

# Acta de la Prueba Pruebas de Consumo Específico de las Unidades Generadoras Angamos 1 y Angamos 2

## Coordinador Eléctrico Nacional

**Referencia del Cliente:** Pruebas de Consumo Específico de las Unidades Generadoras Cochrane 1, Cochrane 2, Angamos 1, Angamos 2, Norgener 1 y Norgener 2

**Doc No:** 19-0097

**Fecha de emisión:** 2019-11-29

**Fecha de última revisión:**





**Detalles del Cliente**

Nombre del Cliente: Coordinador Eléctrico Nacional  
 Dirección del Cliente: Teatinos 280, Piso 11°  
 Santiago, Chile

Persona de contacto: Nelson Adolfo Jiménez Vargas

**Detalles de Certa Veritas**

Entidad Legal: CerTa Veritas B.V. (former KEMA PTM)  
 Dirección: 't Veld 13, 6666 MK  
 Heteren, los Países Bajos  
 Telefono: +31 6 1506 3348

**Sobre este documento**

Título de la proyecto: Pruebas de Consumo Específico de las Unidades Generadoras Cochrane 1, Cochrane 2, Angamos 1, Angamos 2, Norgener 1 y Norgener 2

Título de la acta: Pruebas de Consumo Especifico de las Unidades Generadoras Angamos 1 y Angamos 2

Fecha de emisión: 2019-11-29

Fecha de última revisión:

Protocolo No.: 19-0097

Tarea y objetivo

Preparado por: Aprobado por:

  
 M.J.G Snippert  
 Experto Técnico

S.P.N van Rijen  
 Experto Técnico

- Distribución ilimitada (interna y externa)
- Distribución ilimitada dentro de CerTa Veritas
- Distribución limitada dentro de CerTa Veritas después de 3 años
- No distribución (confidencial)
- Secreto

No está permitida la referencia a partes de este informe que puedan dar lugar a interpretaciones erróneas.

Rev. No.	Fecha	Motivo de la emisión	Preparado por	Aprobado por
0	2019-11-29	Primera edición	M.J.G. Snippert	S.P.N. Rijen



## Índice

1	INTRODUCTION / INTRODUCCIÓN .....	1
2	TEST PROGRAM HEAT RATE TESTS / PROGRAMA DE PRUEBAS CEN .....	2
3	OBSERVATIONS BEFORE AND DURING THE TESTS / OBSERVACIONES ANTES Y DURANTE LAS PRUEBAS .....	3
Anexo A	Participants / Participantes	

## 1 INTRODUCTION / INTRODUCCIÓN

In close operation and by order of AES Gener S.A., the net heat rate measurements at Angamos Unit#1 and Angamos Unit#2, as per Coordinador Eléctrico Nacional (the Coordinator) requirement, have been conducted by CerTa Veritas (- former PTM team of KEMA -) as an independent party in the period from the 25<sup>th</sup> of November 2019 until the 28<sup>th</sup> of November 2019.

En estrecha operación y por orden de AES Gener S.A., las mediciones de consumo específico neto (CEN) en las Unidades Angamos #1 y Angamos #2, según el requerimiento del Coordinador Eléctrico Nacional (el coordinador), han sido realizadas por CerTa Veritas (-antiguo equipo del PTM de KEMA-) como independiente parte en el período comprendido entre el 25 de noviembre de 2019 y el 28 de noviembre de 2019.

The test procedure, with reference 19-0081 Protocolo de Pruebas CEN de Las Unidades Generados Angamos 1 y Angamos 2, dated the 16<sup>th</sup> October 2019, which has been agreed by parties involved, has been used as a guideline.

Se ha utilizado como guía el procedimiento, con referencia 19-0081 Protocolo de Pruebas CEN de Las Unidades Generadores Angamos #1 y Angamos #2, fechado el 16 de octubre de 2019, mismo que ha sido acordado por las partes implicadas.

The purpose of the heat rate test is to determine the net heat rate (Consumo Especifico Neto, CEN) of the unit according to the requirements of the Coordinator. To fulfil the Coordinator requirements, the heat rate is corrected and adjusted for the common auxiliaries, support auxiliaries and facilities, which are not directly involved to produce fuel related net electrical power of the unit.

El propósito de la prueba de consumo específico es determinar el Consumo Específico Neto (CEN o Heat Rate) de la unidad de acuerdo con los requisitos del Coordinador. Para cumplir con los requisitos del Coordinador, el Consumo Específico Neto es corregido y ajustado para los auxiliares comunes, auxiliares de soporte e instalaciones que no están directamente involucrados en la producción de energía eléctrica neta relacionada con el combustible de la unidad.

In this report the observations are presented of the conducted heat rate tests of Angamos Unit#1 and Angamos Unit#2. The results of these test will be presented in separate report.

En este informe se presentan las observaciones de las pruebas de CEN realizadas en las Unidades Angamos #1 y Angamos #2. Los resultados de estas pruebas se presentarán en un informe separado.

## 2 TEST PROGRAM HEAT RATE TESTS / PROGRAMA DE PRUEBAS CEN

The net specific consumption determination test is performed at Angamos Unit #1. This test is performed as follows:

La prueba para determinar el consumo específico neto se llevó a cabo en la en la Unidad Angamos #1. Esta prueba fue realizada de la siguiente manera:

### Tuesday 8<sup>th</sup> of October/ martes 8 de octubre

Numero de Prueba	Potencia bruta (MW)	Inicio Prueba	Termino Prueba
1	147	14:30	16:30
2	116	18:30	20:30
3	81	12:15	14:15

The net specific consumption determination test is performed at Angamos Unit #2. This test is performed as follows:

La prueba para determinar el consumo específico neto se llevó a cabo en la en la Unidad Angamos #2. Esta prueba fue realizada de la siguiente manera:

### Wednesday 9<sup>th</sup> of October/ miercoles 9 de octubre

Numero de Prueba	Potencia bruta (MW)	Inicio Prueba	Termino Prueba
1	147	11:15	13:15
2	116	16:30	18:30
3	81	11:30	13:30

### 3 OBSERVATIONS BEFORE AND DURING THE TESTS / OBSERVACIONES ANTES Y DURANTE LAS PRUEBAS

With respect to the execution of the heat rate test measurements and the heat rate test measurements itself, the following observations have been perceived:

Con respecto a la ejecución de las mediciones de las pruebas de CEN y las mediciones de las pruebas de CEN en sí, se han percibido las siguientes observaciones:

- Prior to the heat rate tests, on Thursday the 21<sup>st</sup> of November 2019 and on Friday 22<sup>nd</sup> of November 2019 several meetings with Operations, Laboratorio Combustibles and Instrumentation were attended to coordinate the heat rate test. Special attention was made to the data collection and the of the electric measurements for the power consumption which not belong to the unit according the technical annex.

El jueves 21 de octubre y el viernes 22 de octubre, antes de llevarse a cabo las pruebas del consumo específico se lleven a cabo, se asistió a varias reuniones con "Operaciones y Laboratorio Combustibles e Instrumentación" para coordinar las pruebas CEN. En estas reuniones, se prestó especial atención a la recopilación de datos y de las medidas eléctricas para el consumo de energía que no pertenecen a la unidad según el anexo técnico.

- During the test days the boiler was fired with a coal of 100% Drummond coal (Columbia).

Durante los días de prueba, la caldera se encuentra consumiendo carbón de 100% Drummond (Columbia).

- In the night before the test days the normal soot blowing schedule was performed. It was not necessary to clean the condenser.

Durante la noche previa a los días de prueba, se programa el soplado de hollín de la caldera, el cual fue ejecutado de forma normal. Y no fue necesario limpiar el condensador.

- In the early evening before the test days the silos of the units where filled up ( $\approx$  450 - 550 ton) to have enough coal to perform the test.

Temprano en la noche, previa de la ejecución de la prueba los silos de las unidades fueron llenados ( $\approx$  450 - 550 ton) para tener suficiente carbón para llevar a cabo la ejecución la prueba.

- Before the start of each test of the day, a small isolation was carried out like closing the continuous blow down was closed manual.

Antes del inicio de cada prueba, la purga continua del domo se cerró manualmente.

- At the site there was no weather station installed to measure the environmental conditions (P, T, RH) and therefore the environmental conditions were measured by means of a manual device every 20 minutes.

En el sitio no se instaló ninguna estación meteorológica para medir las condiciones ambientales (P, T, RH), por lo que las condiciones ambientales se midieron con un dispositivo manual cada 20 minutos.

- For the measuring of the emissions, temperature, O<sub>2</sub> and CO at the outlet from the air heater it was not possible to measure the temperature at 15 points, in each outlet duct. This because there was only one emission device available with a temperature lance which was not long enough to measure the

temperature at the required depth. The temperature was only measured at 10 points in each outlet duct two times in the two hours test.

Para la medición de la temperatura de emisiones, O<sub>2</sub> y CO en la salida del calentador de aire no fue posible medir (T, O<sub>2</sub> y CO) en 15 puntos, en cada conducto de salida y dos recorridos completos en la prueba de dos horas.

Esto fue debido a que sólo había un dispositivo de emisión disponible con una lanza de temperatura que no era lo suficientemente larga para medir la temperatura a la profundidad requerida. La temperatura sólo se midió en 10 puntos de cada conducto de salida dos veces en las dos horas de prueba.

### 3.1. Observaciones antes y durante las pruebas Angamos #1

- On Tuesday the 26<sup>th</sup> of November, a water/steam leakage test was performed. From 10:00 till 11:00 hour the cycle isolation test was executed; the cycle losses were determined on 0.8 kg/s.

El martes de 26 de noviembre se realizó una prueba de hermeticidad del sistema agua/vapor. Desde las 10:00 hasta las 11:00 horas se realizó la prueba de aislamiento del ciclo; las pérdidas del ciclo se determinaron en 0.8 kg/s.

- During the first test (147 MW) the coal mills B, C and D where in service, and during the two other tests (116 and 81 MW) the coal mills C and D where in service.

Durante la primera prueba (147 MW), los molinos de carbón B, C y D estuvieron en servicio y durante dos otra la pruebas (116 and 81 MW), los molinos de carbón C y D estuvieron en servicio.

- During the test day the steam coil air heaters were not in service, this is normal operation for this unit.

Durante el día de prueba, los calentadores de aire del serpentín de vapor no estuvieron en servicio, esta condition es normal para la operación de esta unidad.

- During the second test (116 MW) two feedwater pumps were needed for operation, this is one more than described in the protocol. The feedwater flow was higher at this load than the maximum flow of one feedwater pump.

Durante la segunda prueba (116 MW) se necesitaron dos bombas de agua de alimentación para la operación, esta es una más de las descritas en el protocolo. El caudal de agua de alimentación era mayor con esta carga que el caudal máximo de una bomba de agua de alimentación.

- Before the start of the last test (80 MW), the auxiliary steam valve from the 3 superheater (steam) to the deaerator was manual closed. So, the auxiliary steam needed for the deaerator was supplied from steam turbine extraction no. 3.

Antes del inicio de la última prueba (80 MW), la válvula de vapor auxiliar del tercer sobrecalentador (vapor) al desaireador y a los calentadores de aire del serpentín se cerró manualmente. Por lo tanto, el vapor auxiliar necesario para la desaireador fue suministrado por la extracción de la turbina de vapor no 3.

- During the tests the temperature of the superheated steam was between 562°C and 568°C the re-heat steam temperature was between 555°C and 564°C.

Durante las pruebas, la temperatura del vapor sobrecalentado alcanzó entre de 562°C y 568°C y para el vapor recalentado la temperatura del vapor fue entre de 555°C and 564°C.

- During the tests, the temperatures measured with the portable device at the outlet from the air heater were too low then you will expect normally and can therefore not be used for the validation of the heat rate.

Durante las pruebas, las temperaturas medidas con el dispositivo portátil a la salida del calentador de aire fueron demasiado bajas de lo que se espera normalmente y, por lo tanto, no se pueden utilizar para la validación de consumo específico neta.

### 3.2. Observaciones antes y durante las pruebas Angamos #2

- On Wednesday the 27<sup>th</sup> of November, a water/steam leakage test was performed. From 09:00 till 10:15 hour the cycle isolation test was executed; the cycle losses were determined on 0.8 kg/s.

El miércoles de 27 de noviembre se realizó una prueba de hermeticidad del sistema agua/vapor. Desde las 09:00 hasta las 10:15 horas se realizó la prueba de aislamiento del ciclo; las pérdidas del ciclo se determinaron en 0.8 kg/s.

- During the first test (147 MW) the coal mills B, C and D where in service, and during the two other tests (116 and 81 MW) the coal mills C and D where in service.

Durante la primera prueba (147 MW), los molinos de carbón B, C y D estuvieron en servicio y durante dos otra las pruebas (116 and 81 MW), los molinos de carbón C y D estuvieron en servicio.

- During the test day the steam coil air heaters were not in service, this is normal operation for this unit.
- Durante el día de prueba, los calentadores de aire del serpentín de vapor no estuvieron en servicio, esta condition es normal para la operación de esta unidad.
- On Wednesday the 27<sup>th</sup> of November it was not possible to shut down the desalination plant due too low water level. De auxiliary power consumption for the desalination plant was measured separate and the auxiliary steam was supplied by Angamos unit#1.

El miércoles 27 de noviembre no fue posible cerrar la planta desalinizadora debido a un nivel de agua demasiado bajo. El consumo de energía auxiliar para la planta desalinizadora se midió por separado y el vapor auxiliar fue suministrado por la unidad Angamos #1.

- During the first test (147 MW) one cooling tower fan had to shut down, but the spare fan was started up.

Durante la primera prueba (147 MW), un ventilador de torre de refrigeración debió ser detenido, pero el ventilador de repuesto se puso en marcha.

- During the second test (116 MW) two feedwater pumps were needed for operation, this is one more than described in the protocol. The feedwater flow was higher at this load than the maximum flow of one feedwater pump.

Durante la segunda prueba (116 MW) se necesitaron dos bombas de agua de alimentación para la operación, esta es una más de las descritas en el protocolo. El caudal de agua de alimentación era mayor con esta carga que el caudal máximo de una bomba de agua de alimentación.

- Before the start of the last test (80 MW), the auxiliary steam valve from the 3 superheater (steam) to the deaerator was manual closed. So, the auxiliary steam needed for the deaerator was supplied from steam turbine extraction no. 3.



Antes del inicio de la última prueba (80 MW), la válvula de vapor auxiliar del tercer sobrecalentador (vapor) al desaireador y a los calentadores de aire del serpentín se cerró manualmente. Por lo tanto, el vapor auxiliar necesario para la desaireador fue suministrado por la extracción de la turbina de vapor no 3.

- During the tests the temperature of the superheated steam was between 561°C and 566°C the re-heat steam temperature was between 561C and 571°C.

Durante las pruebas, la temperatura del vapor sobrecalentado alcanzó entre de 561°C y 566°C y para el vapor recalentado la temperatura del vapor fue entre de 561°C and 571°C.



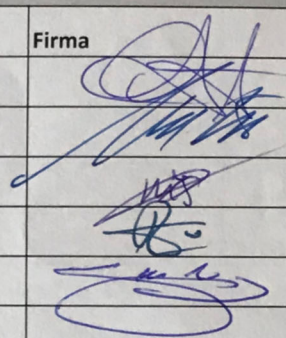
---

## **APÉNDICE A PARTICIPANTS / PARTICIPANTES**

---

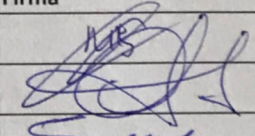
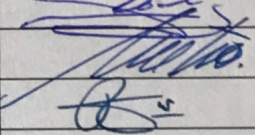
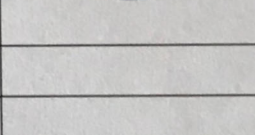
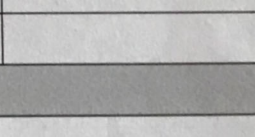
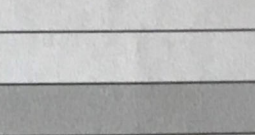


**CerTa Veritas**  
Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#1 AES Gener	
Fecha de Prueba		25-11-2019	
Nivel de Potencia		145 MW	
Participantes	Empresa	Firma	
Oscar Varela A	AES GENER		
MARCO CASTRO	AES GENER		
MATHijs Snippert	CERTA VERITAS		
Ronald Tim	PFT Consulting		
Ruben Salazar M.	AES Gener		
Hora Inicio:		14:30 hora	
Hora Termino:		16:30 hora	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			



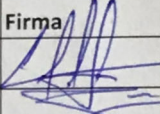
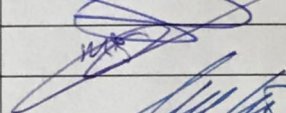
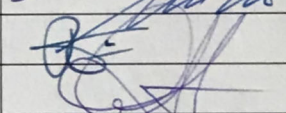
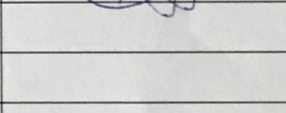
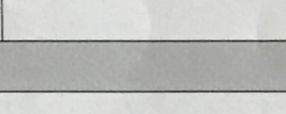
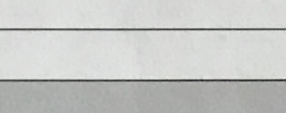
**CerTa Veritas**  
Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#1 AES Gener	
Fecha de Prueba		25-11-19	
Nivel de Potencia		115 MW	
Participantes		Empresa	Firma
MATHIP SWIPPERT		CERTA VERITAS	
OSCAR VALETA A		AES GENER	
Ruben Salazar M.		AES	
MARCO CASTRO		AES GENER	
Ronaldo Tin		PFT. Consultancy	
Hora Inicio:		18:30 HORA	
Hora Termino:		20:30 HORA	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			



CerTa Veritas

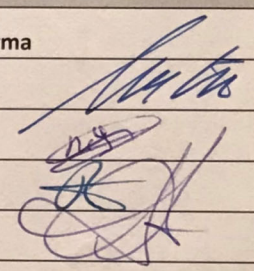
Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#1 AES Gener	
Fecha de Prueba		26-11-2019	
Nivel de Potencia		80 MW	
Participantes		Empresa	Firma
Carlos Salazar		Tama Kaya	
Ruben Salazar H.		AES Gener	
MATHIS Snippet		CERTA VERITAS	
Marco Castro		AES GENER	
Ronald Tin		PFT - Consultancy	
Oscar Vazquez		AES GENER	
Hora Inicio:		12:15 hora	
Hora Termino:		14:15 hora	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			



CerTa Veritas

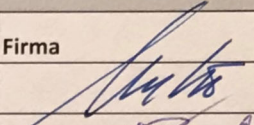
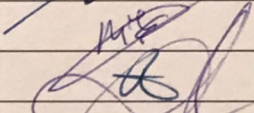
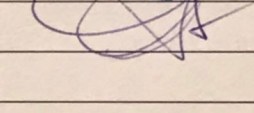
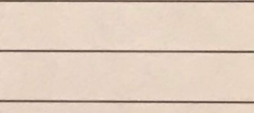
Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#2 AES Gener	
Fecha de Prueba		27-11-2019	
Nivel de Potencia		145 MW	
Participantes	Empresa	Firma	
Marco Portio	AES GENER		
MATHIS SWIPPERT	CerTa Veritas		
Ronela Tina	PFT-Consultancy		
OSCAR VARELA A	AES GENER		
Hora Inicio:		11:15 hora	
Hora Termino:		13:15 hora	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			



CerTa Veritas

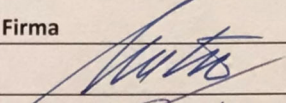
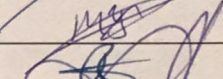
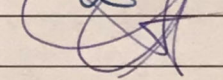
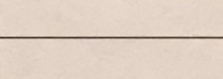
Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#2 AES Gener	
Fecha de Prueba		27-11-2019	
Nivel de Potencia		115 MW	
Participantes		Empresa	Firma
Marco Castro		AES GENER	
MATHIS Snippant		CerTa Veritas	
Ronald Tim		PFT-Consultancy	
OSCAR VALERA A		AES GENER	
Hora Inicio:		16:30 hora	
Hora Termino:		18:30 hora	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			



CerTa Veritas

Power Plant Performance Services

PRUEBA DE CONSUMO ESPECIFICO NETO			
Nombre Unidad		ANGAMOS#2 AES Gener	
Fecha de Prueba		28-11-2019	
Nivel de Potencia		80 MW	
Participantes	Empresa	Firma	
Marco Castro	AES GENER		
Mathijs Swippen	CerTa Veritas		
Ronald Tim	PFT-Consultancy		
Oscar Vivero A	AES GENER		
Hora Inicio:		11:30 hora	
Hora Termino:		13:30 hora	
HORA	POTENCIA ACTIVA [MW]	POTENCIA SS/AA [MW]	POTENCIA NETA [MW]
1			
2			
POTENCIA MEDIA			