldadura	5 ton
Cable de potencia	72.000 m
Fibra óptica	26.500 m
Equipo	Pesos (ton)
Turbina	139
Generador	252
Transformadores	242
Caldera HRSG 2	1.527
Caldera HRSG 3	1.472
Chimeneas (H: 53,4m)	272
Total	3904

Otras obras asociadas al proyecto

Además de la generación, el proyecto Flores IV incluye una modificación importante a nivel de subestaciones de 110 y 220kV.

Montaje de doble barra en la subestación 110KV e independencia de la bahía de conexión del transformador auxiliar para Flores IV.

Adición del campo de sincronismo de Flores IV a la doble barra de 220KV.



Subestación encapsulada - 110kV



Subestación encapsulada - 220kV

Suministro y montaje de bahías de 110 y 220 KV para un nuevo autotransformador de 150 MW suministrado por Electricaribe

Actualización a sistemas de última generación de las protecciones y el sistema de control para las bahías de la barra Flores I e instalación de módulos de seccionamiento para las barras 1 y 2 a 110 KV.

RETOS É INCIDENCIAS AFRONTADOS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

La interfase entre dos turbinas de gas de diferente modelo y tamaño en un solo ciclo combinado, y particularmente uno del tamaño de Flores IV, fue todo un reto tecnológico y logístico sin antecedentes que , aunque lleno de situaciones imprevistas particularmente alineadas y casos de fuerza mayor, permitió extraer la mayor eficiencia energética de ésta configuración.

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

El 23 de abril de 2009 se presenta estallido de la epidemia de gripa aviar causada por el virus AH1N1 en plena fabricación de las calderas recuperadoras en Cerrey

El Gobierno de ese País declaro cese total de actividades en las Industrias por 5 días hábiles , atraso que conllevó a 5 días adicionales para la normalización del rendimiento de la fábrica y el efecto de la alteración en la secuencia prevista de actividades en sitio.

En mayo de 2009 se presenta inundación del lote del proyecto por desbordamiento de arroyos cercanos, lo que generó daños en la construcción de la piscina de torre enfriamiento.



Casa máquinas Flores IV – Interior

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS



Torre enfriamiento – Construcción de estructura interior en concreto



Torre enfriamiento – Comisionamiento sistema enfriamiento

El 7 de mayo de 2009 se presenta rotura del cigüeñal del barco procedente de Shangai, China que transportaba las cubiertas del HRSG de FLORES II y la Chimenea y Estructura del HRSG de FLORES III elementos que eran la ruta crítica del proyecto.

Esto ocasionó un retraso de 65 días en la llegada de esta carga crítica a la Obra durante los cuales no se podía iniciar el montaje de la HRSG 2 ni iniciar la instalación de la chimenea HRSG 3

Además ocasionó unos 55 días posteriores de atraso por la pérdida de rendimiento debida entre otras cosas, al hecho de tener que realizar en secuencia y no simultáneamente tareas críticas como la soldadura del cubierta del HRSG 2 junto con el montaje de vigas y HARPS del HRSG 3.

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS



El tener más tiempo ocupada el área de operación de las grúas entre las dos calderas recuperadoras, ocasionó a su vez un retraso en la ejecución de las obras del banco de ductos provenientes de los principales tableros alimentadores; así como la construcción de las obras civiles situaciones que incidieron notablemente en el cronograma de construcción.

El tener hasta un pico máximo de 650 trabajadores en la estrecha área disponible de Termoflores, fue sin duda un gran reto para la coordinación de las maniobras y labores así como para la seguridad en el trabajo.



RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

En el año 2009 se presentó un fenómeno El Niño en Colombia de características severas y prolongadas que obligó a las unidades 2 y 3 a cumplir permanentes despachos en momentos en que se realizaban actividades cruciales en la zona de interface con las obras.



El ruido , vibraciones y las altas temperaturas por el calor radiante de las unidades operando ocasionaron afectación al rendimiento de los trabajadores por el aumento en las medidas de seguridad industrial.

Además, por razón del riesgo de ocasionar disparo a las unidades en operación, fue necesario realizar excavaciones a mano en lugar de hacerlo con máquina.

Para respaldar las OEF durante el tiempo de atraso generado por estos imprevistos, fue necesario recurrir al Sistema para comprar energía de respaldo, a precios muy por encima del promedio de bolsa debido a la desafortunada coyuntura de hidrología crítica.

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

Sin embargo, los altos estándares de seguridad permitieron tener niveles de accidentalidad prácticamente nulos a pesar de haber laborado más de 2.000.000 horas hombre, un total 727 empleados durante la construcción y un pico de 650 personas.

Este personal estuvo trabajando simultáneamente en un área reducida de menos de dos (2) Hectáreas con grandes equipos de izaje (4 x 400 Toneladas) operando también en el área .

En contraste con el Niño del año anterior, en 2010 se desató una época de intensas lluvias en la zona del Proyecto lo cual obligó al personal de la obra a suspender actividades a la intemperie como montajes de tuberías, estructuras metálicas y soldaduras de los haces de tuberías de las calderas, en ocasiones varias veces a la semana.

RETOS AFRONTADOS É INCIDENCIAS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO SUI GÉNERIS

Después de poner en servicio el ciclo combinado con Flores II más la nueva turbina de vapor se encontró un que un dimensionamiento inadecuado de las bombas de condensado principal no permitía dar el flujo necesario para la producción total de vapor requerido para la operación completa con Flores 2 y 3. Retraso de dos meses.

Esto obligó a realizar obras de emergencia para suministrar el rendimiento esperado con las bombas existentes modificadas y conectadas en serie, mientras se recibían las bombas definitivas cuyo tiempo de entrega era de unos ocho meses lo cual impactó en dos meses adicionales la puesta en servicio de la unidad.

Finalmente y cuando se estaba en la fase final de puesta en servicio, XM realizó un modelamiento preventivo de despacho con la entrada plena de Flores IV y encontró que el sistema de Transmisión Nacional y Regional no tendrían la capacidad de evacuar la totalidad de la energía indicada en el contrato de conexión, 450 MW, por lo cual se producirá un techamiento del despacho de la planta en ciertas condiciones del demanda regional.

Impacto general del proyecto Flores IV para el País y precedentes alcanzados

Aspectos sobresalientes del proyecto Flores IV:

A pesar de los múltiples retos afrontados, el proyecto se concluyó en un tiempo de 30 meses de construcción, muy por debajo de los plazos típicos de construcción estándares de plantas de ciclo combinado 2 x 1 de tamaño similar (36 meses); y con una desviación presupuestal mínima dadas las numerosas incidencias presentadas.

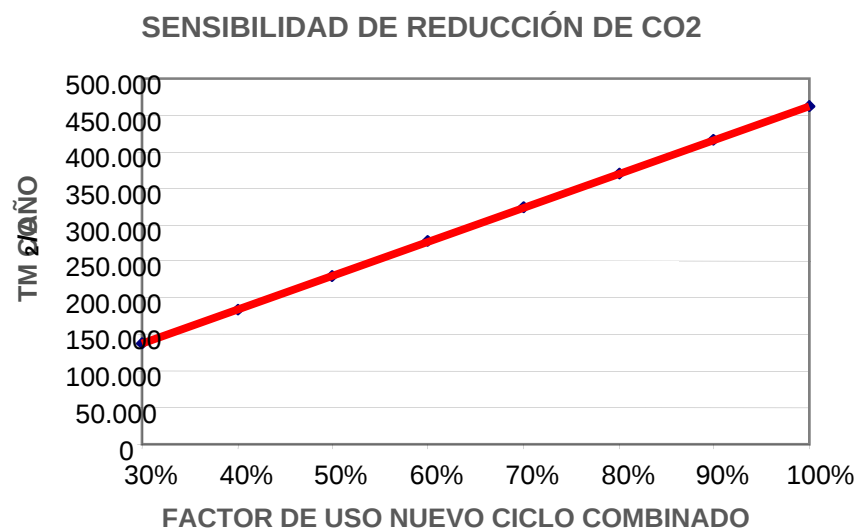
Se logró el objetivo de aumentar en un 49% la eficiencia térmica de la planta, la cual aumentó del 33% ponderado en los dos ciclos simples anteriores al 51% en la nueva unidad Flores IV contribuyendo sustancialmente al aprovechamiento del limitado recurso natural del gas combustible.

Aspectos sobresalientes del proyecto Flores IV

El proyecto permitió reducir en un 70% las emisiones de NOx.

La temperatura de los gases calientes a la salida de las chimeneas se redujeron en 412°C en Flores II y en 488°C en Flores III.

En general la huella ambiental por KWh generado de Termoflores se reduce debido a la instalación de las dos calderas recuperadoras de calor que le permiten generar 169 MW adicionales sin un consumo adicional significativo de combustible.



La operación de éste eficiente Ciclo Combinado permitirá la reducción anual de emisiones de 460,000 Toneladas de CO2.

Hitos alcanzados por el país con el proyecto Flores IV:

Flores IV fué el primer proyecto en la historia del País que recibió del gobierno el Cargo por Confiabilidad durante 10 años en el año 2007

La gestión de Celsia ante la IFC, Filial del Banco Mundial; permitió ser el primer proyecto financiado enteramente sobre la base del nuevo esquema de remuneración.

Este precedente constituyó a la vez un respaldo del Banco Mundial al Gobierno Colombiano en el esquema de Cargo por Confiabilidad como estrategia clave para evitar racionamientos de energía en el país y estabilizar los precios de la energía eléctrica.

Conseguir el respaldo del IFC permitió también despejar los temores a la inestabilidad regulatoria durante la vida del proyecto.

Termoflores fue la primera empresa de Generación en conseguir el estatus de Zona Franca Especial permanente por la generación de nuevos empleos y la alta inversión en infraestructura para el país

Aspectos sobresalientes del proyecto Flores IV:

Finalmente, se superaron los parámetros de diseño calculados para el proyecto, continuando con la historia de éxitos constructivos que inició la Planta de Zona Franca Celsia desde el mes de Octubre de 1.993, aportando al país, con esquemas siempre innovadores y mediante inversión privada; confiabilidad en el suministro de energía; beneficios ambientales tangibles y aportes sociales.



Fecha: 07/08/2011 - 10:38am

Capacidad Efectiva Neta: **454.907 kW**

Heat Rate: **6.712 BTU/kWh**

Flores IV: *La historia de una Realidad*



Gracias

Carlos Alberto Salazar
Dirección de Innovación
csalazar@celsia.com

www.celsia.com

Una empresa del Grupo Argos

