



Thermogen Power Services Inc.

Coordinador Eléctrico Nacional

Engie Energía Chile TG3, Tocopilla Chile, Turbina de Gas en Ciclo Abierto Operando con Combustible Gas Natural y Diésel.

Pruebas de Desempeño Térmico:

Determinación de Consumo Específico según el Anexo Técnico:
"Consumos Específicos en Unidades Generadoras"

Reporte Final Revisión 00

15 de Octubre del 2019



Thermogen Power Services Inc.

Control de Revisiones

Revisión	Fecha	Descripción	Creado por	Revisado por
0.0	15/10/2019	Primera emisión	N. Ortega	JP Delia



Thermogen Power Services Inc.

Tabla de Contenidos

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2	ACTIVIDADES DE PRUEBA	3
2.1	EJECUCIÓN DE LA PRUEBA.....	3
2.2	INSTRUMENTACIÓN	4
2.3	CÁLCULOS	4
2.4	DESVIACIONES DE PRUEBA	4
3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	5
4	CONCLUSIONES.....	5
	APÉNDICE A – CURVAS DE CORRECCIÓN	A
	APÉNDICE B – CÁLCULOS.....	B
	APÉNDICE C – ANÁLISIS DE LABORATORIO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL	C
	APÉNDICE D – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	D
	APÉNDICE E – FORMA DE DESVIACIÓN DE PRUEBA.....	E
	APÉNDICE F – ACTA DE INICIO Y FIN DE PRUEBAS.....	F



1 RESUMEN EJECUTIVO

La unidad TG3 se encuentra en la Central Térmica Tocopilla (CTT) ubicada en la comuna de Tocopilla en la región de Antofagasta, al norte de Chile. La central es operada y coordinada por Engie Chile. La unidad TG3 está compuesta por una turbina de gas GE Frame 6 con una capacidad máxima declarada de 37.5MW y es capaz de operar con combustible diésel y con gas natural.

Las pruebas de consumo específico neto realizadas a la unidad TG3 operando con combustible diésel, fueron ejecutadas el día 30 de septiembre del 2019 comenzando a las 21:00hrs con una carga de 4MW y finalizando a las 02:00hrs del 01 de octubre del 2019 con una carga de 34MW. Debido a que la unidad no pudo llegar a su carga máxima declarada, se ejecutó otro punto de prueba a 37MW el día 01 de octubre del 2019 de 17:40hrs a 18:10hrs con un periodo de estabilización previo de 15 minutos.

Las pruebas de consumo específico neto operando con gas natural se realizaron el 01 de octubre del 2019 comenzando a las 20:50hrs a carga máxima y finalizaron el 02 de octubre del 2019 a las 01:45hrs con una carga de 31MW.

Los resultados obtenidos fueron corregidos a condiciones de referencia utilizando las curvas de corrección mostradas en el Apéndice A. Posteriormente los resultados para el Consumo Específico Neto fueron normalizados con base en el PCS de referencia para el combustible Diésel (i.e. 11000kcal/kg) y Gas Natural (i.e. 9300 kcal/Nm³).

Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2 para combustible diésel y gas natural respectivamente. Estos resultados fueron obtenidos con base en el poder calorífico superior PCS.

Carga [MW]	Potencia Bruta Corregida [MW]	Potencia Neta Corregida [MW]	CEN Medido [kcal/kWh]	CEN Corregido [kcal/kWh]	CEN Corregido Normalizado a PCS de Referencia 11000 kcal/kg [kg/kWh]
4	4288.13	4196.77	8785.91	8786.73	0.7988
9.4	9552.55	9446.717	5077.86	5078.62	0.4617
14.8	14770.71	14649.05	4013.20	4013.28	0.3648
20.2	20244.16	20102.42	3515.12	3515.36	0.3196
25.6	26028.84	25862.23	3217.35	3216.09	0.2924
31	30973.66	30783.84	3086.21	3085.71	0.2805
37	33908.26	33704.35	3044.16	3043.89	0.2767

Tabla 1. Resultados de prueba CEN con combustible diésel con base en el PCS.



Thermogen Power Services Inc.

Carga [MW]	Potencia Bruta Corregida [MW]	Potencia Neta Corregida [MW]	CEN Medido [kcal/kWh]	CEN Corregido [kcal/kWh]	CEN Corregido Normalizado a PCS de Referencia 9300 kcal/Nm3 [Nm3/kWh]
4	4188.78	4104.25	8787.02	8790.61	0.9639
9.4	9501.80	9399.65	4683.27	4686.39	0.5083
14.8	14871.20	14749.66	3900.00	3901.23	0.4218
20.2	20161.00	20020.24	3427.66	3429.35	0.3703
25.6	25523.253	25358.85	3259.44	3261.57	0.3519
31	30871.92	30683.02	3150.61	3152.66	0.3399
37	35237.10	35025.84	3038.12	3038.30	0.3275

Tabla 2. Resultados de prueba CEN con combustible gas natural con base en el PCS.

La prueba de consumo específico neto y los cálculos presentados en el Apéndice B fueron realizados como se establece en el procedimiento de prueba "TP604-CEN_TG3_Test-Procedure_Diesel-GN_SC_Rev01". Una combinación de instrumentación temporal y permanente fue utilizada para la recolección de los datos utilizados en los cálculos.



Thermogen Power Services Inc.

2 ACTIVIDADES DE PRUEBA

2.1 EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

Las pruebas de consumo específico neto en la unidad TG3 se llevaron a cabo en los días 30 de septiembre, 1 y 2 de octubre del 2019. Las horas de inicio y fin de cada uno de los puntos de prueba para las pruebas con combustible diésel y gas natural se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4 respectivamente.

Carga [MW]	Fecha Inicio	Fecha Fin
4	21:00 30.09.2019	21:30 30.09.2019
9.4	21:45 30.09.2019	22:15 30.09.2019
14.8	22:30 30.09.2019	23:00 30.09.2019
20.2	23:15 30.09.2019	23:45 30.09.2019
25.6	00:00 01.10.2019	00:30 01.10.2019
31	00:45 01.10.2019	01:15 01.10.2019
37	17:40 01.10.2019	18:10 01.10.2019

Tabla 3. Horario de prueba CEN con combustible diésel.

Carga [MW]	Fecha Inicio	Fecha Fin
4	21:40 01.10.2019	22:10 01.10.2019
9.4	22:25 01.10.2019	22:55 01.10.2019
14.8	23:00 01.10.2019	23:30 01.10.2019
20.2	23:45 01.10.2019	00:15 02.10.2019
25.6	00:30 02.10.2019	01:00 02.10.2019
31	01:15 02.10.2019	01:45 02.10.2019
37	20:50 01.10.2019	21:20 01.10.2019

Tabla 4. Horario de prueba CEN con gas natural.

La unidad fue probada durante un periodo de 5.2 horas continuas por tipo de combustible. Previo a cada punto de prueba la unidad operó por 15 minutos para garantizar la operación estable. Los servicios auxiliares y equipo requerido para la operación continua de la unidad permanecieron en servicio normal.

Las pruebas de consumo específico neto se llevaron a cabo de acuerdo con los lineamientos descritos en el "Anexo Técnico: Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras", así como en el procedimiento de prueba "TP604-CEN_TG3_Test-Procedure_Diesel-GN_SC_Rev01". Cualquier desviación de los lineamientos descritos en los documentos antes mencionados se encuentra detallada en las formas de desviación de prueba mostradas en el Apéndice E, así como las acciones llevadas a cabo y cualquier acuerdo entre las partes involucradas en las pruebas.



Thermogen Power Services Inc.

2.2 INSTRUMENTACIÓN

Para las pruebas de consumo específico neto con combustible diésel y gas natural, los datos requeridos fueron tomados en su mayoría por instrumentación de precisión de TGPS y Engie. La potencia bruta y el consumo de diésel fueron tomados por un medidor de potencia instalado por personal de TG3 y un medidor de flujo de tipo Coriolis. La potencia neta, el flujo de combustible gas natural y las condiciones ambientales i.e. temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica fueron medidos con instrumentación temporal de TGPS.

Para la medición del flujo de gas natural se utilizó un medidor de flujo ultrasónico FLEXIM Fluxus G601 con transductores del tipo GRP1NC3. La potencia neta fue medida con un medidor de potencia Fluke 430 de clase 2. Para las mediciones ambientales se utilizaron: un barómetro Vaisala PTB210C clase 1, un sensor de humedad relativa Vaisala HMD60YO clase 1 y cuatro RTDs Pyromation modelo R5T185L484-012-00-15-T3010-8 (1/5) clase B.

La frecuencia de muestreo para la instrumentación temporal fue de 10s y de un (1) segundo para los datos obtenidos mediante el DCS.

La composición del combustible diésel será obtenida mediante análisis de laboratorio de las muestras recolectadas durante la prueba. La composición del gas natural fue obtenida mediante el cromatógrafo de planta.

Los certificados de calibración tanto de la instrumentación temporal de TGPS como para los medidores proporcionados por Engie para las pruebas de consumo específico con diésel y gas natural se encuentran en el Apéndice D.

2.3 CÁLCULOS

Los resultados de la prueba fueron calculados tal y como se establece en la sección 8 "Resultados y Cálculos de Prueba" del procedimiento de prueba "TP604-CEN_TG3_Test-Procedure_Diesel-GN_SC_Rev01".

2.4 DESVIACIONES DE PRUEBA

Las pruebas de consumo específico neto con combustible diésel y gas natural fueron ejecutadas sin ninguna desviación mayor al procedimiento de prueba. Vale la pena mencionar que, debido a que el rango de medición de corriente de las tenazas del medidor de potencia neta proporcionado por Engie estaba por encima de los valores de corriente presentes en el punto de medición, se optó por utilizar el medidor de potencia neta de respaldo de TGPS.

Las formas de desviación de prueba pueden ser encontradas en el Apéndice E para las pruebas con combustible diésel y gas natural.



Thermogen Power Services Inc.

3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de potencia bruta corregida, potencia neta corregida, consumo específico neto medido y consumo específico neto corregido pueden ser encontrados en el Apéndice B de este documento. Los resultados fueron corregidos a condiciones de referencia por condiciones ambientales i.e. temperatura de aire de aspiración y humedad relativa, así como por la velocidad del generador. Los detalles de estos cálculos se encuentran en el mismo apéndice.

4 CONCLUSIONES

Los resultados de las pruebas de consumo específico neto con combustible diésel y gas natural mostrados en la Tabla 1 y Tabla 2 respectivamente, fueron corregidos a condiciones de referencia por condiciones ambientales i.e. temperatura ambiente y humedad relativa, así como por velocidad del generador.

El detalle de los cálculos se muestra para cada punto de prueba y tipo de combustible utilizado en el Apéndice B.



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE A – CURVAS DE CORRECCIÓN



General Electric Model 6B.03 Gas Turbine
6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel
Estimated Performances
Gas Turbine Generator(s) ONLY

Reference Conditions and Corresponding Correction Curves		Design data at reference conditions					
	Units						Values
Fuel		Liquid					
Fuel LHV	kJ/kg	42566					42 194
Load		Base & Part		Gen Term Output	kW		10 953
Diluent Injection Fluid		None		Heat Rate LHV	kJ/kWh		543
Generator Frequency	Hz	50 /60		Exhaust Temp	°C		524
Generator Power Factor	ratio	0.80		Exhaust Flow	th		
Cycle Deck Version Used		PG6581-04A-0311					
Applicable Correction Curve Sheet Numbers							
Summary Page			Sheet 1				
Reference Exhaust DP			Sheet 2				
	Units	Value	Output	Heat Rate	Exhaust Flow	Exhaust Temperature	Heat Consumption
Ambient Temperature	°C	15	Sheet 3	Sheet 4	Sheet 5	Sheet 6	Sheet 7
Ambient Relative Humidity	%	60	Sheet 8	Sheet 9	Sheet 10	Sheet 11	Sheet 12
Barometric Pressure	mbara	1013.5	Sheet 13	Sheet 14	Sheet 15	Sheet 16	Sheet 17
Shaft Speed	rpm	5163	Sheet 18	Sheet 19	Sheet 20	Sheet 21	Sheet 22
Fuel Temperature	°C	27	Sheet 23	Sheet 24	N/A	N/A	Sheet 25
Inlet Diff Pressure (On CC or @ TI)	mmH ₂ O	65	Sheet 26	Sheet 27	Sheet 28	Sheet 29	Sheet 30
Exhaust Pressure (On Control Curve)	mmH ₂ O	65	Sheet 31	Sheet 32	N/A	Sheet 33	Sheet 34
Fuel oil LHV	kJ/kg	42566	Sheet 35	Sheet 36	Sheet 37	Sheet 38	Sheet 39
Percent Load Combined Cycle ("IGV on")	%		N/A	Sheet 40	Sheet 41	Sheet 42	Sheet 43
Percent Load Simple Cycle ("IGV off")	%		N/A	Sheet 44	Sheet 45	Sheet 46	Sheet 47
Additional Notes:							
Inlet Bleed Heat not modeled in this package							
Pre-Integrated Tuning Correction Curves							
FOR INFORMATION ONLY - NOT GUARANTEED							
NOTE: These performance curves are provided for reference only and do not constitute performance guarantees at any conditions other than those listed in the contract. An additional set of site-specific curves will be issued before the performance test to which the measured performance from test conditions will be corrected.							

Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

COT Application: Version 1.36

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7620 - A
 Sheet 1

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

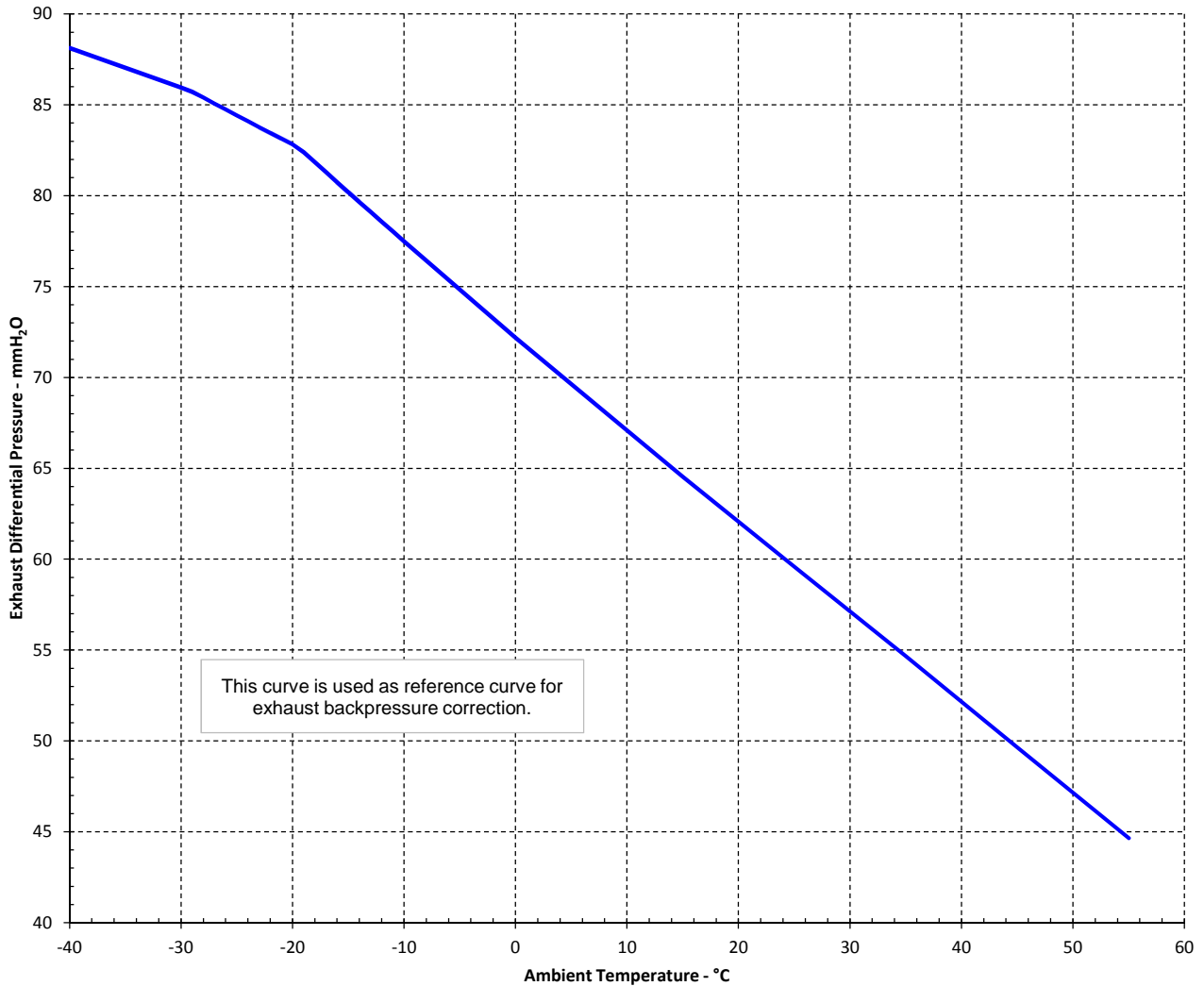
Effect of Ambient Temperature on Exhaust Pressure

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 2

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

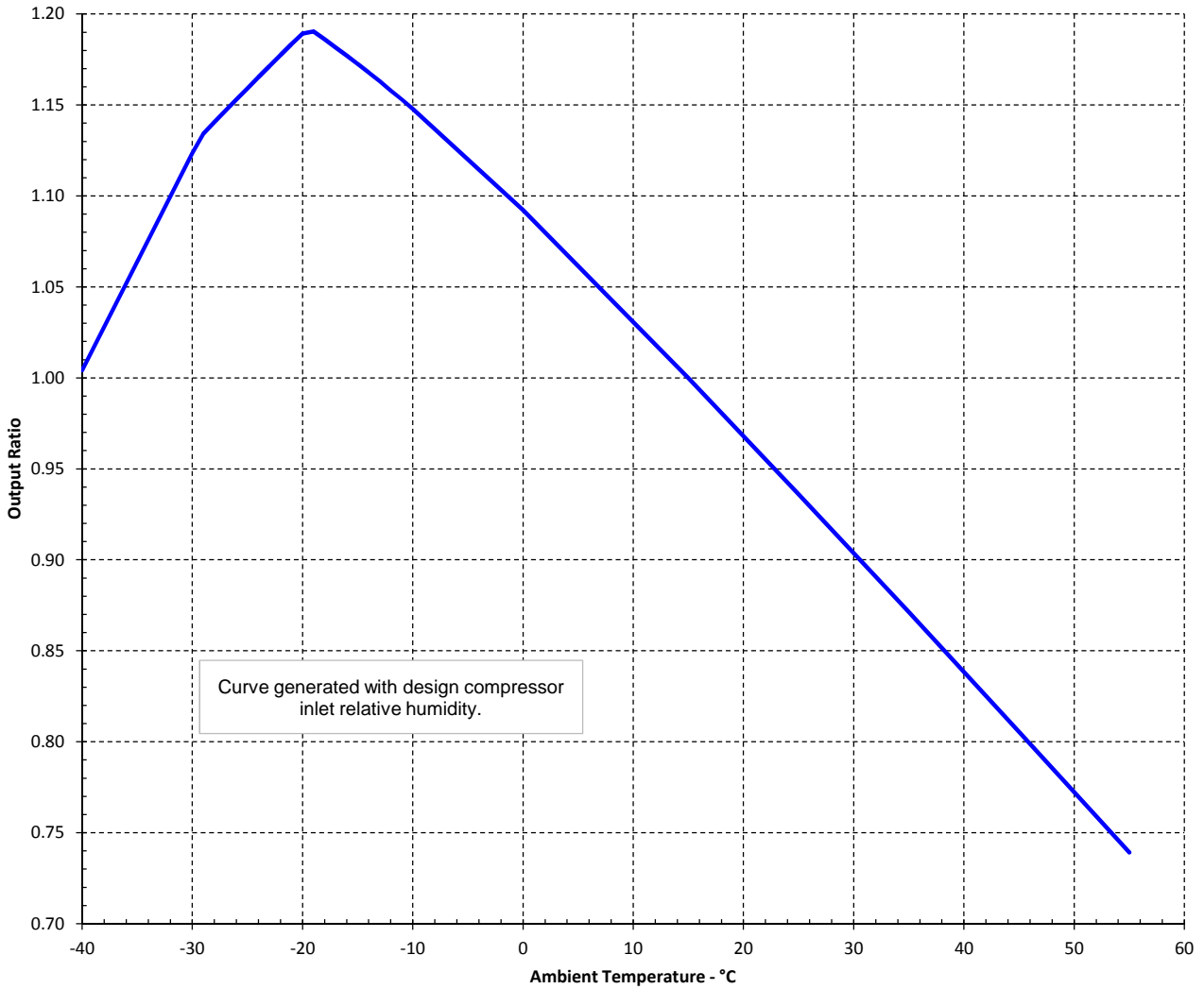
Effect of Ambient Temperature on Output

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaéтан
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 3

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

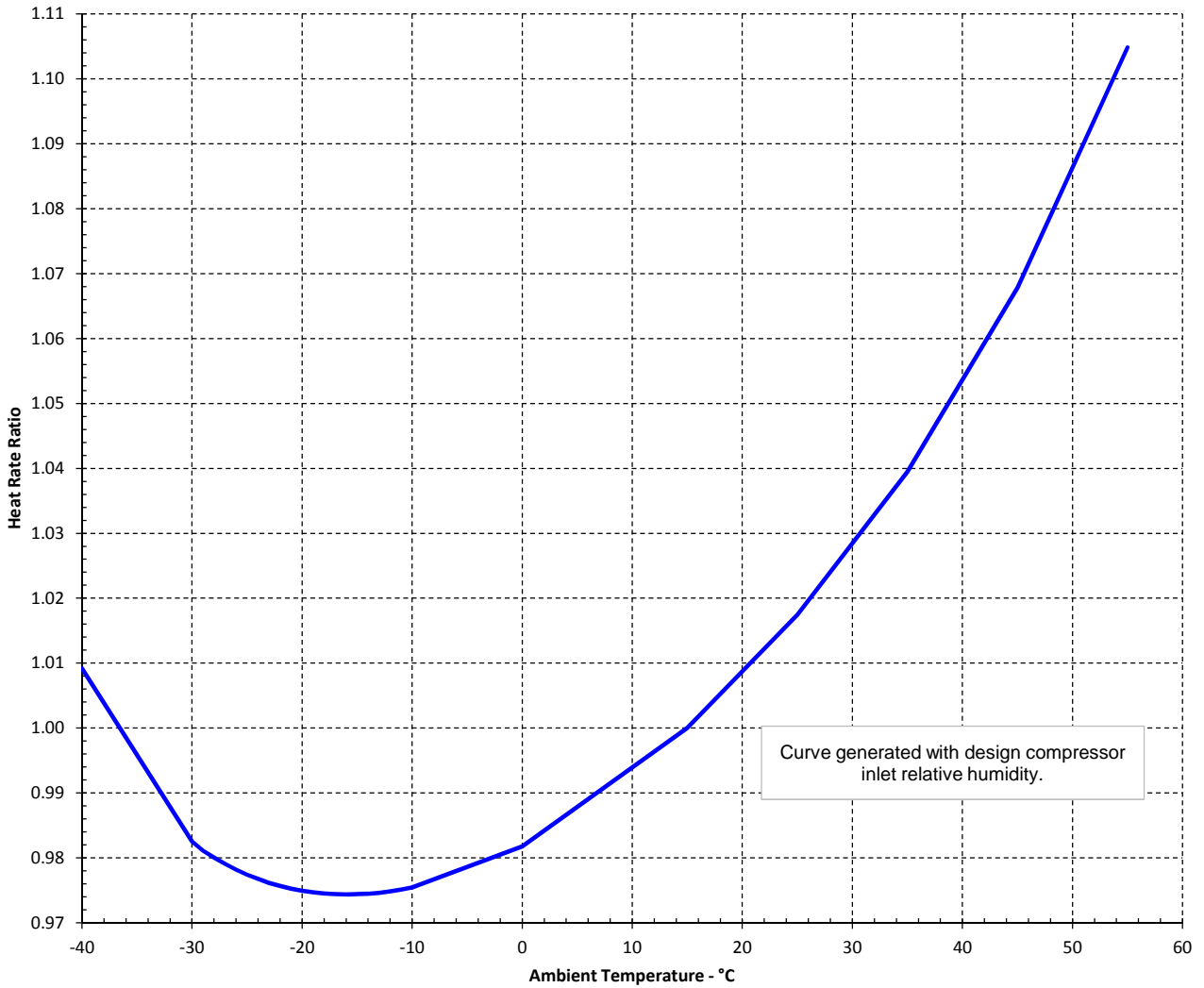
Effect of Ambient Temperature on Heat Rate

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaéтан
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 4

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

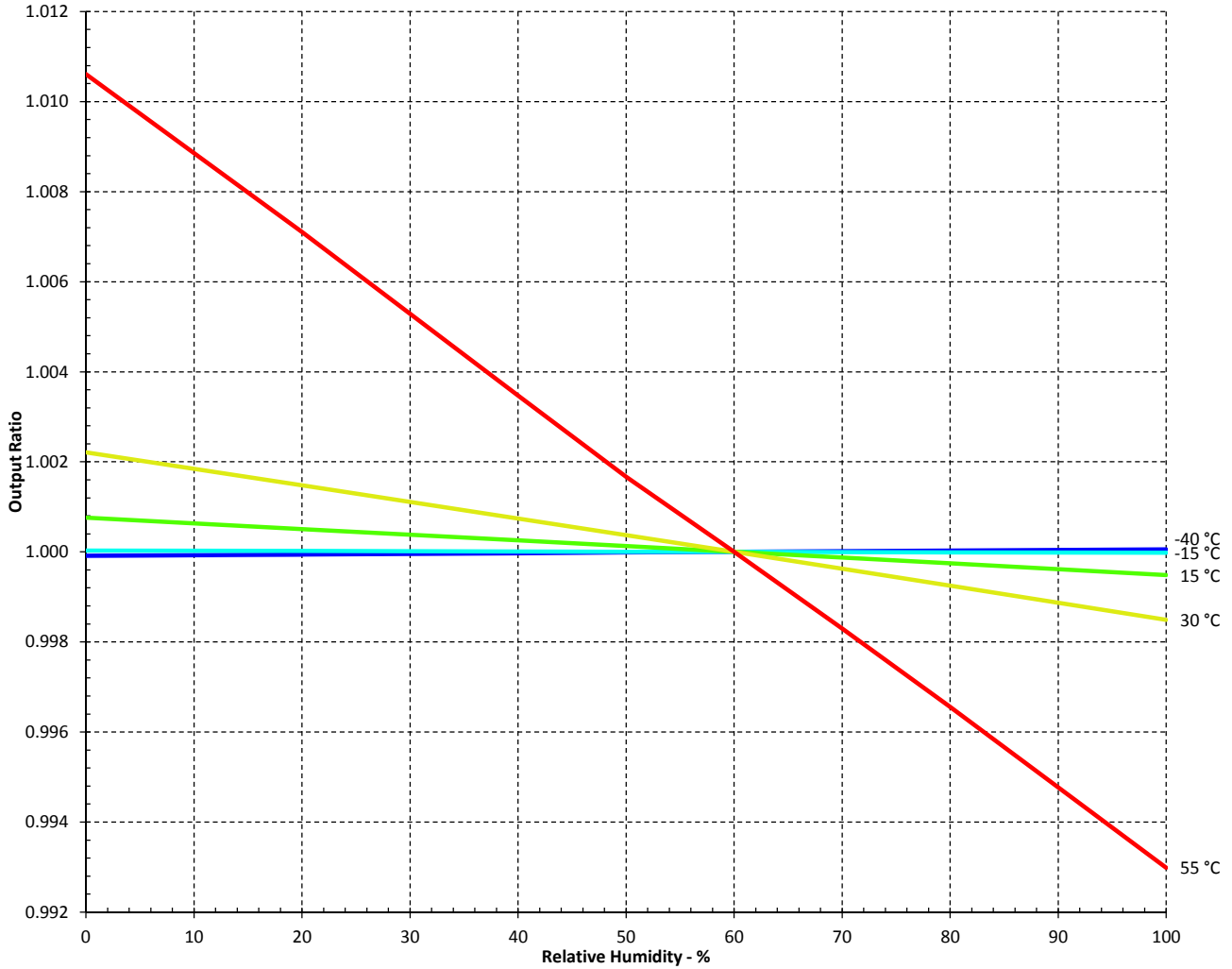
Effect of Relative Humidity on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 8

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

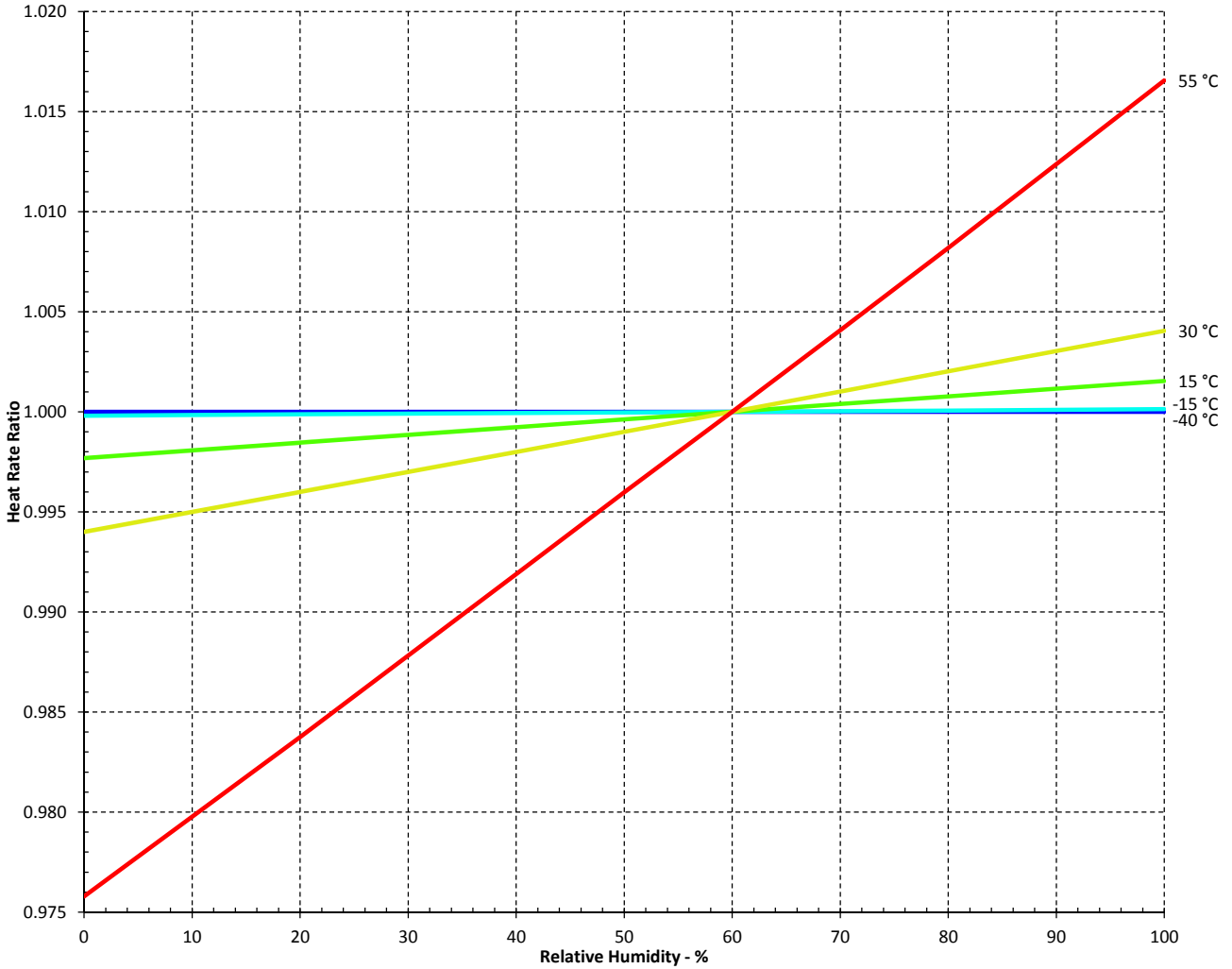
Effect of Relative Humidity on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 9

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

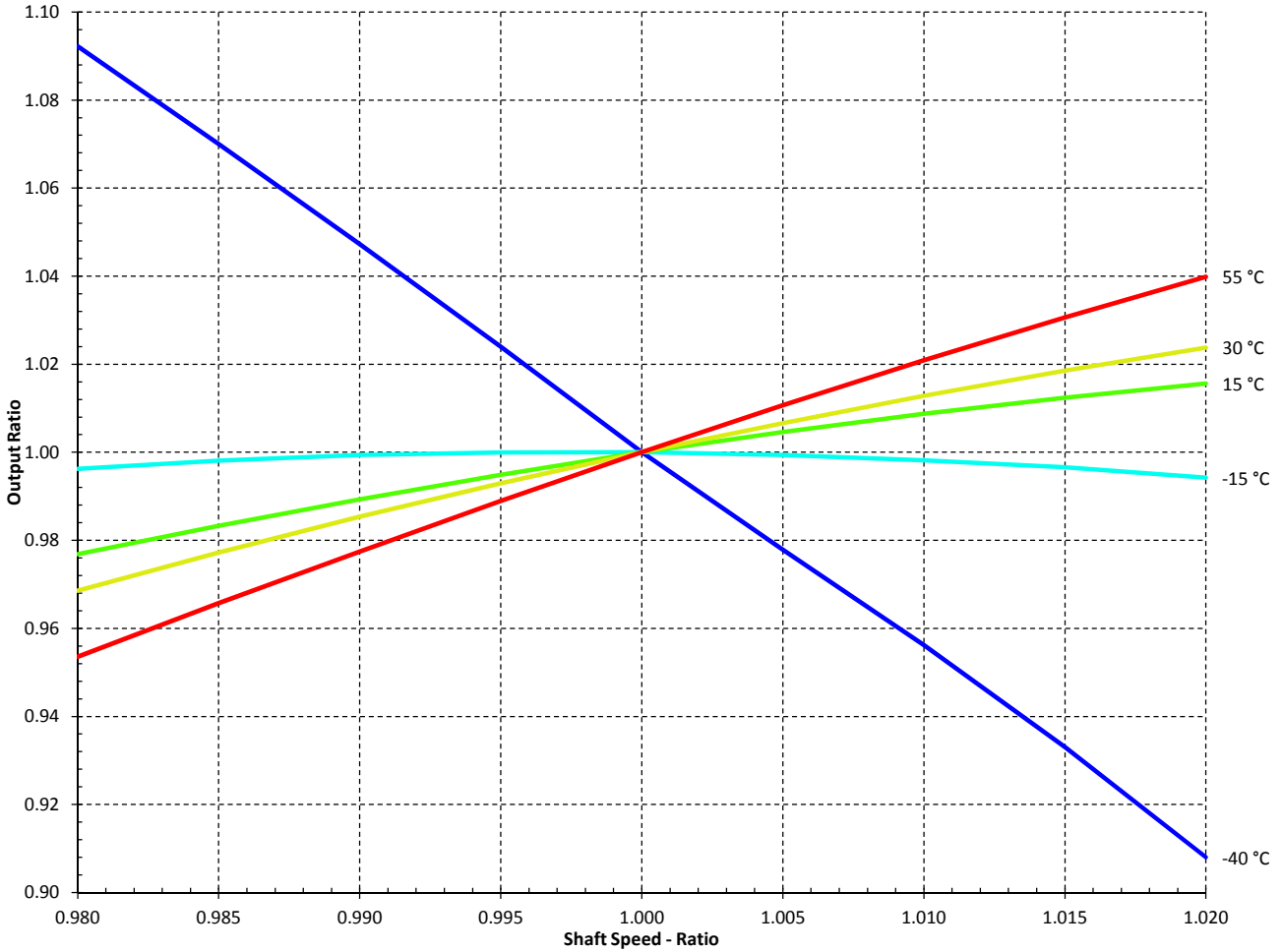
Effect of Shaft Speed on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 18

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

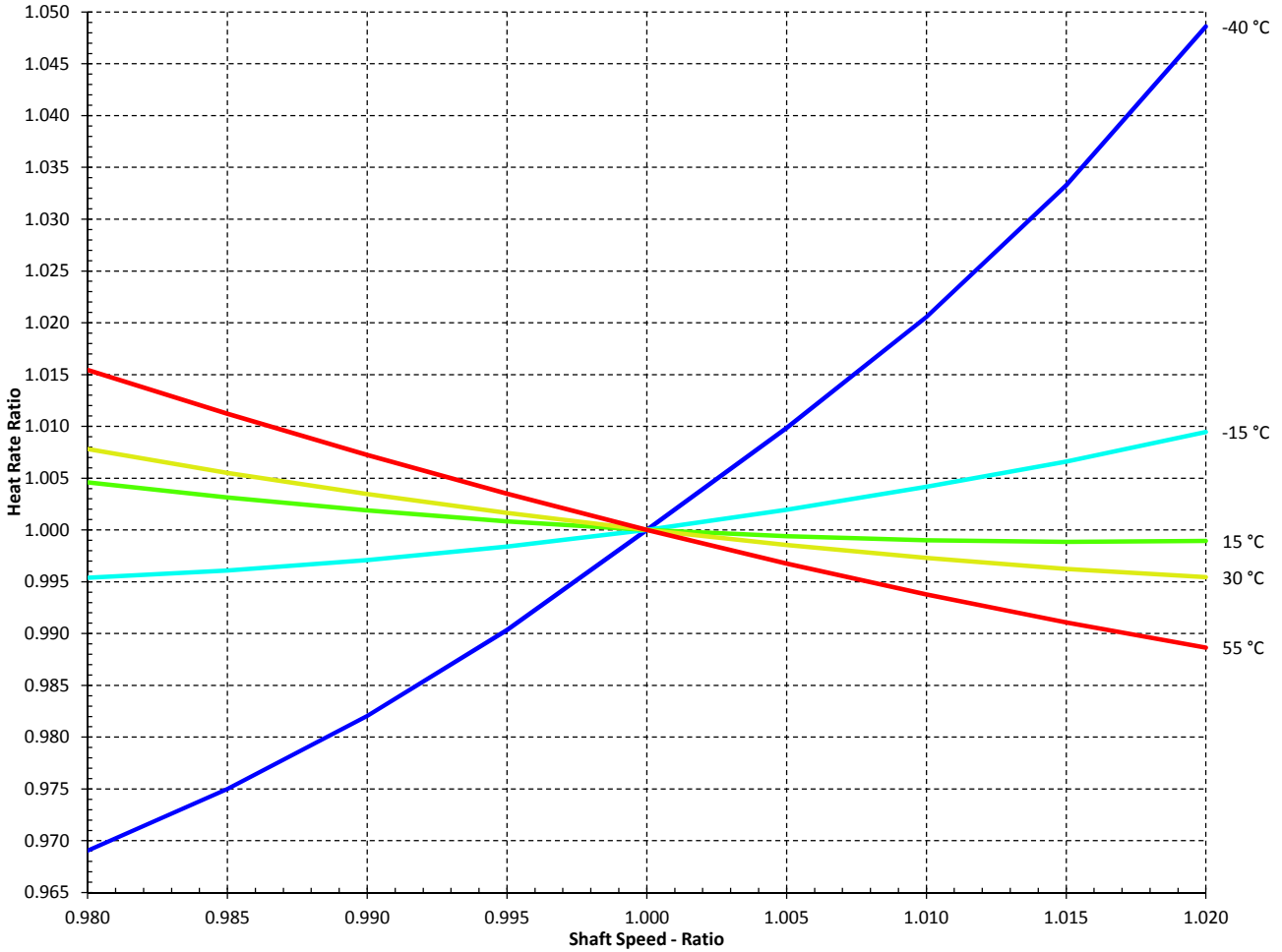
Effect of Shaft Speed on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 19

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

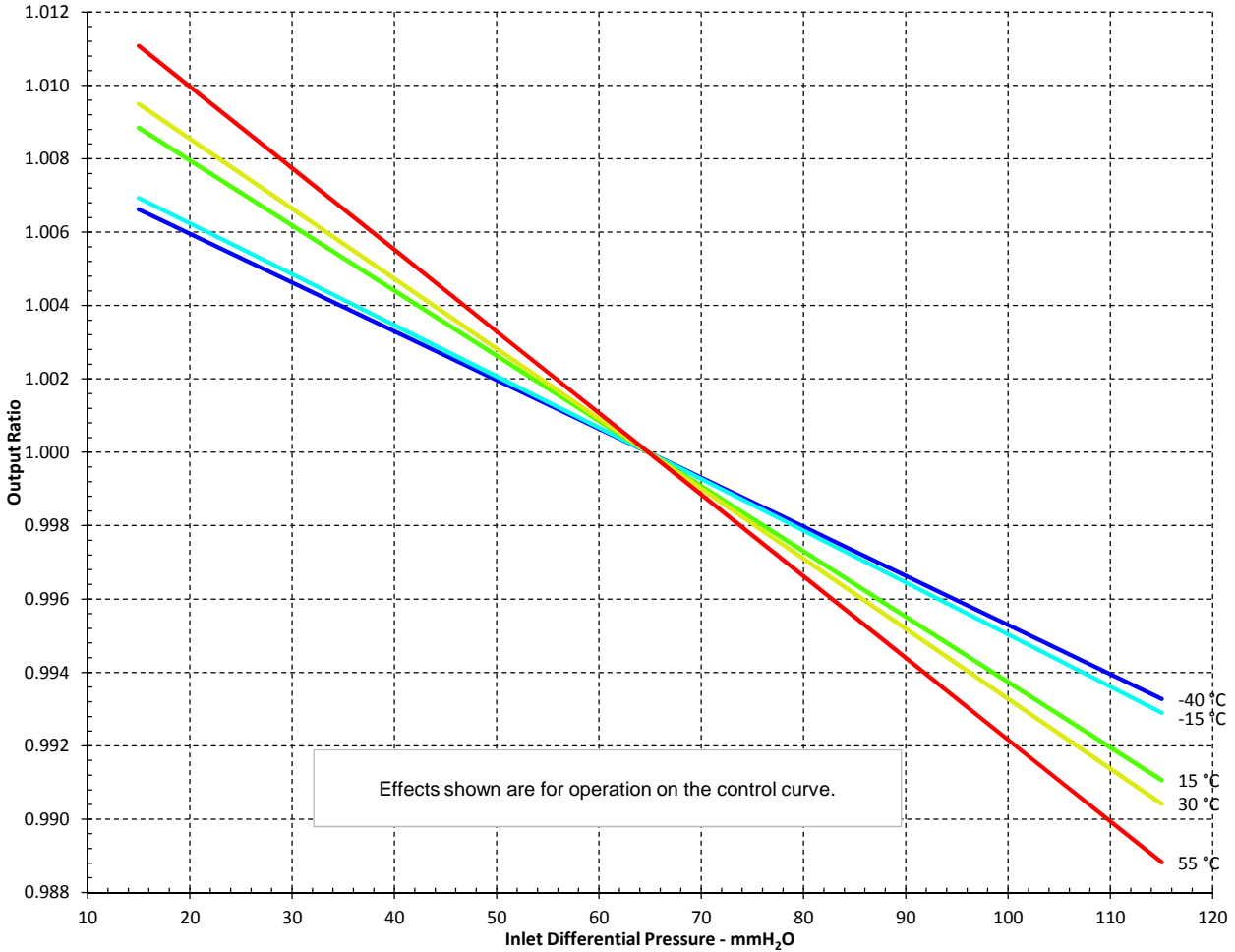
Effect of Inlet Differential Pressure on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Effects shown are for operation on the control curve.

Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 26

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

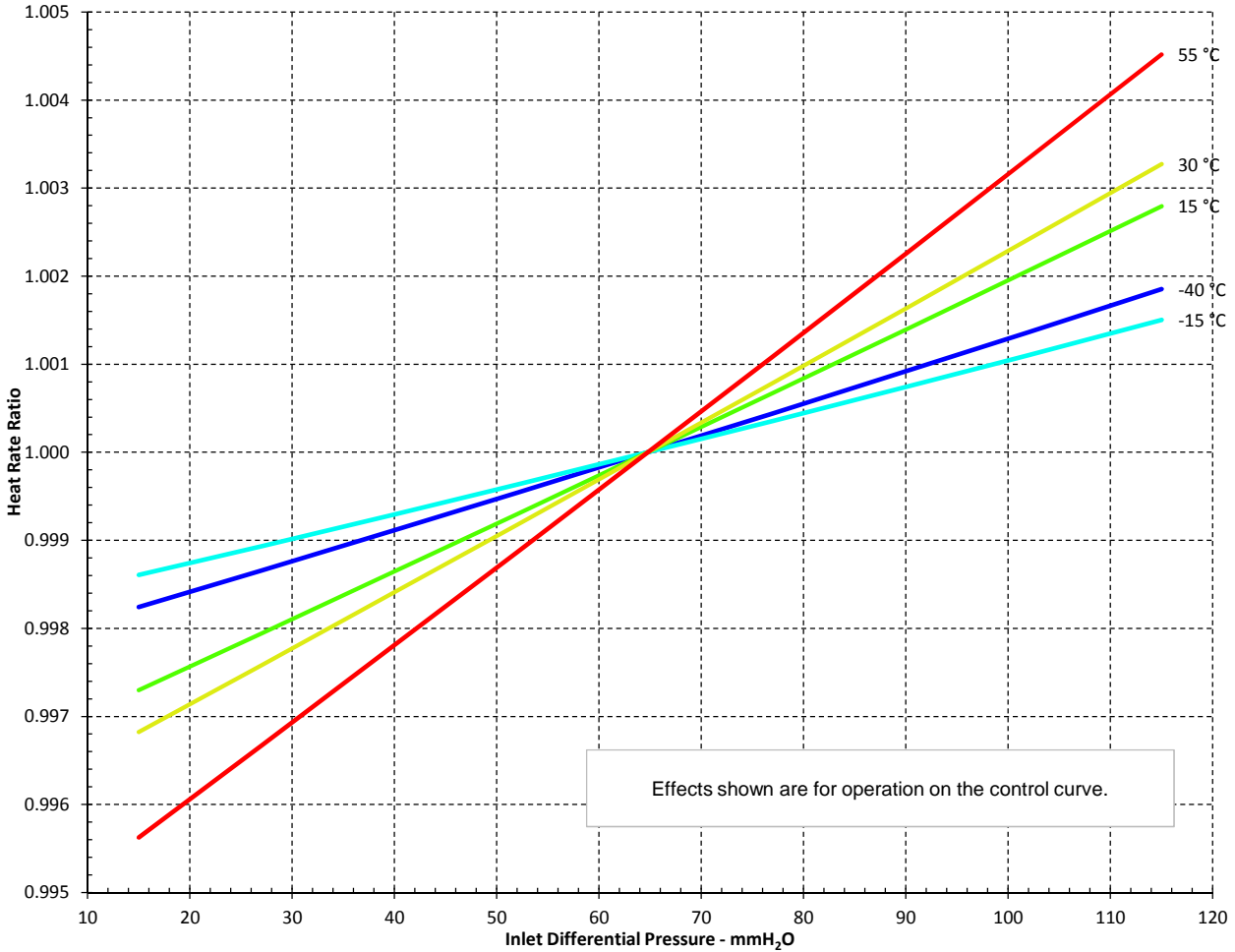
Effect of Inlet Differential Pressure on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7620 - A
Sheet 27

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

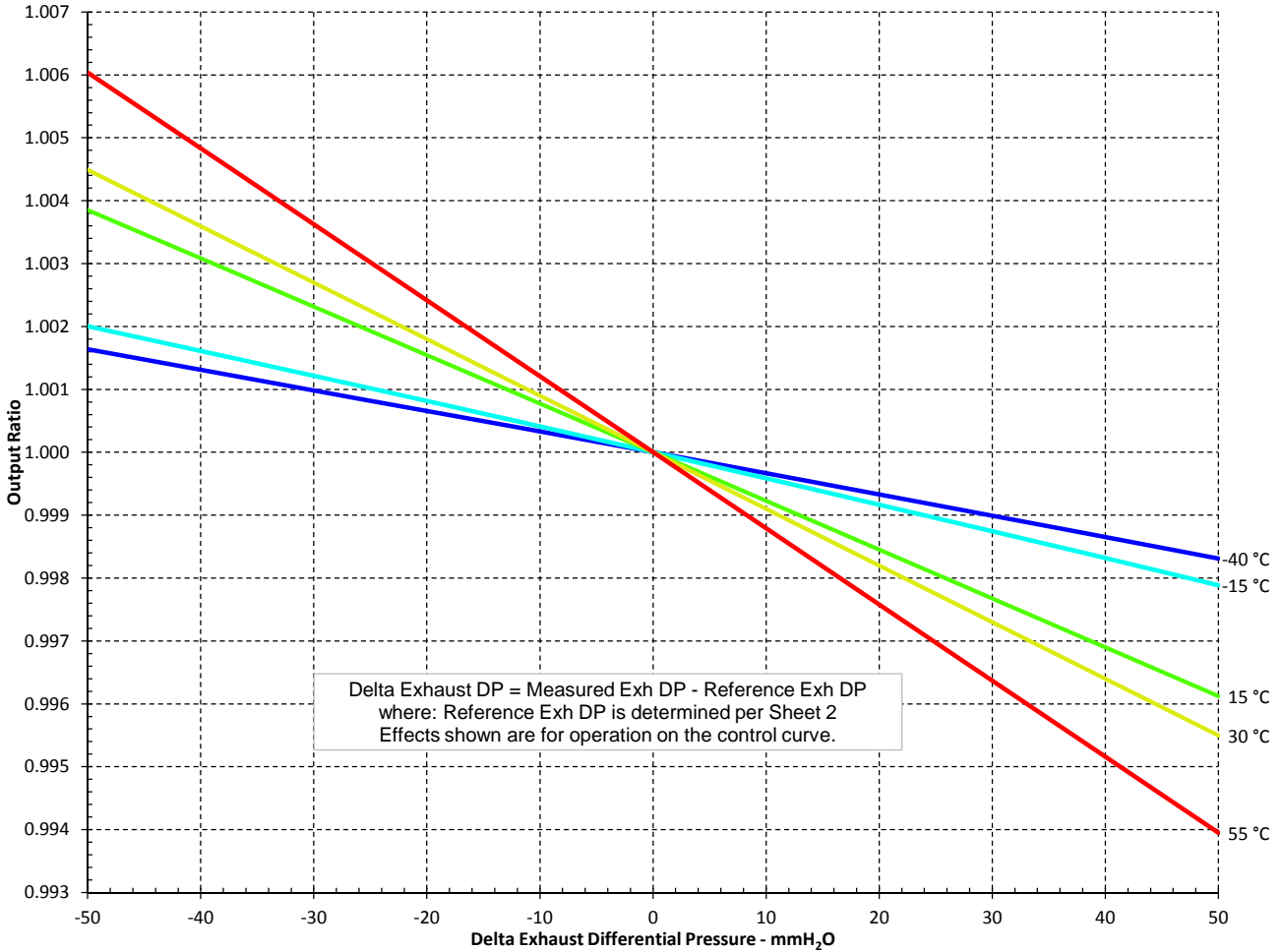
Effect of Exhaust Pressure on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Delta Exhaust DP = Measured Exh DP - Reference Exh DP
 where: Reference Exh DP is determined per Sheet 2
 Effects shown are for operation on the control curve.

Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7620 - A
 Sheet 31

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Liquid Fuel

Estimated Performances

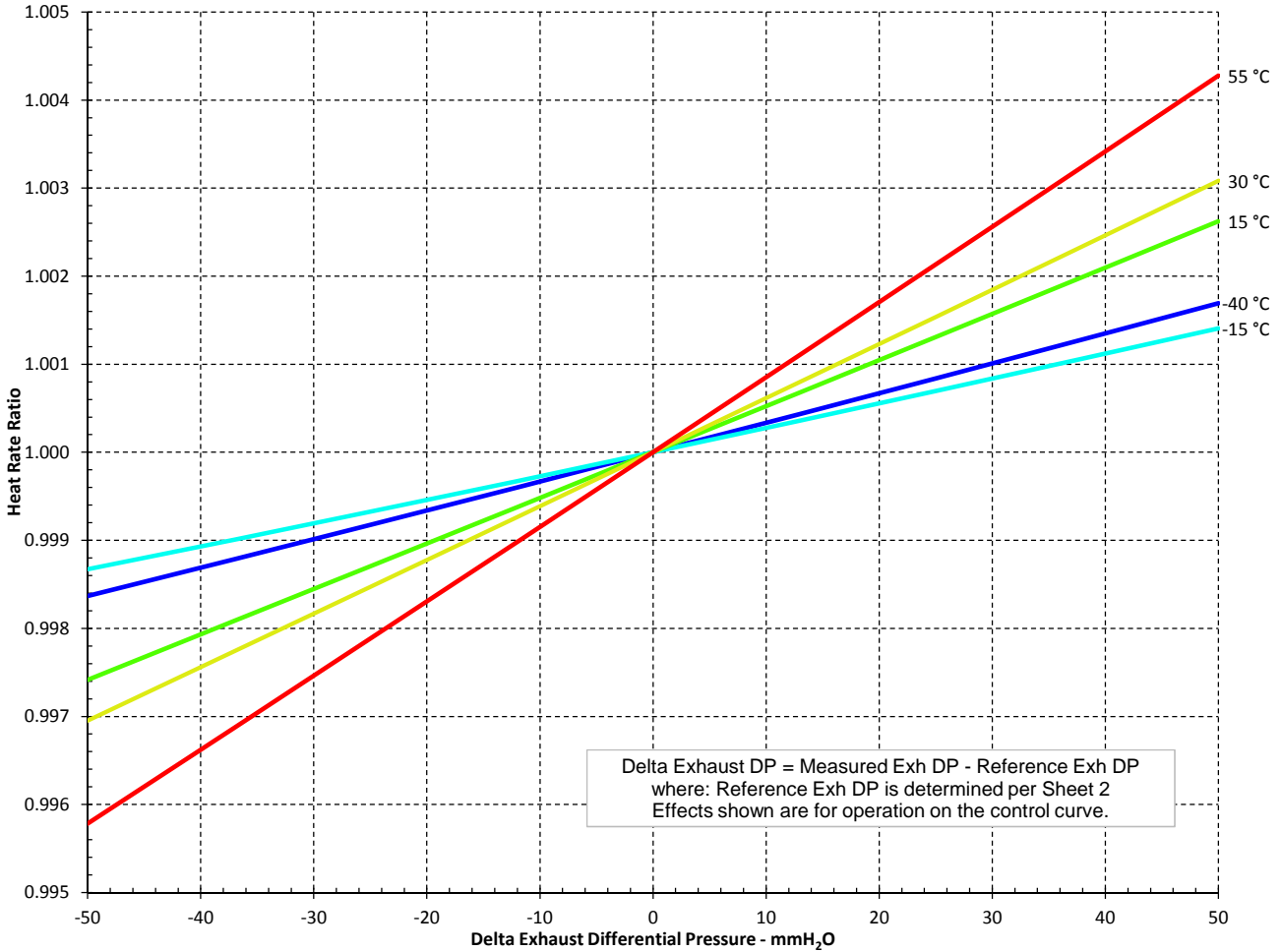
Effect of Exhaust Pressure on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7620 - A - Sheet 1

Fuel: Liquid

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7620 - A
 Sheet 32

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.



General Electric Model 6B.03 Gas Turbine
6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas
Estimated Performances
Gas Turbine Generator(s) ONLY

Reference Conditions and Corresponding Correction Curves							
	Units	Gas	<u>Design data at reference conditions</u>				
Fuel		See gas constituents					
Fuel LHV	kJ/kg	Base & Part	Gen Term Output	kW	43 312		
Load		None	Heat Rate LHV	kJ/kWh	10 799		
Diluent Injection Fluid		50 / 60	Exhaust Temp	°C	542		
Generator Frequency	Hz	0.60	Exhaust Flow	t/h	522		
Generator Power Factor	ratio	PG6581-04A-0311					
Cycle Deck Version Used							
Applicable Correction Curve Sheet Numbers							
Summary Page			Sheet 1				
Reference Exhaust DP			Sheet 2				
	<u>Units</u>	<u>Value</u>	<u>Output</u>	<u>Heat Rate</u>	<u>Exhaust Flow</u>	<u>Exhaust Temperature</u>	<u>Heat Consumption</u>
Ambient Temperature	°C	15	Sheet 3	Sheet 4	Sheet 5	Sheet 6	Sheet 7
Ambient Relative Humidity	%	60	Sheet 8	Sheet 9	Sheet 10	Sheet 11	Sheet 12
Barometric Pressure	mbara	1013.5	Sheet 13	Sheet 14	Sheet 15	Sheet 16	Sheet 17
Shaft Speed	rpm	5163	Sheet 18	Sheet 19	Sheet 20	Sheet 21	Sheet 22
Fuel Temperature	°C	27	Sheet 23	Sheet 24	N/A	N/A	Sheet 25
Inlet Diff Pressure (On CC or @ TI)	mmH ₂ O	65	Sheet 26	Sheet 27	Sheet 28	Sheet 29	Sheet 30
Exhaust Pressure (On Control Curve)	mmH ₂ O	64	Sheet 31	Sheet 32	N/A	Sheet 33	Sheet 34
Fuel gas composition		See gas constituents	Sheet 35	Sheet 36	Sheet 37	Sheet 38	Sheet 39
Percent Load Combined Cycle ("IGV on")	%		N/A	Sheet 40	Sheet 41	Sheet 42	Sheet 43
Percent Load Simple Cycle ("IGV off")	%		N/A	Sheet 44	Sheet 45	Sheet 46	Sheet 47
Fuel composition (Used for Gas Fuel)			Additional Notes:				
Methane (CH ₄)	% mol	100.00 %	Inlet Bleed Heat not modeled in this package				
Gas Fuel LHV - per ASTM D3588	kJ/kg	50035	Pre-Integrated Tuning Correction Curves				
Gas Fuel H/C Ratio	ratio	4.00	FOR INFORMATION ONLY - NOT GUARANTEED				
LHV is given for information only, gas composition is the reference.							
NOTE: These performance curves are provided for reference only and do not constitute performance guarantees at any conditions other than those listed in the contract. An additional set of site-specific curves will be issued before the performance test to which the measured performance from test conditions will be corrected.							

Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

COT Application: Version 1.36

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7619 - A
 Sheet 1

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

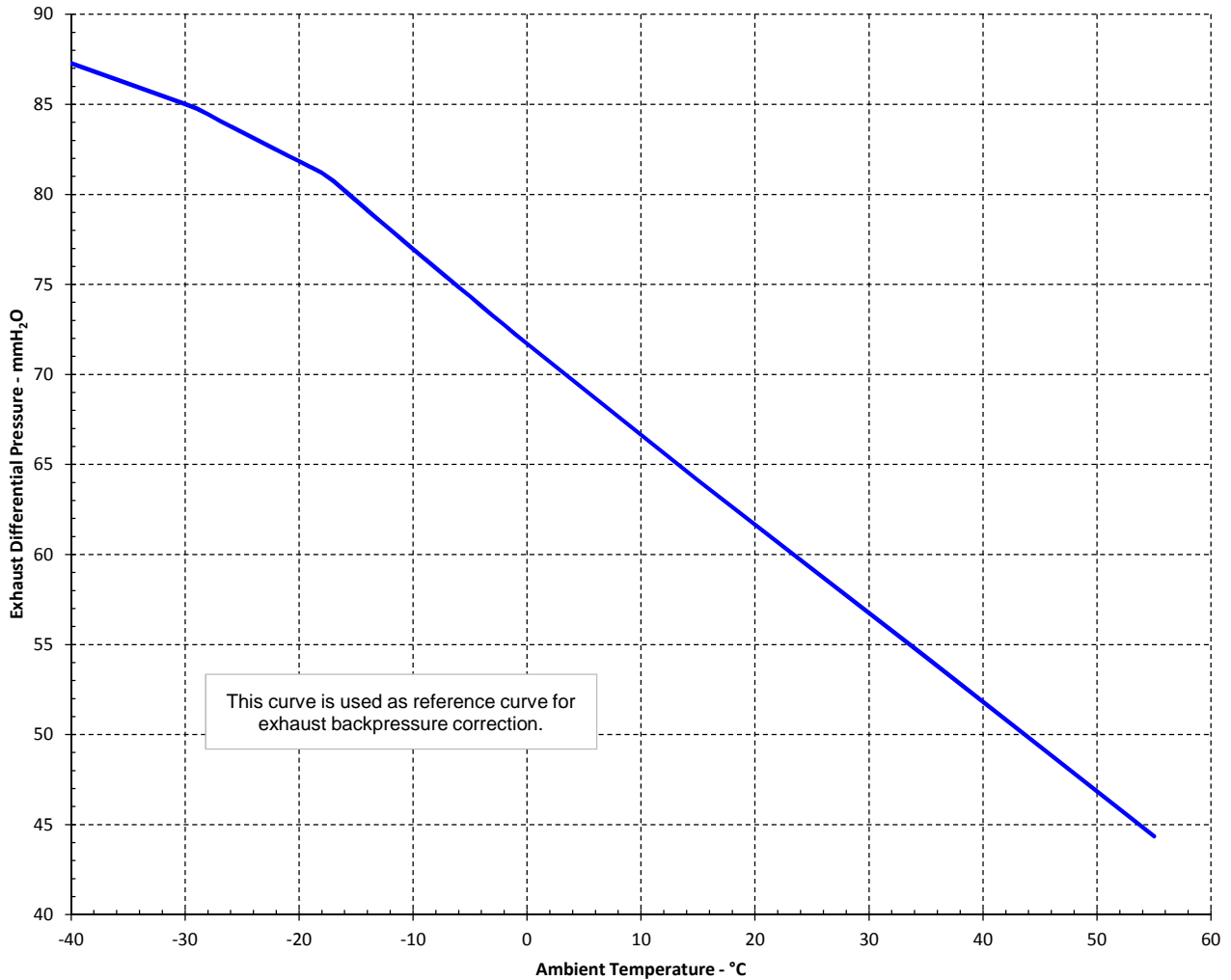
Effect of Ambient Temperature on Exhaust Pressure

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 2

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

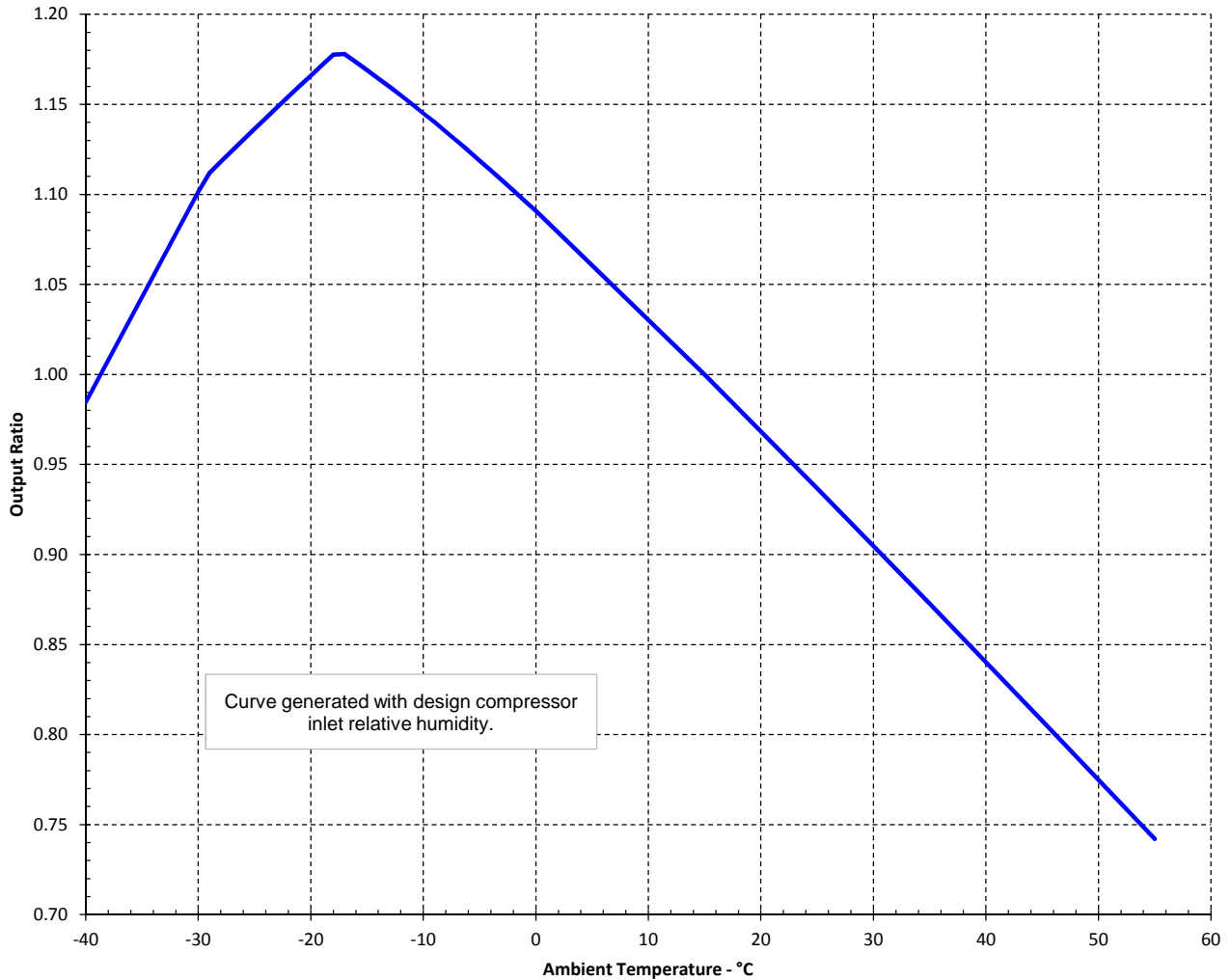
Effect of Ambient Temperature on Output

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 3

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine 6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

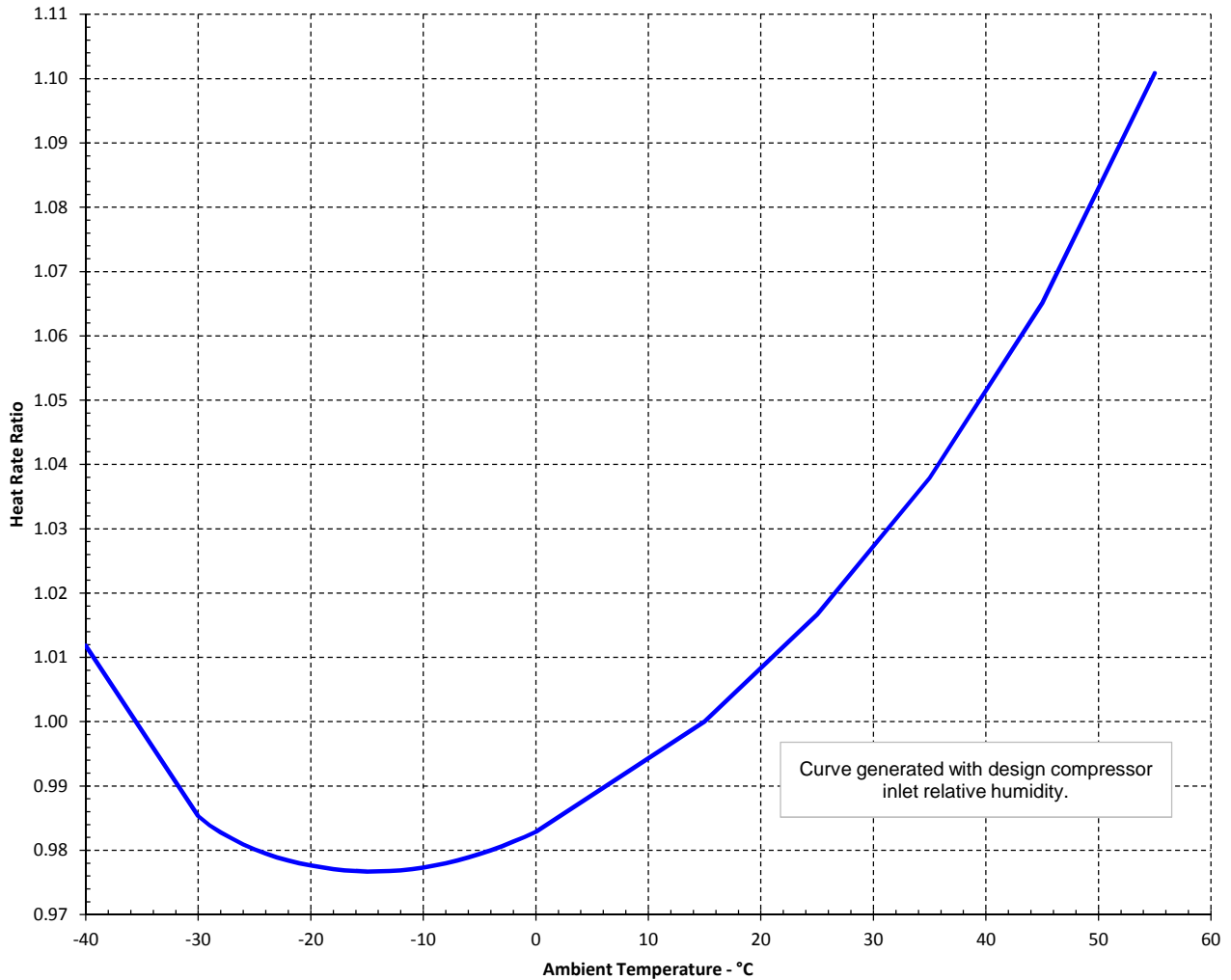
Effect of Ambient Temperature on Heat Rate

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 4

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

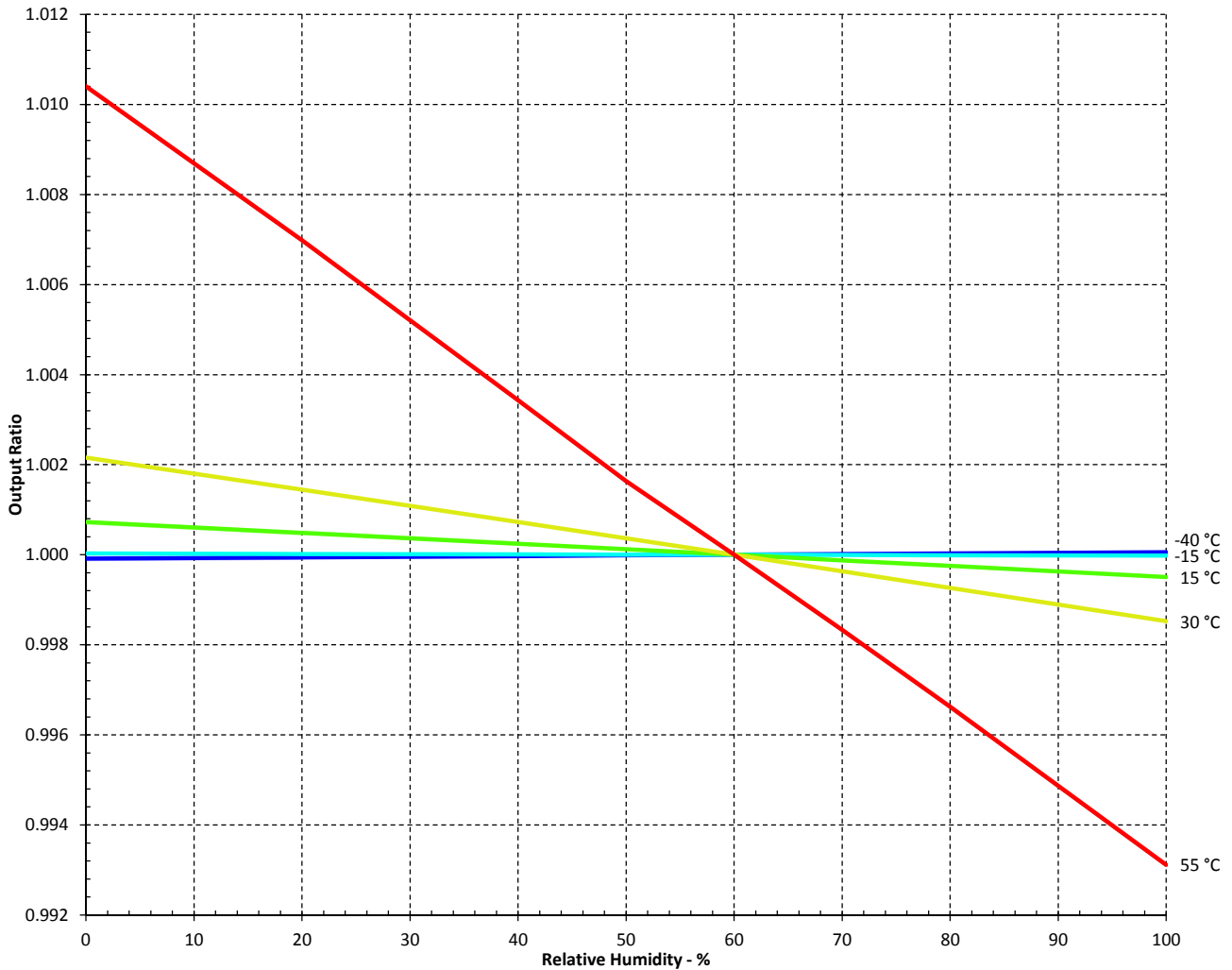
Effect of Relative Humidity on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 8

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

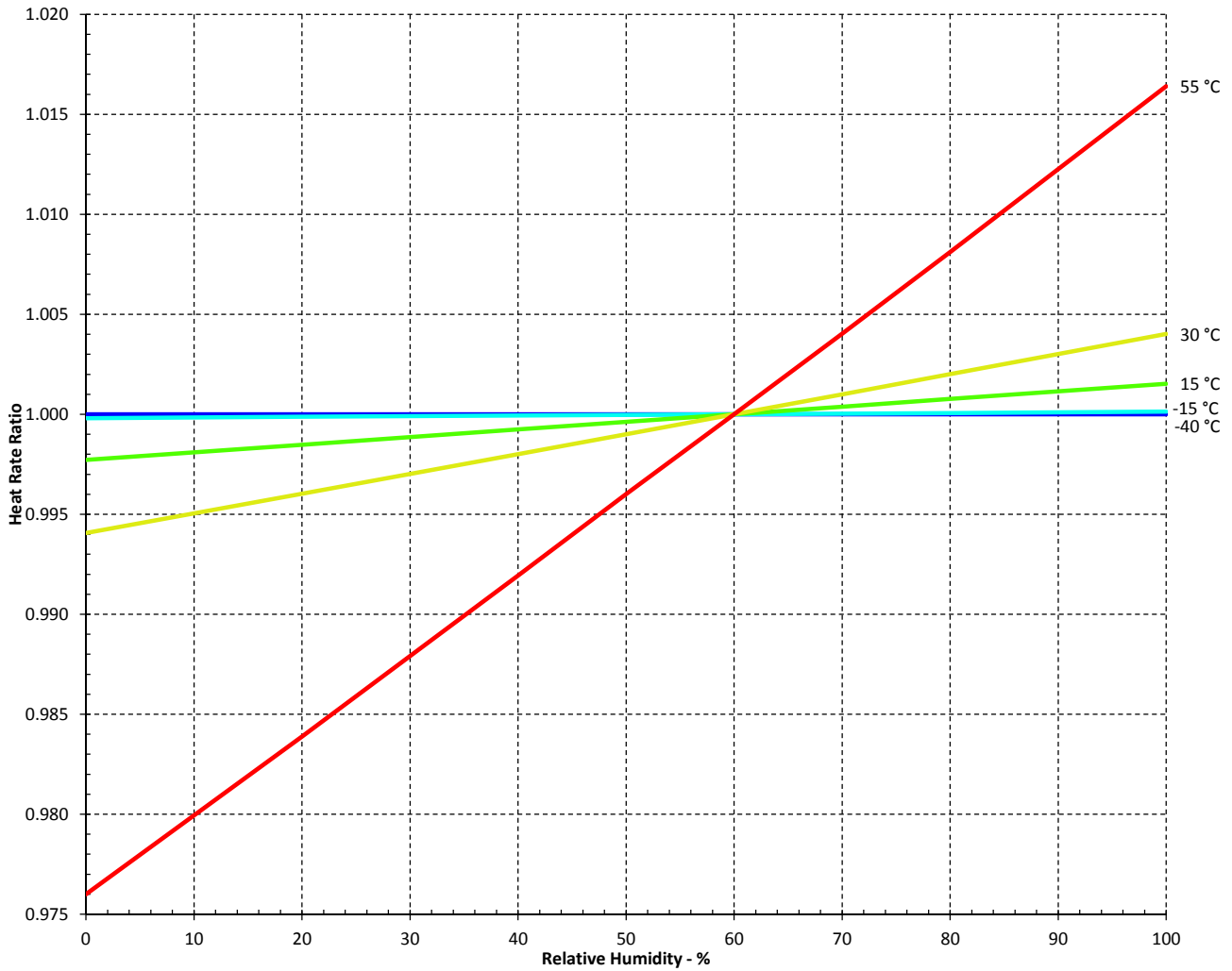
Effect of Relative Humidity on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 9

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

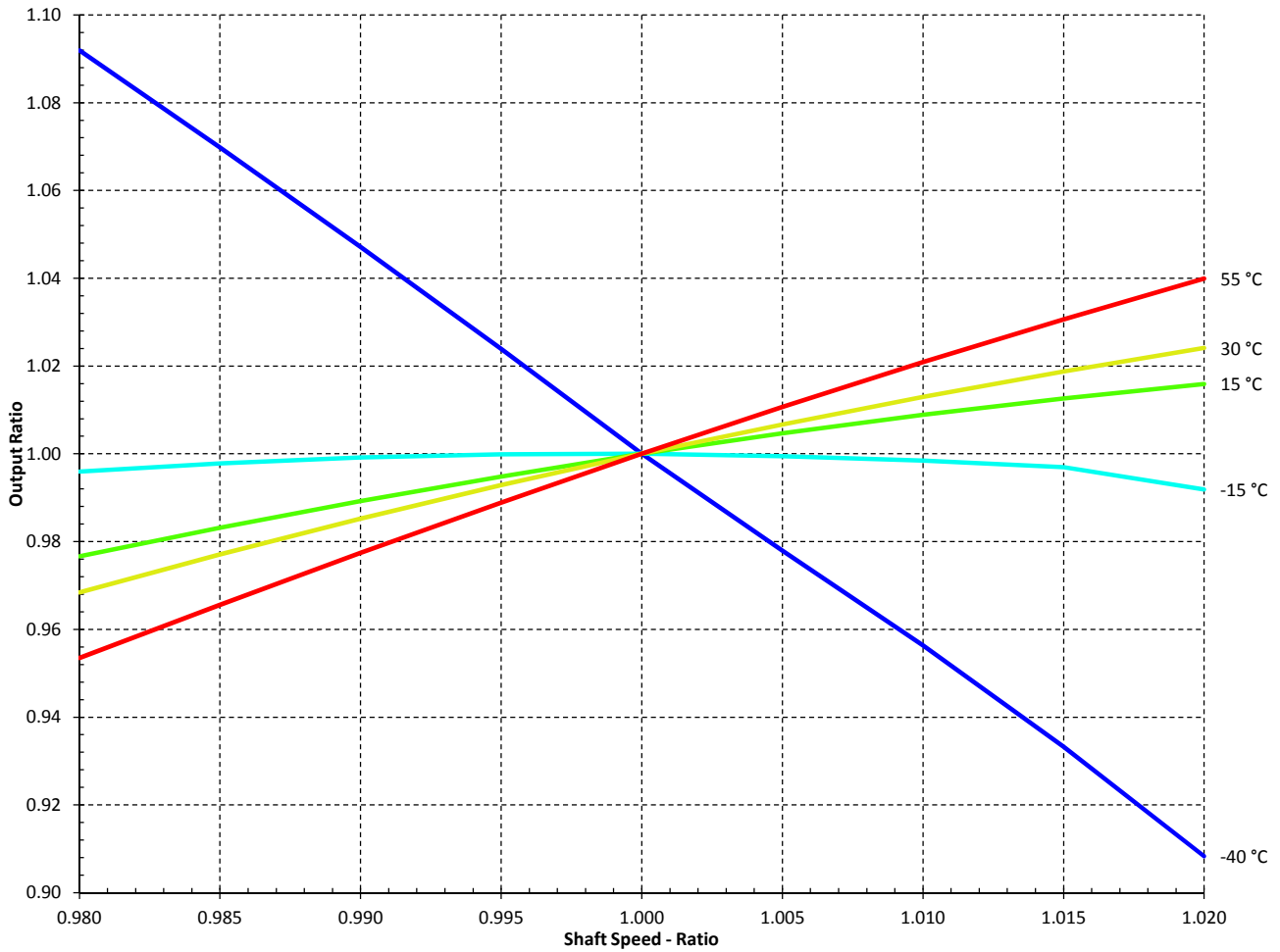
Effect of Shaft Speed on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 18

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

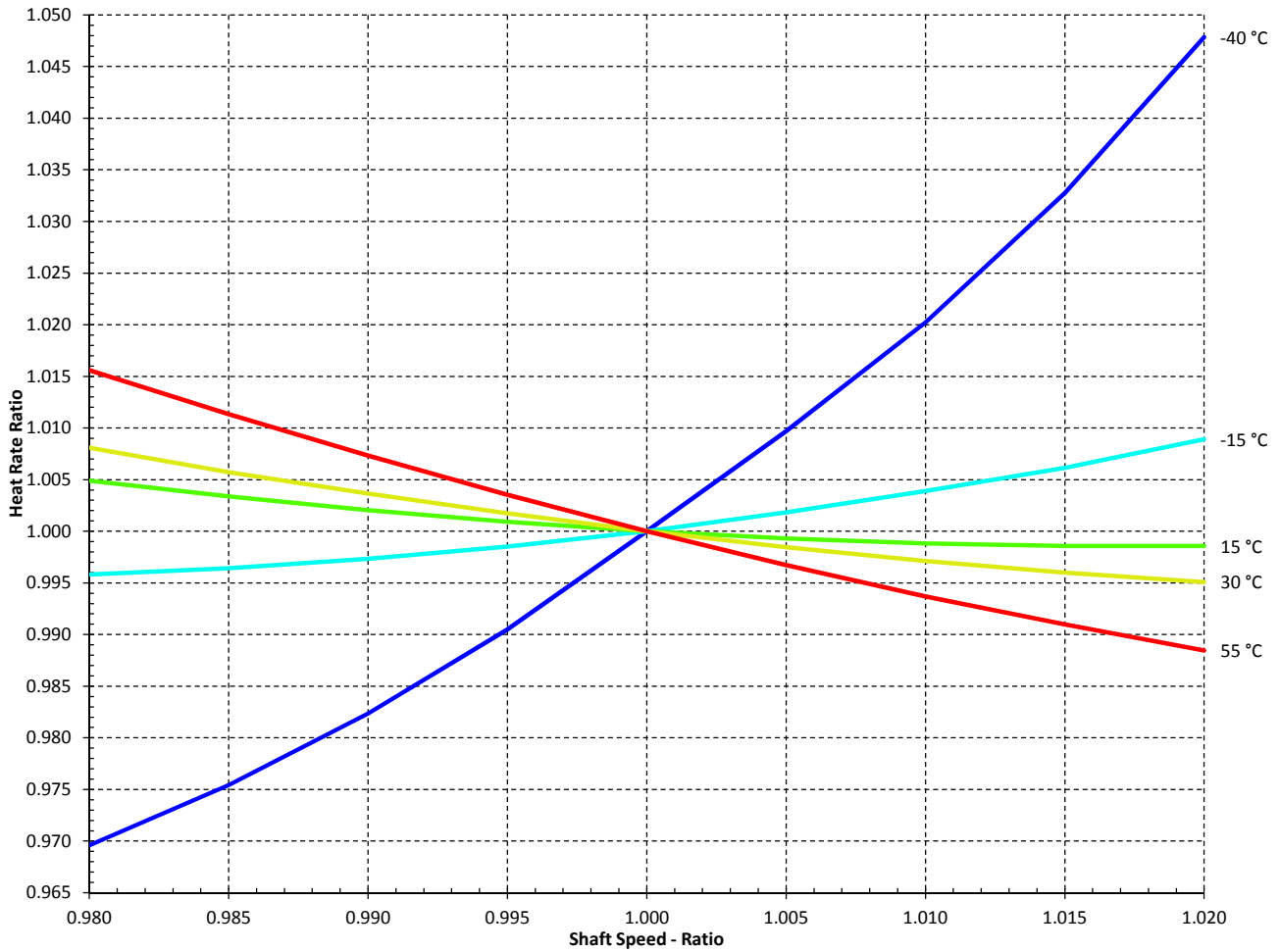
Effect of Shaft Speed on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 19

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

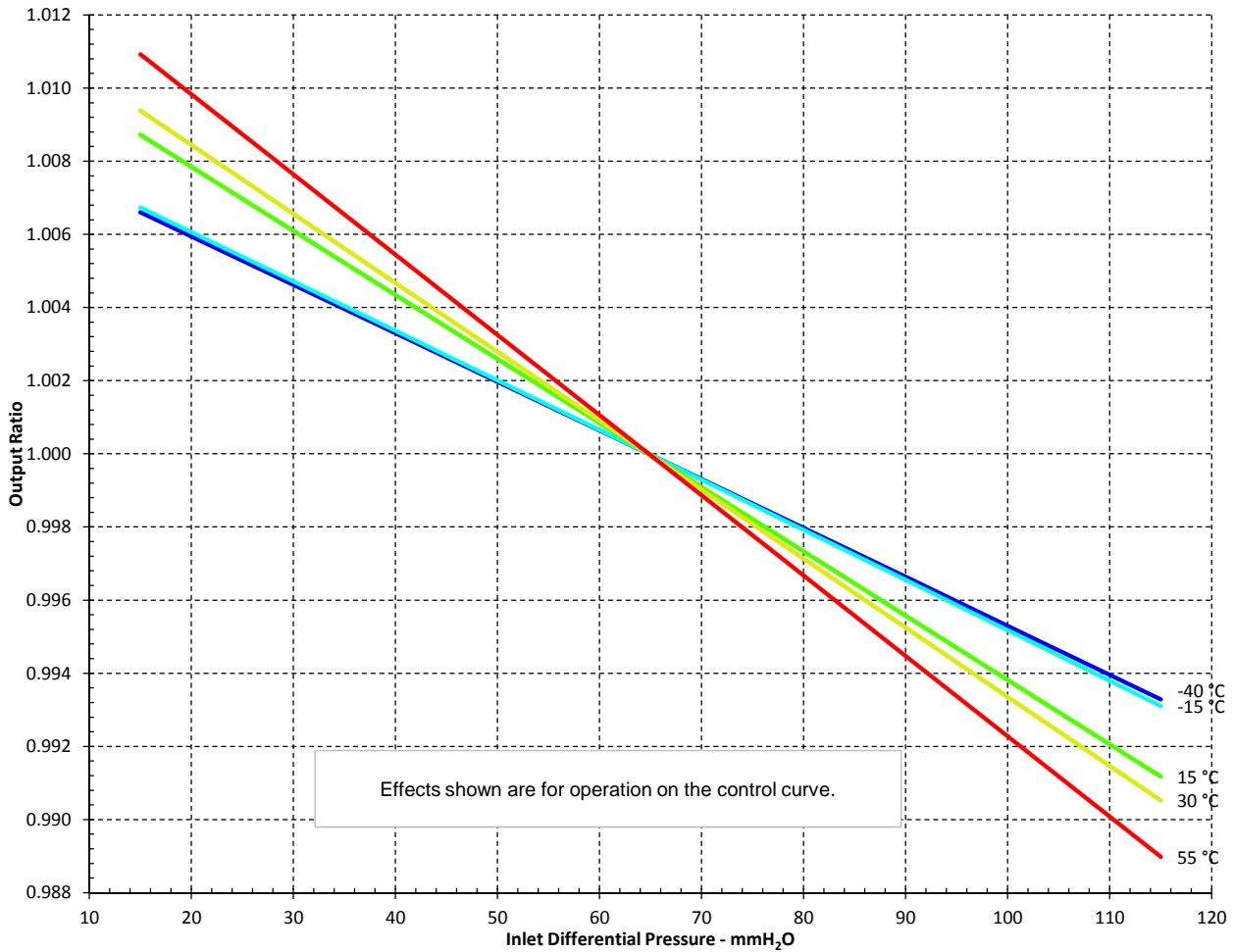
Effect of Inlet Differential Pressure on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Effects shown are for operation on the control curve.

Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 26

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

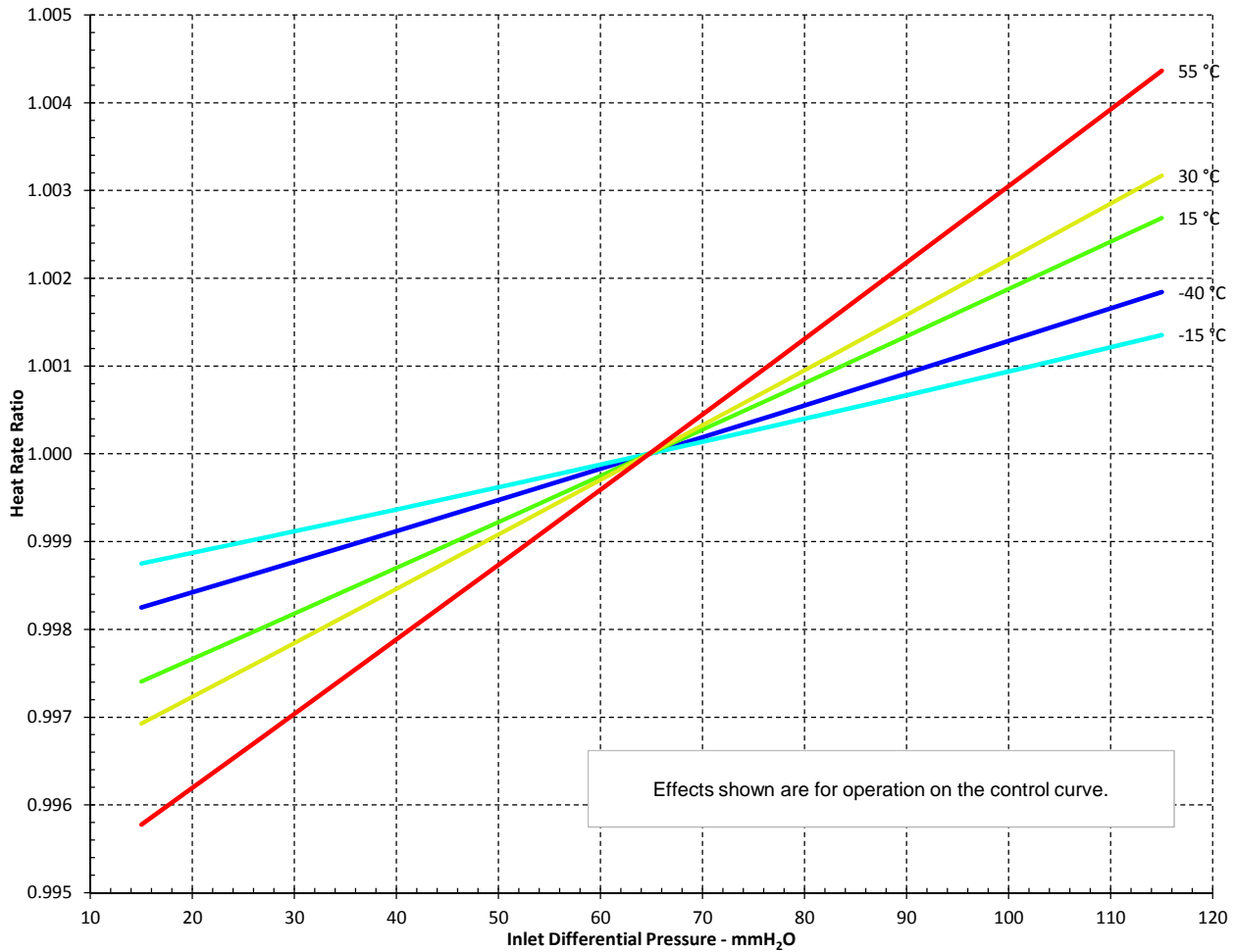
Effect of Inlet Differential Pressure on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
Starzyk, Gaétan
08 Apr. 2014

Verified by:
Cousin, Rémi

Approved by:
Delacour, Thierry

111T7619 - A
Sheet 27

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

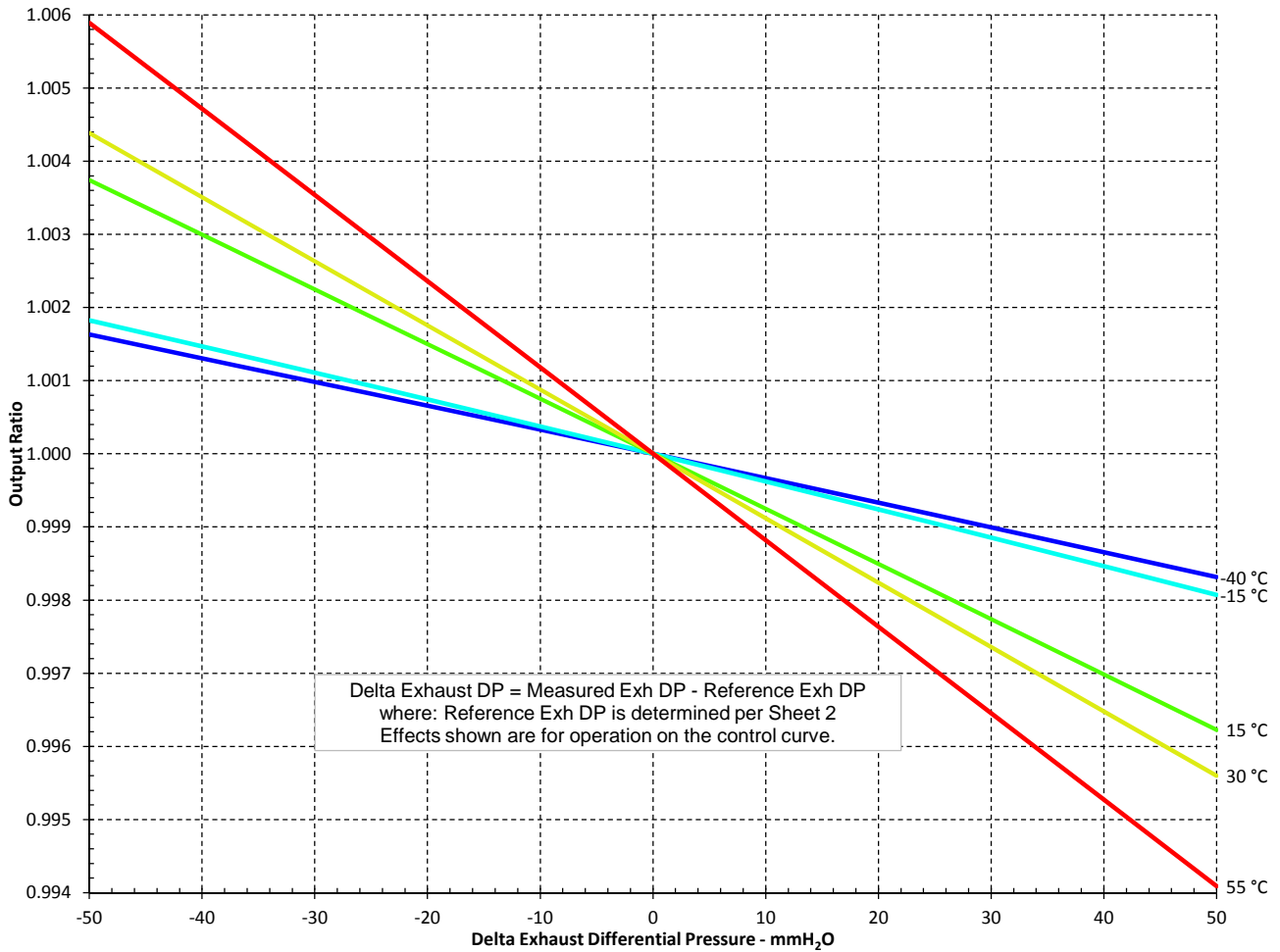
Effect of Exhaust Pressure on Output at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7619 - A
 Sheet 31

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.

General Electric Model 6B.03 Gas Turbine

6B PIP Standard Curves : Standard Combustion - Natural gas

Estimated Performances

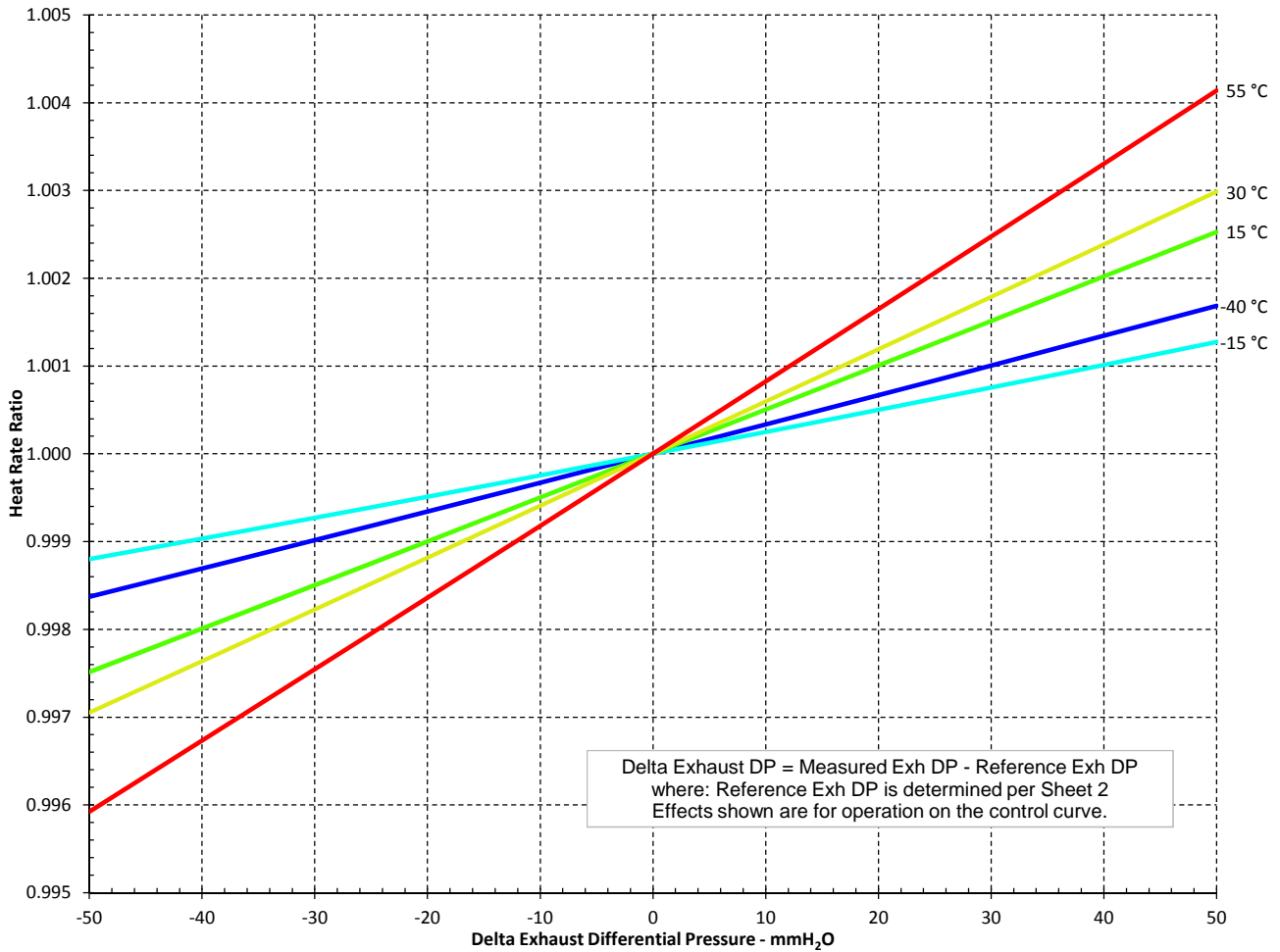
Effect of Exhaust Pressure on Heat Rate at Different Ambient Temperatures

Design Values Referenced on 111T7619 - A - Sheet 1

Fuel: Gas

Mode: Base

Gas Turbine Generator(s) ONLY



Created by:
 Starzyk, Gaétan
 08 Apr. 2014

Verified by:
 Cousin, Rémi

Approved by:
 Delacour, Thierry

111T7619 - A
 Sheet 32

This document contains GE proprietary information and may not be used or disclosed to others except with written permission of the GE company.



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE B – CÁLCULOS

Estabilidad									
Potencia de la TG (1%)	%	7.39	3.28	1.96	1.62	0.89	0.65	0.26	
Factor de Potencia del Generador (1%)	%	5.39	1.51	0.36	0.14	0.03	0.07	0.09	
Presion Barometrica (0.5%)	%	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	
Temperatura de Entrada del Compresor (1.6 C)	C	0.17	0.13	0.56	0.17	0.11	0.12	0.16	
Frecuencia del Generador (0.25%)	%	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE C – ANÁLISIS DE LABORATORIO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL

REPORTE DE ANÁLISIS

Nuestra Referencia :	OTICH19-20283	Cliente :	Engie Energía Chile S.A.
Producto ⁽¹⁾ :	Petróleo Diesel	Contacto (s) :	David Corvalán
Identificación de la Muestra :	4827	Email :	david.corvalan@engie.com
N° de Sello :	S/Antecedentes	Dirección :	Av. Leonardo Guzmán 780, Tocopilla
Muestra Obtenida por ⁽²⁾ :	Cliente	Ref. Cliente :	COTICH19-191 / OC 4500015218
Ubicación del Muestreo :	Central Tocopilla	Fecha de Recepción de Muestra :	11-10-2019
Tipo de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha Inicio de Análisis :	15-10-2019
Fecha de Muestreo :	07-10-2019	Fecha Término de Análisis :	18-10-2019
Plan/Método de Muestreo :	S/Antecedentes	Análisis realizados en :	Laboratorio OTI
Responsable de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha de Emisión de Reporte :	18-10-2019
Muestra Obtenida de :	Muestra N°1 Petróleo TG 3 4MW (20:50)		

<input checked="" type="checkbox"/> Analizado	<input type="checkbox"/> Atestiguado ⁽³⁾	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input checked="" type="checkbox"/> Final	
Ensayos	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Densidad a 15°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	837,4
Densidad a 30°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	827,6
Densidad a 50°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	813,8
Calor de Combustión Bruto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	19668,0
Calor de Combustión Neto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	18447,7
Carbono	% m/m	ASTM D5291	Informar	85,87
Hidrógeno	% m/m	ASTM D5291	Informar	13,41
*** Fin de los resultados de análisis***				

Condiciones ambientales de los ensayos:
Observaciones:

Jorge Herrera
 Gerente Laboratorio

(1) Declarado según el cliente.

(2) Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por: Cliente; donde la misma se ha analizado por solicitud para verificar el cumplimiento de las especificaciones detalladas, sin aceptar ninguna responsabilidad adicional por parte de nuestro laboratorio.

(3) Nuestra responsabilidad en el ATESTIGUAMIENTO de Análisis se limita a presenciar que el análisis se esté practicando a la muestra correcta y de acuerdo al método previamente establecido. Por lo que el cliente acepta que OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de las condiciones del equipo, instrumento o aparatos de medición y que acepta los datos de calibración, reactivos y otros instrumentos o materiales utilizados tal como se presentan. OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de cualquier información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados de análisis.

* Ensayo dentro del Alcance de Acreditación ISO 17025:2017

** Ensayo subcontratado a otro laboratorio

Todos los resultados contenidos dentro de este reporte corresponden exclusivamente a la muestra descrita.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este reporte sin la autorización escrita de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

Fin del Reporte

REPORTE DE ANÁLISIS

Nuestra Referencia :	OTICH19-20283	Cliente :	Engie Energía Chile S.A.
Producto ⁽¹⁾ :	Petróleo Diesel	Contacto (s) :	David Corvalán
Identificación de la Muestra :	4828	Email :	david.corvalan@engie.com
N° de Sello :	S/Antecedentes	Dirección :	Av. Leonardo Guzmán 780, Tocopilla
Muestra Obtenida por ⁽²⁾ :	Cliente	Ref. Cliente :	COTICH19-191 / OC 4500015218
Ubicación del Muestreo :	Central Tocopilla	Fecha de Recepción de Muestra :	11-10-2019
Tipo de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha Inicio de Análisis :	15-10-2019
Fecha de Muestreo :	07-10-2019	Fecha Término de Análisis :	18-10-2019
Plan/Método de Muestreo :	S/Antecedentes	Análisis realizados en :	Laboratorio OTI
Responsable de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha de Emisión de Reporte :	18-10-2019
Muestra Obtenida de :	Muestra N°2 Petróleo TG 3 4MW (20:54)		

<input checked="" type="checkbox"/> Analizado	<input type="checkbox"/> Atestiguado ⁽³⁾	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input checked="" type="checkbox"/> Final	
Ensayos	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Densidad a 15°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	837,4
Densidad a 30°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	827,6
Densidad a 50°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	813,8
Calor de Combustión Bruto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	19668,0
Calor de Combustión Neto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	18447,8
Carbono	% m/m	ASTM D5291	Informar	85,89
Hidrógeno	% m/m	ASTM D5291	Informar	13,42
*** Fin de los resultados de análisis***				

Condiciones ambientales de los ensayos:

Observaciones:



Jorge Herrera
Gerente Laboratorio

(1) Declarado según el cliente.

(2) Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por: Cliente; donde la misma se ha analizado por solicitud para verificar el cumplimiento de las especificaciones detalladas, sin aceptar ninguna responsabilidad adicional por parte de nuestro laboratorio.

(3) Nuestra responsabilidad en el ATESTIGUAMIENTO de Análisis se limita a presenciar que el análisis se esté practicando a la muestra correcta y de acuerdo al método previamente establecido. Por lo que el cliente acepta que OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de las condiciones del equipo, instrumento o aparatos de medición y que acepta los datos de calibración, reactivos y otros instrumentos o materiales utilizados tal como se presentan.
 OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de cualquier información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados de análisis.

* Ensayo dentro del Alcance de Acreditación ISO 17025:2017

** Ensayo subcontratado a otro laboratorio

Todos los resultados contenidos dentro de este reporte corresponden exclusivamente a la muestra descrita.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este reporte sin la autorización escrita de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

Fin del Reporte

REPORTE DE ANÁLISIS

Nuestra Referencia :	OTICH19-20283	Cliente :	Engie Energía Chile S.A.
Producto ⁽¹⁾ :	Petróleo Diesel	Contacto (s) :	David Corvalán
Identificación de la Muestra :	4829	Email :	david.corvalan@engie.com
N° de Sello :	S/Antecedentes	Dirección :	Av. Leonardo Guzmán 780, Tocopilla
Muestra Obtenida por ⁽²⁾ :	Cliente	Ref. Cliente :	COTICH19-191 / OC 4500015218
Ubicación del Muestreo :	Central Tocopilla	Fecha de Recepción de Muestra :	11-10-2019
Tipo de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha Inicio de Análisis :	15-10-2019
Fecha de Muestreo :	07-10-2019	Fecha Término de Análisis :	18-10-2019
Plan/Método de Muestreo :	S/Antecedentes	Análisis realizados en :	Laboratorio OTI
Responsable de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha de Emisión de Reporte :	18-10-2019
Muestra Obtenida de :	Muestra N°1 Petróleo TG 3 34MW (01:50)		

<input checked="" type="checkbox"/> Analizado	<input type="checkbox"/> Atestiguado ⁽³⁾	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input checked="" type="checkbox"/> Final	
Ensayos	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Densidad a 15°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	837,4
Densidad a 30°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	827,6
Densidad a 50°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	813,8
Calor de Combustión Bruto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	19667,4
Calor de Combustión Neto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	18447,2
Carbono	% m/m	ASTM D5291	Informar	85,28
Hidrógeno	% m/m	ASTM D5291	Informar	13,32

*** Fin de los resultados de análisis***

Condiciones ambientales de los ensayos:

Observaciones:



Jorge Herrera
Gerente Laboratorio

(1) Declarado según el cliente.

(2) Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por: Cliente; donde la misma se ha analizado por solicitud para verificar el cumplimiento de las especificaciones detalladas, sin aceptar ninguna responsabilidad adicional por parte de nuestro laboratorio.

(3) Nuestra responsabilidad en el ATESTIGUAMIENTO de Análisis se limita a presenciar que el análisis se esté practicando a la muestra correcta y de acuerdo al método previamente establecido. Por lo que el cliente acepta que OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de las condiciones del equipo, instrumento o aparatos de medición y que acepta los datos de calibración, reactivos y otros instrumentos o materiales utilizados tal como se presentan.
 OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de cualquier información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados de análisis.

* Ensayo dentro del Alcance de Acreditación ISO 17025:2017

** Ensayo subcontratado a otro laboratorio

Todos los resultados contenidos dentro de este reporte corresponden exclusivamente a la muestra descrita.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este reporte sin la autorización escrita de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

Fin del Reporte

REPORTE DE ANÁLISIS

Nuestra Referencia :	OTICH19-20283	Cliente :	Engie Energía Chile S.A.
Producto ⁽¹⁾ :	Petróleo Diesel	Contacto (s) :	David Corvalán
Identificación de la Muestra :	4830	Email :	david.corvalan@engie.com
N° de Sello :	S/Antecedentes	Dirección :	Av. Leonardo Guzmán 780, Tocopilla
Muestra Obtenida por ⁽²⁾ :	Cliente	Ref. Cliente :	COTICH19-191 / OC 4500015218
Ubicación del Muestreo :	Central Tocopilla	Fecha de Recepción de Muestra :	11-10-2019
Tipo de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha Inicio de Análisis :	15-10-2019
Fecha de Muestreo :	07-10-2019	Fecha Término de Análisis :	18-10-2019
Plan/Método de Muestreo :	S/Antecedentes	Análisis realizados en :	Laboratorio OTI
Responsable de Muestreo :	S/Antecedentes	Fecha de Emisión de Reporte :	18-10-2019
Muestra Obtenida de :	Muestra N°2 Petróleo TG 3 34MW (01:50)		

<input checked="" type="checkbox"/> Analizado	<input type="checkbox"/> Atestiguado ⁽³⁾	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input checked="" type="checkbox"/> Final	
Ensayos	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Densidad a 15°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	837,4
Densidad a 30°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	827,6
Densidad a 50°C	Kg/m ³	ASTM D4052	Informar	813,8
Calor de Combustión Bruto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	19667,4
Calor de Combustión Neto	BTU/lb	ASTM D4868	Informar	18447,1
Carbono	% m/m	ASTM D5291	Informar	85,29
Hidrógeno	% m/m	ASTM D5291	Informar	13,33

*** Fin de los resultados de análisis***

Condiciones ambientales de los ensayos:

Observaciones:



Jorge Herrera
Gerente Laboratorio

(1) Declarado según el cliente.

(2) Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por: Cliente; donde la misma se ha analizado por solicitud para verificar el cumplimiento de las especificaciones detalladas, sin aceptar ninguna responsabilidad adicional por parte de nuestro laboratorio.

(3) Nuestra responsabilidad en el ATESTIGUAMIENTO de Análisis se limita a presenciar que el análisis se esté practicando a la muestra correcta y de acuerdo al método previamente establecido. Por lo que el cliente acepta que OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de las condiciones del equipo, instrumento o aparatos de medición y que acepta los datos de calibración, reactivos y otros instrumentos o materiales utilizados tal como se presentan.
 OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de cualquier información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados de análisis.

* Ensayo dentro del Alcance de Acreditación ISO 17025:2017

** Ensayo subcontratado a otro laboratorio

Todos los resultados contenidos dentro de este reporte corresponden exclusivamente a la muestra descrita.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este reporte sin la autorización escrita de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

Fin del Reporte



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE D – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

LOS CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN SE PRESENTAN EN EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y ESTÁN DISPONIBLES A SOLICITUD DE TGPS.



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE E – FORMA DE DESVIACIÓN DE PRUEBA

TEST DEVIATION FORM

Test Date: _____

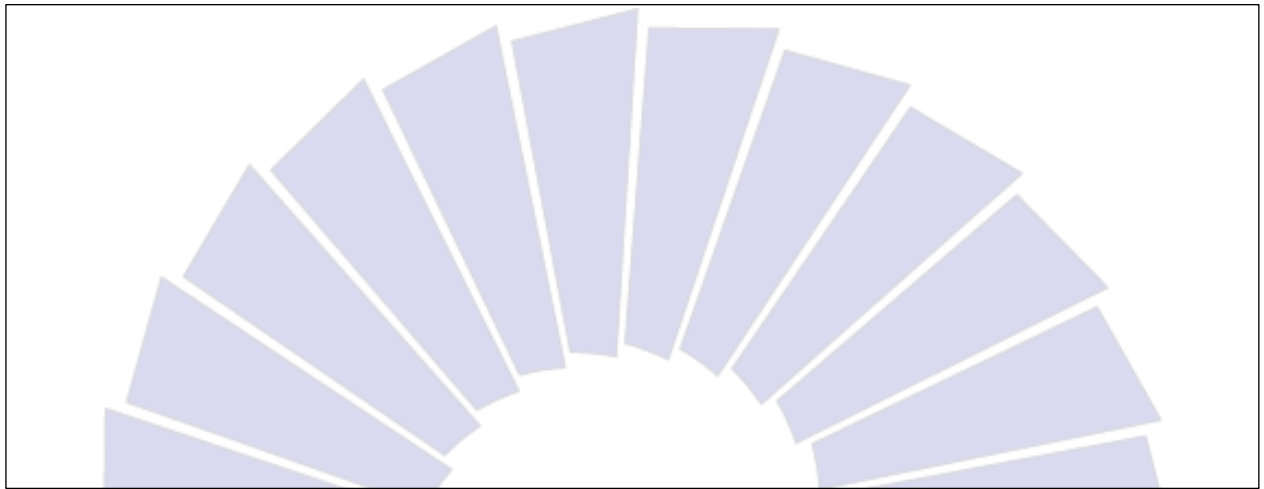
Time: _____

Load: _____

Fuel: _____

Test Run/Unit: _____

DESCRIPTION OF DEVIATION: (Continue description on second form if necessary)



DISCUSSION OF DISPOSITION:



Conducting Party

Witnessing Party



Thermogen Power Services Inc.

APÉNDICE F – ACTA DE INICIO Y FIN DE PRUEBAS

ACTA DE FIN DE PRUEBAS

Asunto: Conclusión de pruebas de Consumo Específico Neto en unidad TG3 para informe al Coordinador Eléctrico Nacional.

Fecha: 02 de Octubre de 2019

Asistentes: ENGIE Chile
Marco Velarde

ThermoGen Power Services Inc. (TGPS)

Nestor Ortega

JP Delia

A) Configuración del grupo: TG3 en ciclo abierto con Combustible Diesel

Pruebas Determinación de Consumo Específico Neto utilizando Diesel:

- 4 MW (21:00-21:30hrs) 30-Sept-2019
- 9.4 MW (21:45-22:15hrs) 30-Sept-2019
- 14.8 MW (22:30-23:00hrs) 30-Sept-2019
- 20.2 MW (23:15-23:45hrs) 30-Sept-2019
- 25.6 MW (00:00-00:30hrs) 01-Oct-2019
- 31 MW (00:45-01:15hrs) 01-Oct-2019
- Carga base (01:30-02:00hrs) 01-Oct-2019
- Carga Max (17:40-18:10hrs) 01-Oct-2019

B) Configuración del grupo: TG3 en ciclo abierto con Combustible Gas Natural

Pruebas Determinación de Consumo Específico Neto utilizando Gas Natural:

- 4 MW (21:40-22:10hrs) 01-Oct-2019
- 9.4 MW (22:25-22:55hrs) 01-Oct-2019
- 14.8 MW (23:00-23:30hrs) 01-Oct-2019
- 20.2 MW (00:45-00:15hrs) 01-Oct-2019 – 02-Oct-2019
- 25.6 MW (00:30-01:00hrs) 02-Oct-2019
- 31 MW (01:15-01:45hrs) 02-Oct-2019
- Carga Max (20:50-21:20hrs) 01-Oct-2019

1. Estado de Documentación

Información pendiente de entrega para informe de determinación de Consumo Específico Neto:

- *Extracción de datos DCS conforme a planilla elaborada por ENGIE.*
- *Extracción de datos del medidor de Potencia Bruta.*
- *Extracción de datos del medidor de flujo diésel.*
- *Datos de cromatógrafo de planta para inicio, mitad y fin de prueba.*
- *Análisis de laboratorio para muestras de diésel.*

2. Desviaciones de las Pruebas

Sin desviaciones al protocolo.



ENGIE Chile



ThermoGen Power Services Inc.