



CONSORCIO:	GENERADORA:
 Hamek <small>INGENIEROS ASOCIADOS SAC</small>	

AMADEO
CARRILLO VILLENA

PROYECTO:	CLIENTE:
<p align="center">DETERMINACIÓN DE CONSUMOS ESPECÍFICOS DE UNIDADES GENERADORAS</p>	

TITULO:	<p align="center">INFORME FINAL DE PRUEBAS DE CONSUMOS ESPECÍFICOS NETO DE LA CENTRAL TÉRMICA QUINTERO UNIDAD GENERADORA TG1A CON GAS NATURAL</p>
N° DE DOCUMENTO PROYECTO	CTQ-3-INF-HMK-002

REVISIÓN:	2	EDITADO PARA	Coordinador Eléctrico Nacional
FECHA:	17-07-2019		

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

REGISTROS DE REVISIONES

REV. N°	FECHA	REVISIONES	REVISADO POR	APROBADO POR
1	11-06-2019	Primera versión	Marco Quispe C.	Amadeo Carrillo V.
2	10-07-2019	Observaciones al Informe Técnico de Prueba de Consumo Específico Unidad Quintero 1	Eduardo González V Eglis Hernández Raicit Guevara	Gretchen Zbinden V.
3	17-07-2019	Segunda versión	Marco Quispe C.	Amadeo Carrillo V.

APROBACIÓN DE DOCUMENTOS

EDEL			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
CONSORCIO HAMEK AMADEO_CARRILLO			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA	
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	EDEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

CONTENIDO GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	6
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	14
1.1 Descripción de la Empresa.....	14
1.2 Descripción de la Central Termoeléctrica Quintero.....	14
2 OBJETIVO DE LAS PRUEBAS	15
2.1 Pruebas de Consumos Específicos Neto	15
3 PROGRAMA DE LAS PRUEBAS	16
4 PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL	17
5 CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA	17
6 FRONTERA DE PRUEBA, MEDICIONES REQUERIDAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA	18
6.1 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas.....	18
6.2 Variables Medidas e Instrumentación de Medición.....	19
6.2.1 Variables Primarias.....	19
7 REPORTE DE COMBUSTIBLE.....	20
7.1 Reporte de Gas Natural	20
8 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	21
8.1 Validación de Datos	21
8.2 Cálculos de los Consumos Específicos Neto.....	21
8.2.1 Resultados de los Consumos Específicos Neto Medido (HRN_M).....	21
8.2.2 Cálculo de los Consumos Específicos Neto Corregido (HRN_C).....	22
8.3 Cálculos de la incertidumbre	23
8.3.1 Incertidumbre de la Prueba.....	23
9 CÁLCULO DE CONSUMO ESPECIFICO NETO	26
10 RESULTADOS	26
10.1 Resultados de la Pruebas de Consumo Específico Neto (Sobre Poder Calorífico Superior).....	26
10.2 Resultados de la Pruebas de Consumo Específico Neto (Sobre Poder Calorífico Inferior)	29
10.3 Resultados de Incertidumbre (Sobre Poder Calorífico Superior)	32
10.4 Resultados de Incertidumbre (Sobre Poder Calorífico Inferior)	33

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

ANEXOS

- ANEXO A:** Actas de Ensayo
ANEXO B: Reporte de Combustible
ANEXO C: Cuadros de Cálculo
ANEXO D: Protocolo de Pruebas

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1-1: Descripción de la Central Termoeléctrica Quintero.....	14
Tabla 2-1: Variables primarias.....	15
Tabla 3-1: Programa de Pruebas de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero.....	16
Tabla 3-2: Duración de las Pruebas de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero.....	16
Tabla 5-1: Condiciones de Referencia.....	17
Tabla 6-1: Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas	19
Tabla 7-1: Reporte de Combustible – Gas Natural	20
Tabla 8-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Consumo Especifico Neto de la Unidad Generadora TG1A.....	21
Tabla 10-1: Resultados de la Prueba de Consumo Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior).....	26
Tabla 10-2: Resultados de la Prueba de Consumo Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)	29
Tabla 10-3: Resultados de Incertidumbre la Prueba de Consumo Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior).....	32
Tabla 10-4: Resultados de Incertidumbre la Prueba de Consumo Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)	33

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA	
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4-1:	Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas	17
Ilustración 6-1:	Frontera de Prueba de las Unidades Generadora TG1A y TG1B	18
Ilustración 10-1:	Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)	27
Ilustración 10-2:	Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)	27
Ilustración 10-3:	Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m ³ /kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior).....	28
Ilustración 10-4:	Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior).....	28
Ilustración 10-5:	Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior).....	30
Ilustración 10-6:	Curva Característica del Consumo Específico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior).....	30
Ilustración 10-7:	Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m ³ /kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior).....	31
Ilustración 10-8:	Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)	31

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

RESUMEN EJECUTIVO

Enel es una de las empresas eléctricas más importantes de Chile, que controla los negocios de generación, transmisión y distribución del país. Enel Generación Chile S.A. es a su vez la empresa de generación eléctrica más importante de Chile, con una capacidad instalada total de 6.274 MW y un parque generador de 111 unidades distribuidas a lo largo del país. Su producción alcanzó los 17.373 GWh en 2018, el 55% de ella fue hidroeléctrica, 44% de fuentes termoeléctricas y el 1% de fuente eólica. La Central Térmica Quintero que es propiedad de Enel Generación Chile S.A., está ubicado en la Ruta F30-E lote 2 Predio 16901, Quintero, Región Valparaíso, Chile y está conformada por dos turbinas a gas, TG1A y TG1B de 124890 kW de potencia nominal cada una y que han sido concebidas para operar con combustible dual: gas natural y gasoil ligero.

El presente informe contiene los resultados de las pruebas de Consumo Específico Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero, operando con gas natural.

Durante las pruebas se ha registrado los siguientes parámetros:

- Potencia Bruta
- Factor de Potencia Bruta
- Potencia Neta
- Factor de Potencia Neta
- Potencia de Servicios Auxiliares
- Flujo de Gas Natural
- Temperatura Ambiente
- Humedad Relativa Ambiente
- Presión Barométrica Ambiente
- Caída de Presión al Ingreso
- Caída de Presión a la Salida

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA	
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Las condiciones de diseño y referencia que se ha considerado son las siguientes:

Tabla N° 1
 Condiciones de Diseño y de Referencia

Ítem	Unidades	Condiciones de Diseño	Condiciones de Referencia
Factor de Potencia		0.85	0.95
Temperatura Ambiente	(°C)	14.80	14.80
Humedad Relativa Ambiente	(%)	85.40	85.40
Caída de Presión al Ingreso	(mmH ₂ O)	95.00	95.00
Caída de Presión al Escape	(mmH ₂ O)	78.00	78.00

Las Pruebas de Consumo Especifico Neto se realizaron con Gas Natural. Durante las pruebas se obtuvo un reporte cromatográfico por cada escalón ensayado, de donde se obtuvo los valores que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 2
 Reporte Cromatográfico del Combustible – Gas Natural

Reporte	Fecha / Hora	Poder Calorífico Superior		Poder Calorífico Inferior		Densidad
		kcal/m ³	MJ/m ³	kcal/m ³	MJ/m ³	kg/m ³
1er Escalón	28-05-2019 / 23:00	9345.8496	39.1292	8424.9873	35.2737	0.7081
2do Escalón	29-05-2019 / 00:00	9345.7734	39.1289	8424.9170	35.2734	0.7081
3er Escalón	29-05-2019 / 00:46	9345.7148	39.1286	8424.8633	35.2732	0.7081
4to Escalón	29-05-2019 / 01:35	9345.6523	39.1284	8424.8057	35.2730	0.7081
5to Escalón	29-05-2019 / 02:23	9345.5908	39.1281	8424.7500	35.2727	0.7081
6to Escalón	29-05-2019 / 03:12	9345.5283	39.1279	8424.6924	35.2725	0.7081
7mo Escalón	29-05-2019 / 04:01	9345.4668	39.1276	8424.6348	35.2723	0.7081
Promedio		9345.6537	39.1284	8424.8072	35.2730	0.7081

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL			
INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL
			Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

RESULTADOS

1.1. Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Superior)

Tabla N° 3

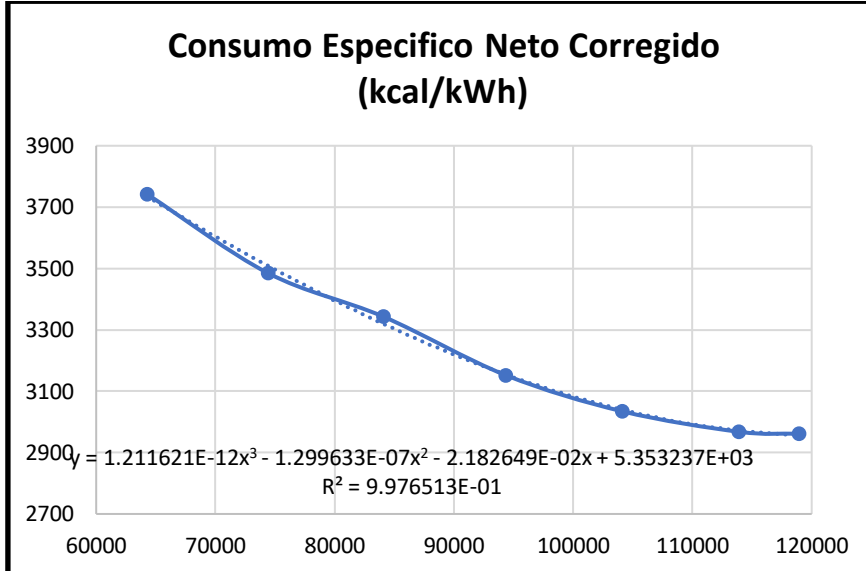
Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Consumo Especifico Neto Corregido		Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)	(m³/h)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m³/kWh)	(%)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m³/kWh)	(%)
1er Escalón	120000	119793.208	118895.428	37384.865	2938.599	12303.328	0.314	29.260	2961.502	12399.218	± 24.719	± 103.493	0.317	29.034
2do Escalón	115000	114740.239	113885.297	35907.863	2946.671	12337.121	0.315	29.180	2967.867	12425.865	± 23.235	± 97.279	0.318	28.972
3er Escalón	105000	104899.703	104115.080	33593.646	3015.457	12625.118	0.323	28.515	3034.476	12704.744	± 24.037	± 100.639	0.325	28.336
4to Escalón	95000	95098.801	94333.893	31577.275	3128.359	13097.814	0.335	27.486	3152.474	13198.778	± 25.896	± 108.421	0.337	27.275
5to Escalón	85000	84762.322	84070.839	29796.750	3312.327	13868.052	0.354	25.959	3343.264	13997.580	± 31.206	± 130.655	0.358	25.719
6to Escalón	75000	75046.243	74381.161	27462.027	3450.479	14446.465	0.369	24.920	3485.563	14593.355	± 29.534	± 123.655	0.373	24.669
7mo Escalón	65000	64920.617	64260.098	25474.328	3704.854	15511.482	0.396	23.209	3742.564	15669.368	± 47.683	± 199.639	0.400	22.975

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL					
INFORME		PROPIETARIO		GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional		ENEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración N° 1

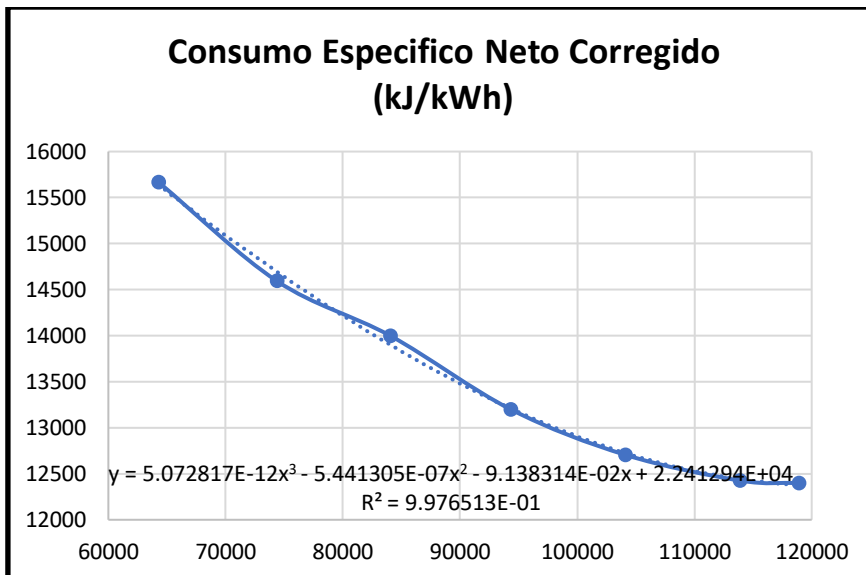
Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	5.353237E+03
a ₁	-2.182649E-02
a ₂	-1.299633E-07
a ₃	1.211621E-12

Ilustración N° 2

Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



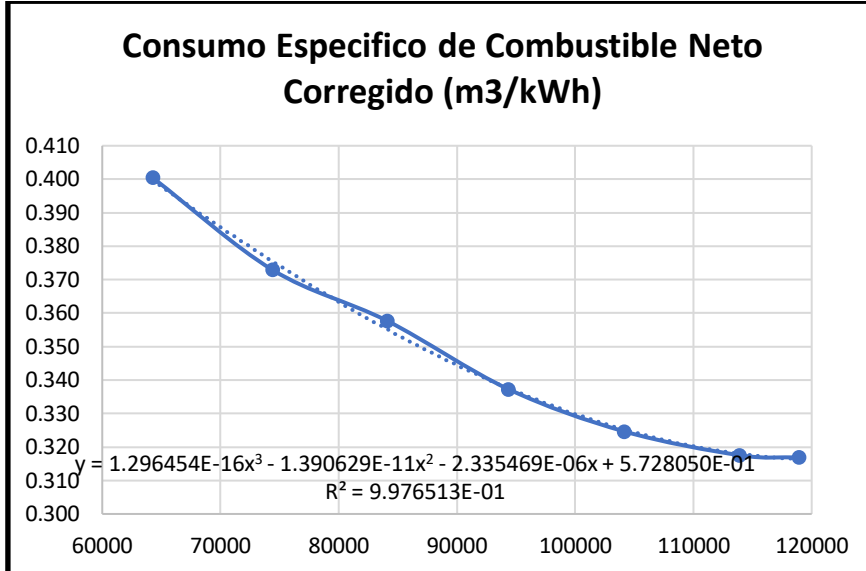
Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh)	
a ₀	2.241294E+04
a ₁	-9.138314E-02
a ₂	-5.441305E-07
a ₃	5.072817E-12

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración N° 3

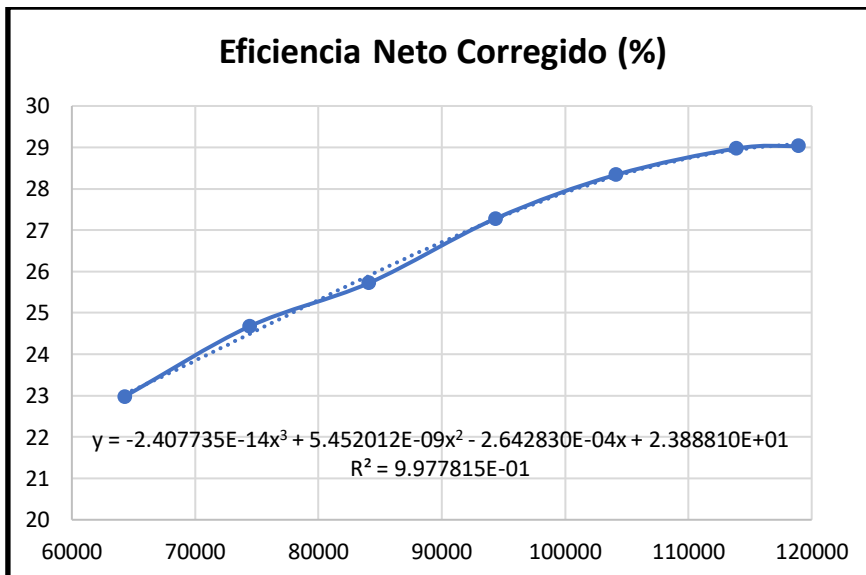
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m³/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (m³/kWh)	
a ₀	5.728050E-01
a ₁	-2.335469E-06
a ₂	-1.390629E-11
a ₃	1.296454E-16

Ilustración N° 4

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2.388810E+01
a ₁	-2.642830E-04
a ₂	5.452012E-09
a ₃	-2.407735E-14

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA	
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

1.2. Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Inferior)¹

Tabla N° 4

Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)

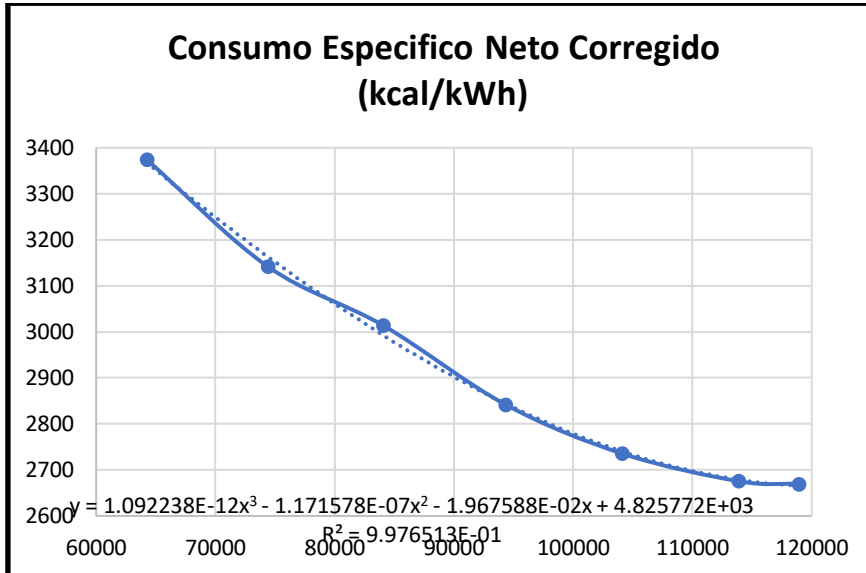
Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Consumo Especifico Neto Corregido		Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)	(m ³ /h)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)
1er Escalón	120000	119793.208	118895.428	37384.865	2649.053	11091.051	0.314	32.459	2669.699	11177.493	± 22.283	± 93.296	0.317	32.208
2do Escalón	115000	114740.239	113885.297	35907.863	2656.329	11121.515	0.315	32.370	2675.437	11201.514	± 20.945	± 87.694	0.318	32.139
3er Escalón	105000	104899.703	104115.080	33593.646	2718.338	11381.134	0.323	31.631	2735.483	11452.915	± 21.669	± 90.722	0.325	31.433
4to Escalón	95000	95098.801	94333.893	31577.275	2820.115	11807.255	0.335	30.490	2841.854	11898.271	± 23.344	± 97.738	0.337	30.256
5to Escalón	85000	84762.322	84070.839	29796.750	2985.957	12501.599	0.354	28.796	3013.846	12618.365	± 28.132	± 117.781	0.358	28.530
6to Escalón	75000	75046.243	74381.161	27462.027	3110.496	13023.020	0.369	27.643	3142.123	13155.437	± 26.624	± 111.471	0.373	27.365
7mo Escalón	65000	64920.617	64260.098	25474.328	3339.807	13983.098	0.396	25.745	3373.801	14125.428	± 42.985	± 179.968	0.400	25.486

¹ Reporte realizado de forma informativa y de manera adicional.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL					
INFORME		PROPIETARIO		GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional		ENEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración N° 5

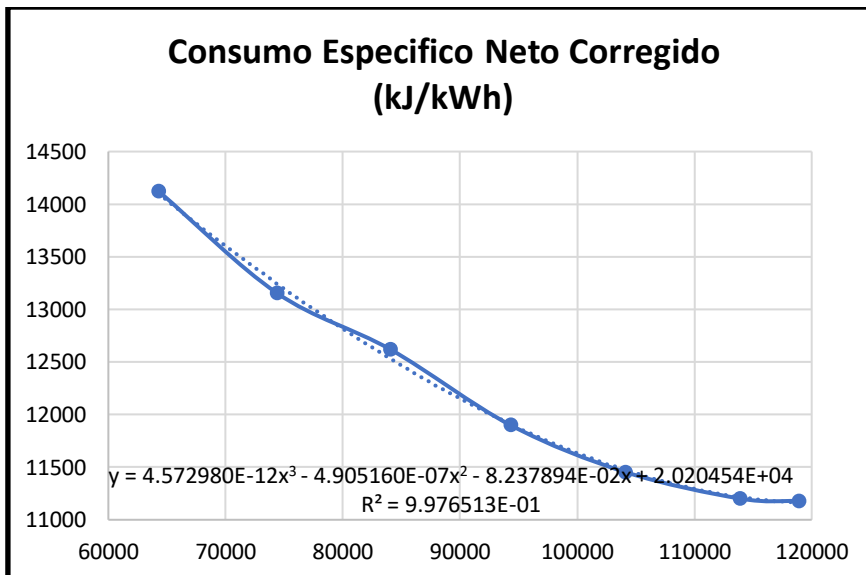
Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	4.825772E+03
a ₁	-1.967588E-02
a ₂	-1.171578E-07
a ₃	1.092238E-12

Ilustración N° 6

Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



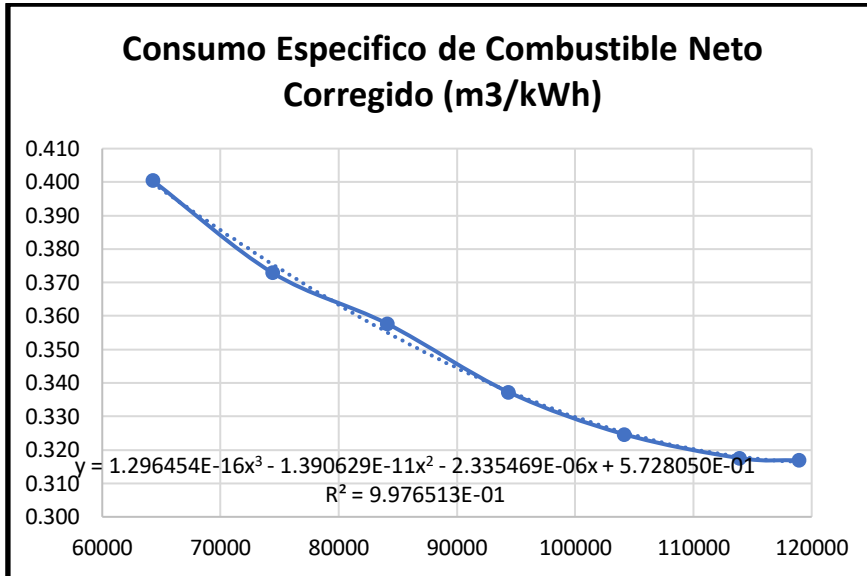
Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh)	
a ₀	2.020454E+04
a ₁	-8.237894E-02
a ₂	-4.905160E-07
a ₃	4.572980E-12

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración N° 7

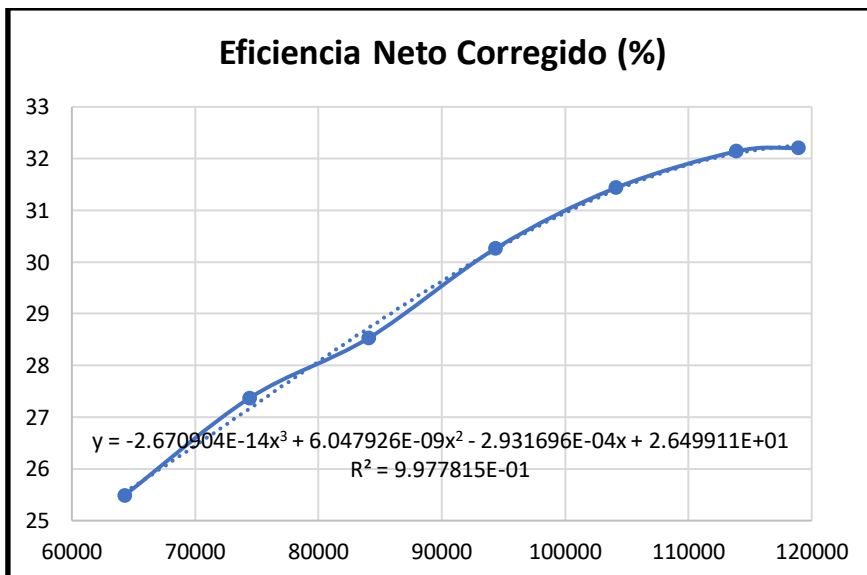
Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m³/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (m ³ /kWh)	
a ₀	5.728050E-01
a ₁	-2.335469E-06
a ₂	-1.390629E-11
a ₃	1.296454E-16

Ilustración N° 8

Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2.649911E+01
a ₁	-2.931696E-04
a ₂	6.047926E-09
a ₃	-2.670904E-14

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Descripción de la Empresa

Enel es una de las empresas eléctricas más importantes de Chile, que controla los negocios de generación, transmisión y distribución del país. Enel Generación Chile S.A. es a su vez la empresa de generación eléctrica más importante de Chile, con una capacidad instalada total de 6.274 MW y un parque generador de 111 unidades distribuidas a lo largo del país. Su producción alcanzó los 17.373 GWh en 2018, el 55% de ella fue hidroeléctrica, 44% de fuentes termoeléctricas y el 1% de fuente eólica.

1.2 Descripción de la Central Termoeléctrica Quintero

La Central Termoeléctrica Quintero, se ubica en la Ruta F30-E lote 2 Predio 16901, Quintero, Región Valparaíso, Chile.

Esta central está conformada por turbinas de gas, TG1A y TG1B, cuyas características se indican a continuación:

Tabla 1-1: Descripción de la Central Termoeléctrica Quintero

Concepto	Unidad	Unidad TG1A	Unidad TG1B
Marca		General Electric	General Electric
Modelo		PG 9171	PG 9171
Serie		890938	890939
Tipo turbina		Heavy Duty	Heavy Duty
Tipo de Sistema de Combustión		Dry Low NOx	Dry Low NOx
Tipo de Unidad		Turbina de Gas	Turbina de Gas
Tipo de Combustible		Combustible Dual (Gas Natural + Gasoil Ligero)	
Año de Fabricación	Año	2009	2009
Fecha de Entrada en Operación	dd-mm-aa	22-09-2009	04-09-2009
Potencia Nominal	MW	124.890	124.890
Potencia Mínimo Técnico ²	MW	65	65
Potencia Máxima Técnico ³	MW	120	120
Tensión Nominal	kV	15	15
Factor de Potencia	-	0.85	0.85
Velocidad de Rotación	RPM	3 000	3 000

² Acorde a normativa ambiental

³ Acorde a normativa ambiental

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

2 OBJETIVO DE LAS PRUEBAS

2.1 Pruebas de Consumos Específicos Neto

Estos ensayos tienen por objeto contar con toda la información necesaria para calcular los Consumos Específicos Neto de la Unidades Generadoras TG1A a partir de una operación a distintas cargas, y bajo condiciones de estabilidad requeridas.

Durante los ensayos se han medido los siguientes parámetros:

Tabla 2-1: Variables primarias

Ítem	Variable
Variables de Condiciones Ambientales	
a)	Temperatura Ambiente
b)	Humedad Relativa Ambiente
c)	Presión Ambiente
Variables Eléctricas	
a)	Potencia Activa Bruta
b)	Potencia Reactiva Bruta
c)	Factor de Potencia Bruta
d)	Potencia Activa Neta
e)	Potencia Reactiva Neta
f)	Factor de Potencia Neta
Consumo de Combustible	
a)	Consumo de gas natural.
Condiciones Operativas	
a)	Caída de Presión al Ingreso
b)	Presión de Gases de Escape

Así mismo, se registraron las siguientes variables secundarias que son las que se miden, pero no entran en el cálculo de la Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras, pero se miden para asegurarse que no se ha violado la condición de prueba requerida:

- a. Tensión.
- b. Consumos propios o auxiliares.
- c. Temperatura de gases de escape.
- d. Temperatura del combustible.
- e. Presión de descarga del compresor.
- f. Presión de Ingreso del fluido de trabajo.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

3 PROGRAMA DE LAS PRUEBAS

Conforme se ha indicado en el Acta de Ensayo, luego de coordinaciones previas y a la luz de las condiciones encontradas en la unidad TG1A a ser evaluada, se definió finalmente el Programa de Pruebas de Consumo Específico Neto de esta unidad que se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3-1: Programa de Pruebas de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero

Hito		Potencia Nominal	Hora de Inicio	Hora de Final
Toma de máxima carga y estabilización			22:30	22:45
Prueba CEN a Potencia Máxima	P _{Pot. Máx}	120 MW	22:45	23:15
Toma de carga y estabilización			23:15	23:45
Prueba CEN a 2 ^{da} Carga Intermedia	P _{2da Parcial}	115 MW	23:45	00:15
Toma de carga y estabilización			00:15	00:32
Prueba CEN a 3 ^{ra} Carga Intermedia	P _{3ra Parcial}	105 MW	00:32	01:02
Toma de carga y estabilización			01:02	01:21
Prueba CEN a 4 ^{ta} Carga Intermedia	P _{4ta Parcial}	95 MW	01:21	01:51
Toma de carga y estabilización			01:51	02:09
Prueba CEN a 5 ^{ta} Carga Intermedia	P _{5ta Parcial}	85 MW	02:09	02:39
Toma de carga y estabilización			02:39	02:58
Prueba CEN a 6 ^{ta} Carga Intermedia	P _{6ta Parcial}	75 MW	02:58	03:28
Toma de mínima carga y estabilización			03:28	03:47
Prueba CEN a Mínimo Técnico Ambiental	P _{Min. Téc. Amb.}	65 MW	03:47	04:17

Tabla 3-2: Duración de las Pruebas de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero

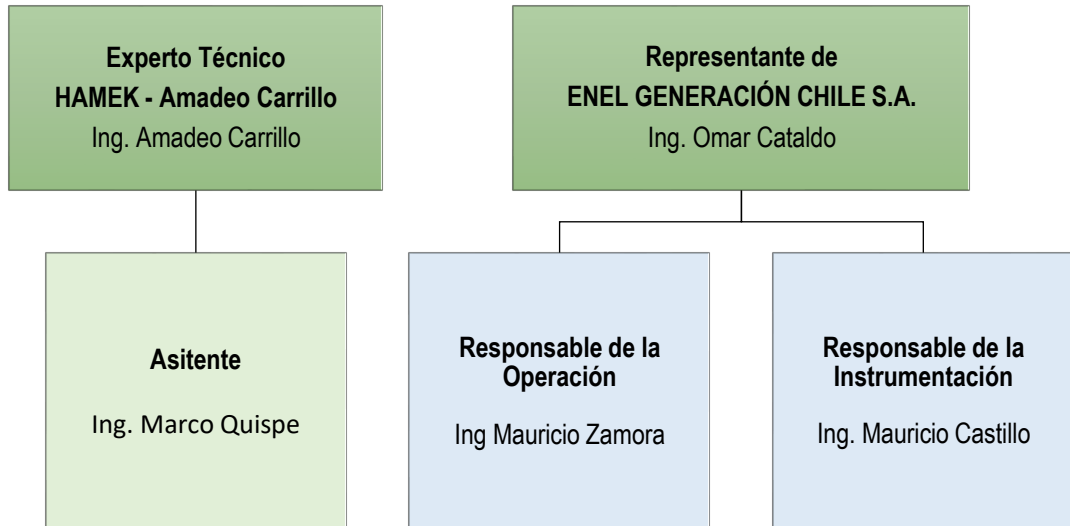
Descripción	Nomenclatura	Potencia	Duración
Prueba CEN a Potencia Máxima.	P _{Pot. Máx.}	120 MW	30 min.
Prueba CEN a 2 ^{da} Carga Intermedia	P _{2da. Parcial}	75 MW	30 min.
Prueba CEN a 3 ^{ra} Carga Intermedia	P _{3ra. Parcial}	85 MW	30 min.
Prueba CEN a 4 ^{ta} Carga Intermedia	P _{4ta. Parcial}	95 MW	30 min.
Prueba CEN a 5 ^{ta} Carga Intermedia	P _{5ta. Parcial}	105 MW	30 min.
Prueba CEN a 6 ^{ta} Carga Intermedia	P _{6ta. Parcial}	115 MW	30 min.
Prueba CEN a Mínimo Técnico Ambiental	P _{Min. Téc. Amb.}	65 MW	30 min.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

4 PARTICIPANTES EN LAS PRUEBAS Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

Durante las pruebas han participado, el representante de ENEL GENERACION CHILE S.A., el Experto Técnico y el Asistente de la CONSULTORA; como se indica en el siguiente gráfico.

Ilustración 4-1: Participantes y Organización del Personal durante las Pruebas



5 CONDICIONES DE DISEÑO Y REFERENCIA

Según el Artículo 36 del Anexo Técnico, el Consumo Especifico Neto determinado en la prueba correspondiente, podrá ser corregida a fin de homologarla con los valores de referencia para los cuales fue calculada el Consumo Especifico original de garantía. Para ello se hace uso de las Curvas de Corrección de las Unidades Generadoras de la Central Termoeléctrica.

Las condiciones de referencia a las cuales hay que corregir el Consumo Especifico Neto Medido son los que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5-1: Condiciones de Referencia

Ítem	Unidades	Condiciones de Diseño	Condiciones de Referencia
Factor de Potencia		0.85	0.95
Temperatura Ambiente	(°C)	14.80	14.80
Humedad Relativa Ambiente	(%)	85.40	85.40
Caída de Presión al Ingreso	(mmH ₂ O)	95.00	95.00
Caída de Presión al Escape	(mmH ₂ O)	78.00	78.00

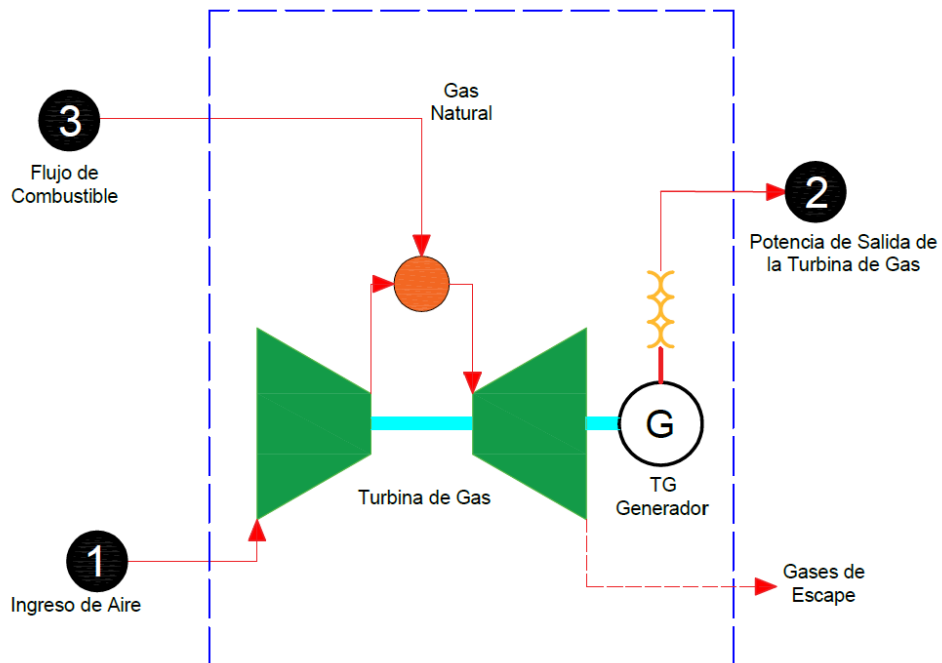
ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

6 FRONTERA DE PRUEBA, MEDICIONES REQUERIDAS E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

6.1 Frontera de Prueba y Mediciones Requeridas

La frontera de prueba identifica los flujos de energía que deben ser medidos para calcular los resultados corregidos. En la siguiente figura se identifica dichos flujos, considerando que son los que atraviesan la frontera, los otros flujos que se quedan dentro de la frontera no se necesitan para obtener los resultados corregidos; sin embargo, sirven para verificar las condiciones operativas.

Ilustración 6-1: Frontera de Prueba de las Unidades Generadora TG1A y TG1B



Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

1. Ingreso de aire para combustión, se requiere medir la temperatura, presión y humedad en donde el aire ingresa al compresor de la turbina a gas.
2. Potencia de salida del generador de la turbina a gas.
3. Flujo de gas natural que ingresa a la turbina de gas.
4. Caída de Presión al Ingreso
5. Caída de Presión de Gases de Escape

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

6.2 Variables Medidas e Instrumentación de Medición

6.2.1 Variables Primarias

Estas variables son las que se miden y se utilizan en los cálculos de resultados de la Determinación de Consumos Específicos de la Unidad Generadora TG1A, pertenecientes a la Central Termoeléctrica Quintero. En la siguiente tabla se indica estas variables y los instrumentos de medición utilizados.

Tabla 6-1: Variables e Instrumentos de Medición Utilizados en las Pruebas

Variables Medidas	Unidad	Marca	Modelo	Serie
Potencia Bruta				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	TG1A	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1308B049-03
Potencia Neta				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	TG1A	Schneider Electric	ION 7650	MJ-1707A164-05
Potencia de Servicios Auxiliares				
Parámetros eléctricos: Potencia, factor de potencia	TG1A	Schneider Electric	ION 7650	PJ-1203A755-03
Condiciones Ambientales				
Parámetros ambientales: Presión ambiente.	TG1A	Vaisala	PTB110	P1340181
Parámetros ambientales: Temperatura ambiente y humedad relativa.	TG1A	Vaisala	HMP60	K442004
Consumo de Gas Natural				
Flujo, temperatura y presión de combustible (Gas Natural)	TG1A	OMNI	6000	72881
Reporte Cromatográfico				
Reporte cromatográfico del Gas Natural.	TG1A	DANIEL	2350A	9009550

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME	PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL
			Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

7 REPORTE DE COMBUSTIBLE

7.1 Reporte de Gas Natural

Durante las pruebas de Consumo Específicos Neto, la empresa distribuidora de gas (Electrogas) reportó información del análisis cromatográfico por cada escalón ensayado.

Este reporte contiene la siguiente información:

- I. Análisis cromatográfico en porcentaje volumétrico o molar que incluya el contenido de hidrocarburos (metano, etano, propano, isobutano, n-butano, isopentano, n-pentano, hexano y heptano), nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico (H₂S).
- II. Densidad relativa y densidad del gas corregida.
- III. Gravedad específica.
- IV. Poderes caloríficos superior e inferior.

Del reporte cromatográfico mencionado se ha extraído la siguiente información correspondiente al gas natural para cada uno de los escalones de la prueba.

Tabla 7-1: Reporte de Combustible – Gas Natural

Reporte	Fecha / Hora	Poder Calorífico Superior		Poder Calorífico Inferior		Densidad
		kcal/m ³	MJ/m ³	kcal/m ³	MJ/m ³	kg/m ³
1er Escalón	28-05-2019 / 23:00	9345.8496	39.1292	8424.9873	35.2737	0.7081
2do Escalón	29-05-2019 / 00:00	9345.7734	39.1289	8424.9170	35.2734	0.7081
3er Escalón	29-05-2019 / 00:46	9345.7148	39.1286	8424.8633	35.2732	0.7081
4to Escalón	29-05-2019 / 01:35	9345.6523	39.1284	8424.8057	35.2730	0.7081
5to Escalón	29-05-2019 / 02:23	9345.5908	39.1281	8424.7500	35.2727	0.7081
6to Escalón	29-05-2019 / 03:12	9345.5283	39.1279	8424.6924	35.2725	0.7081
7mo Escalón	29-05-2019 / 04:01	9345.4668	39.1276	8424.6348	35.2723	0.7081
Promedio		9345.6537	39.1284	8424.8072	35.2730	0.7081

Los reportes cromatográficos emitidos por Electrogas, se encuentran en el Apéndice B.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

8 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

8.1 Validación de Datos

Las mediciones de las Variables Primarias, cuyos datos registrados se encuentren fuera de los rangos de fluctuación indicados en la siguiente tabla serán eliminados. Respecto a los datos que serán eliminados, se debe condicionar la prueba a la estabilidad exigida.

Las mediciones válidas serán todas las mediciones efectuadas menos las mediciones eliminadas.

Tabla 8-1: Condiciones de estabilidad de la Prueba de Consumo Especifico Neto de la Unidad Generadora TG1A

Parámetro	Máxima fluctuación respecto al valor promedio
Potencia eléctrica de salida	± 1.3 %
Factor de Potencia	± 1.3 %
Presión barométrica	± 0.33 %
Temperatura de ingreso del aire	± 1.3 °F o ± 0.72 °C
Presión del combustible gaseoso suministrado a la turbina de gas	± 0.65 %
Flujo de combustible	± 1.3 %
Presión de descarga	± 0.33 %
Velocidad de rotación	± 0.65 %

8.2 Cálculos de los Consumos Específicos Neto

8.2.1 Resultados de los Consumos Específicos Neto Medido (HRN_M)

Para los datos validados, se determinará el Consumo Especifico Neto Medido o Heat Rate Neto Medido durante el escalón ensayado (HRN_M); considerando el consumo de gas natural, el poder calorífico superior del Gas Natural utilizado como combustible (HHV) y la potencia neta medida en cada carga (escalón) ensayada. Para ellos se aplicará la siguiente formula:

$$HRN_M = \frac{m_{GN} * HHV}{PN_M}$$

Donde:

- HRN_M : Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- m_{GN} : Consumo de Gas Natural, m³/h o kg/h.
- HHV : Poder Calorífico Superior del Gas Natural, kJ.
- PN_M : Potencia Neta Medida, kW.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

8.2.2 Cálculo de los Consumos Específicos Neto Corregido (HRN_C)

Para calcular el valor de Consumo Especifico Neto Corregido o Heat Rate Neto Corregido, estas deberán ser ajustados por medio de la aplicación de factores de corrección multiplicativos. Para ello se aplicará la siguiente formula:

$$HRN_C = \frac{HRN_M}{\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4}$$

Donde:

- HRN_C : Heat Rate Neto Corregido, kJ/kWh.
- HRN_M : Heat Rate Neto Medido, kJ/kWh.
- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.
- α_3 : Factor de Corrección por Caída de Presión al Ingreso.
- α_4 : Factor de Corrección por Caída de Presión de Gases de Escape.

Según la norma ASME PTC 22, el factor de corrección α_1 se deduce de la curva de corrección y es el resultado de dividir el factor de corrección de las condiciones de prueba a condiciones de diseño entre el factor de corrección de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño; así por ejemplo el factor de corrección por temperatura ambiente se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_{1a}}{\alpha_{1b}}$$

Donde:

- α_1 : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- α_{1a} : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{1b} : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

Para, el factor de corrección por humedad relativa (α_2) se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_{2a}}{\alpha_{2b}}$$

Donde:

- α_2 : Factor de Corrección por Humedad Relativa.
- α_{2a} : Factor de Corrección por Humedad Relativa de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{2b} : Factor de Corrección por Humedad Relativa de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Para, el factor de corrección por caída de presión al ingreso (α_3) se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_{3a}}{\alpha_{3b}}$$

Donde:

- α_3 : Factor de Corrección por Caída de Presión al Ingreso.
- α_{3a} : Factor de Corrección por Caída de Presión al Ingreso de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{3b} : Factor de Corrección por Caída de Presión al Ingreso de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

Finalmente, el factor de corrección por caída de presión de gases de escape (α_4) se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_4 = \frac{\alpha_{4a}}{\alpha_{4b}}$$

Donde:

- α_4 : Factor de Corrección por Caída de Presión de Gases de Escape.
- α_{4a} : Factor de Corrección por Caída de Presión de Gases de Escape de las condiciones de pruebas a las condiciones de diseño.
- α_{4b} : Factor de Corrección por Caída Presión de Gases de Escape de las condiciones de referencia a las condiciones de diseño.

8.3 Cálculos de la incertidumbre

La incertidumbre del resultado de la prueba, es un cálculo matemático que calcula con una confianza específica, el rango dentro del cual se encuentra los resultados reales. Según la norma ASME PTC 19.1 "Test Uncertainty"; para la unidad que estamos evaluando en el modo de ciclo simple y ciclo combinado, la incertidumbre más grande deseada es igual a 0.8%.

A continuación, se muestra la metodología utilizada en el cálculo de la Incertidumbre de la prueba de Consumos Específicos Neto Corregido.

8.3.1 Incertidumbre de la Prueba

El cálculo de la incertidumbre total de una prueba, así como la composición de la incertidumbre sistemática y aleatoria, e obtendrán de la siguiente expresión:

$$U_{95} = \sqrt{B_R^2 + (t \cdot S_R)^2}$$

Donde el primer término corresponde a la contribución de la incertidumbre

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

sistemática y el segundo, a la del azar.

La expresión anterior nos muestra la incertidumbre absoluta, es decir, en la unidad del resultado de la prueba (Consumos Especificos Neto Corregido), para calcular la incertidumbre relativa porcentual se aplica lo siguiente:

$$U_R \% = \frac{U_R}{R}$$

a) Cálculo de la Incertidumbre Sistemática Absoluta

La incertidumbre sistemática absoluta se calcula con la siguiente expresión:

$$B_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot B_{\bar{P}i})^2}$$

Donde:

- B_R : Incertidumbre sistemática total, %.
- θ_i : Coeficiente de sensibilidad % / %.
- $B_{\bar{P}i}$: Incertidumbre sistemática de cada variable individual %.
- i : La sumatoria al ejecutar todas las variables que intervienen en el cálculo del resultado.

La incertidumbre Sistemática Instrumental de cada variable que interviene en el cálculo del resultado final se obtendrá de:

$$B_{\bar{P}i} = \frac{\text{Precisión}\%}{100} \cdot \bar{X}_i$$

El coeficiente de sensibilidad absoluto se obtendrá de:

$$\theta_i = \frac{\partial R}{\partial \bar{X}_i} \approx \frac{\Delta R}{\Delta \bar{X}_i}$$

Así también, el coeficiente de sensibilidad relativa se obtendrá de:

$$\theta_i' = \frac{\bar{X}_i}{R} \cdot \frac{\partial R}{\partial \bar{X}_i}$$

Donde:

- \bar{X}_i : Valor medio de la variable obtenida durante la prueba.
- R : Resultado de los cálculos de la prueba.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

El valor de \bar{X}_i , llamado Valor Medio, será calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{P}_i = \frac{1}{N_j} \cdot \sum_{k=1}^{N_j} P_{ik}$$

Donde:

- N_j : Número total de lecturas de la variable i.
- P_{ik} : Valor de la lectura k de la variable i.
- $\sum P_{ik}$: La sumatoria al ejecutar todas las lecturas registradas durante la prueba de la variable i.

b) Cálculo de la Incertidumbre Aleatoria Absoluta

La incertidumbre aleatoria absoluta se dará por:

$$tS_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot S_{\bar{x}_i} \cdot t_{95,v})^2}$$

Donde:

- N_j : Número total de lecturas de la variable i.
- tS_R : Incertidumbre aleatoria Absoluta.
- $S_{\bar{x}_i}$: Desviación estándar de la media de la variable Xi.
- $t_{95,v}$: t Student's con 95% de Confiabilidad y $v = N_j - 1$ grados de libertad.

La desviación estándar de la media se obtendrá de:

$$S_{\bar{x}_i} = \frac{1}{\sqrt{N_j}} \sqrt{\sum_{k=1}^{N_j} \frac{(X_{ik} - \bar{X}_i)^2}{N_j - 1}}$$

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

9 CÁLCULO DE CONSUMO ESPECIFICO NETO

Los cuadros de cálculo de la prueba de Consumo Especifico Neto de la Unidad Generadora TG1A operando con Gas Natural de la Central Térmica Quintero, se muestran en el Apéndice C.

10 RESULTADOS

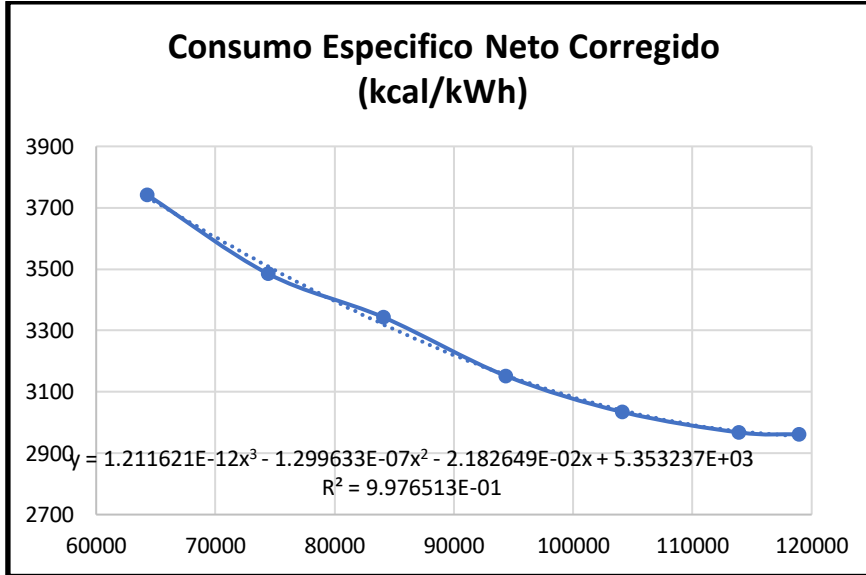
10.1 Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Superior)

Tabla 10-1: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Consumo Especifico Neto Corregido		Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)	(m ³ /h)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)
1er Escalón	120000	119793.208	118895.428	37384.865	2938.599	12303.328	0.314	29.260	2961.502	12399.218	± 24.719	± 103.493	0.317	29.034
2do Escalón	115000	114740.239	113885.297	35907.863	2946.671	12337.121	0.315	29.180	2967.867	12425.865	± 23.235	± 97.279	0.318	28.972
3er Escalón	105000	104899.703	104115.080	33593.646	3015.457	12625.118	0.323	28.515	3034.476	12704.744	± 24.037	± 100.639	0.325	28.336
4to Escalón	95000	95098.801	94333.893	31577.275	3128.359	13097.814	0.335	27.486	3152.474	13198.778	± 25.896	± 108.421	0.337	27.275
5to Escalón	85000	84762.322	84070.839	29796.750	3312.327	13868.052	0.354	25.959	3343.264	13997.580	± 31.206	± 130.655	0.358	25.719
6to Escalón	75000	75046.243	74381.161	27462.027	3450.479	14446.465	0.369	24.920	3485.563	14593.355	± 29.534	± 123.655	0.373	24.669
7mo Escalón	65000	64920.617	64260.098	25474.328	3704.854	15511.482	0.396	23.209	3742.564	15669.368	± 47.683	± 199.639	0.400	22.975

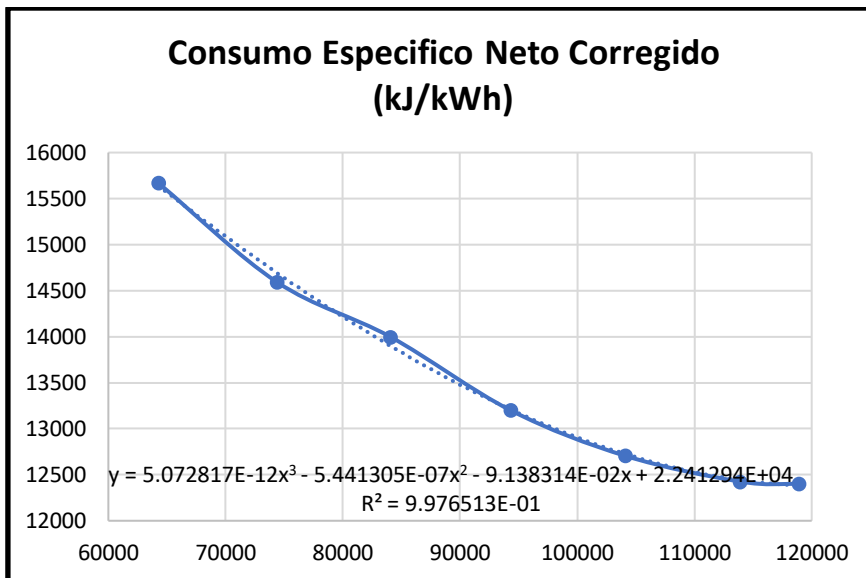
ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración 10-1: Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	5.353237E+03
a ₁	-2.182649E-02
a ₂	-1.299633E-07
a ₃	1.211621E-12

Ilustración 10-2: Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)

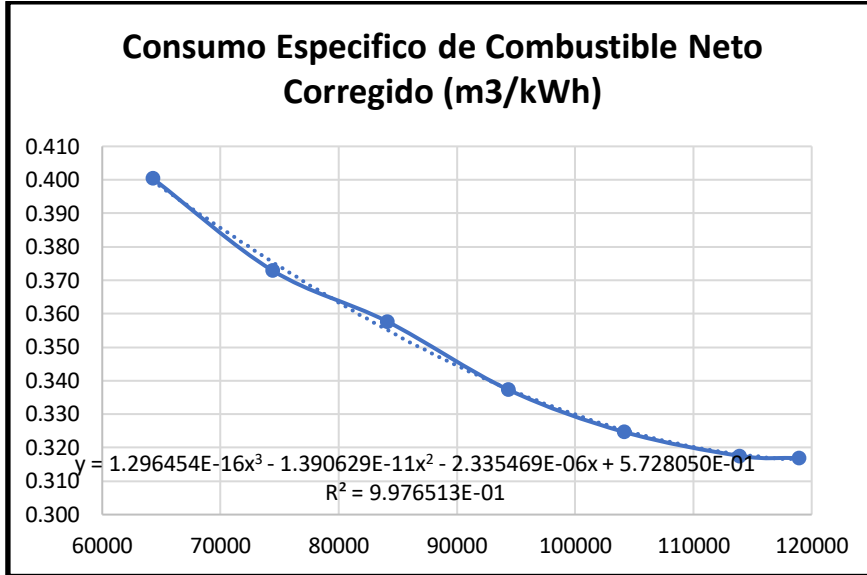


Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh)	
a ₀	2.241294E+04
a ₁	-9.138314E-02
a ₂	-5.441305E-07
a ₃	5.072817E-12

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

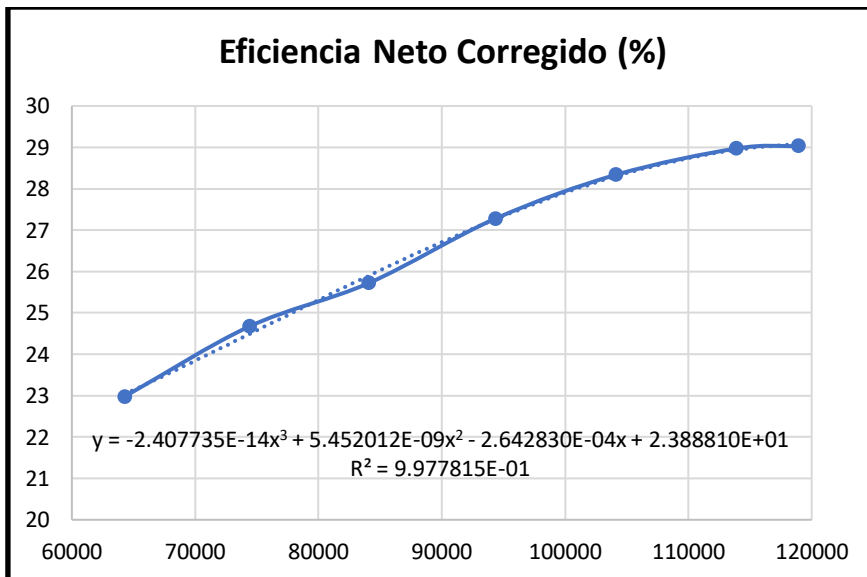
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración 10-3: Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m³/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (m ³ /kWh)	
a ₀	5.728050E-01
a ₁	-2.335469E-06
a ₂	-1.390629E-11
a ₃	1.296454E-16

Ilustración 10-4: Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2.388810E+01
a ₁	-2.642830E-04
a ₂	5.452012E-09
a ₃	-2.407735E-14

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

10.2 Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto (Sobre Poder Calorífico Inferior)⁴

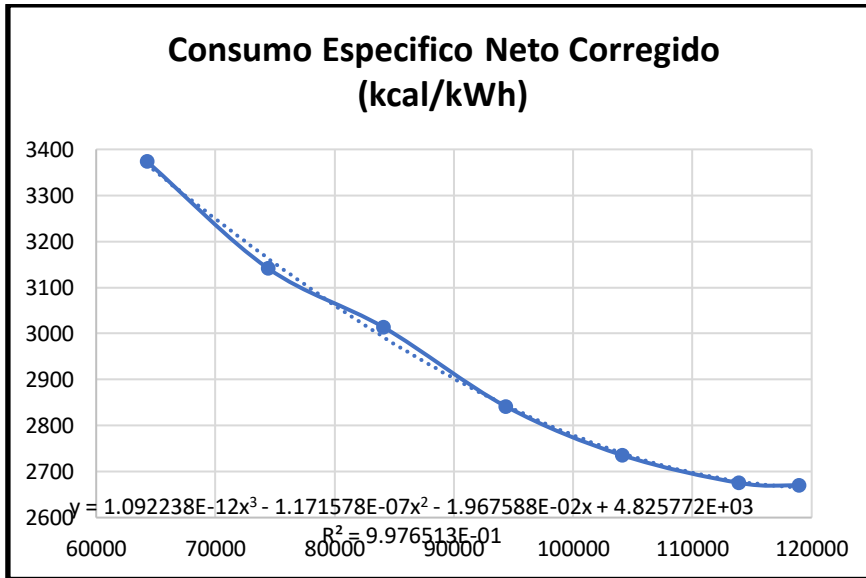
Tabla 10-2: Resultados de las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)

Escalón	Potencia Nominal	Potencia Bruta Medida	Potencia Neta Medida	Consumo de Combustible Medido	Consumo Especifico Neto Medido		Consumo Especifico de Combustible Neto Medido	Eficiencia Neto Medido	Consumo Especifico Neto Corregido		Incertidumbre		Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido	Eficiencia Neto Corregido
	(kW)	(kW)	(kW)	(m ³ /h)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(kcal/kWh)	(kJ/kWh)	(m ³ /kWh)	(%)
1er Escalón	120000	119793.208	118895.428	37384.865	2649.053	11091.051	0.314	32.459	2669.699	11177.493	± 22.283	± 93.296	0.317	32.208
2do Escalón	115000	114740.239	113885.297	35907.863	2656.329	11121.515	0.315	32.370	2675.437	11201.514	± 20.945	± 87.694	0.318	32.139
3er Escalón	105000	104899.703	104115.080	33593.646	2718.338	11381.134	0.323	31.631	2735.483	11452.915	± 21.669	± 90.722	0.325	31.433
4to Escalón	95000	95098.801	94333.893	31577.275	2820.115	11807.255	0.335	30.490	2841.854	11898.271	± 23.344	± 97.738	0.337	30.256
5to Escalón	85000	84762.322	84070.839	29796.750	2985.957	12501.599	0.354	28.796	3013.846	12618.365	± 28.132	± 117.781	0.358	28.530
6to Escalón	75000	75046.243	74381.161	27462.027	3110.496	13023.020	0.369	27.643	3142.123	13155.437	± 26.624	± 111.471	0.373	27.365
7mo Escalón	65000	64920.617	64260.098	25474.328	3339.807	13983.098	0.396	25.745	3373.801	14125.428	± 42.985	± 179.968	0.400	25.486

⁴ Reporte realizado de forma informativa y de manera adicional.

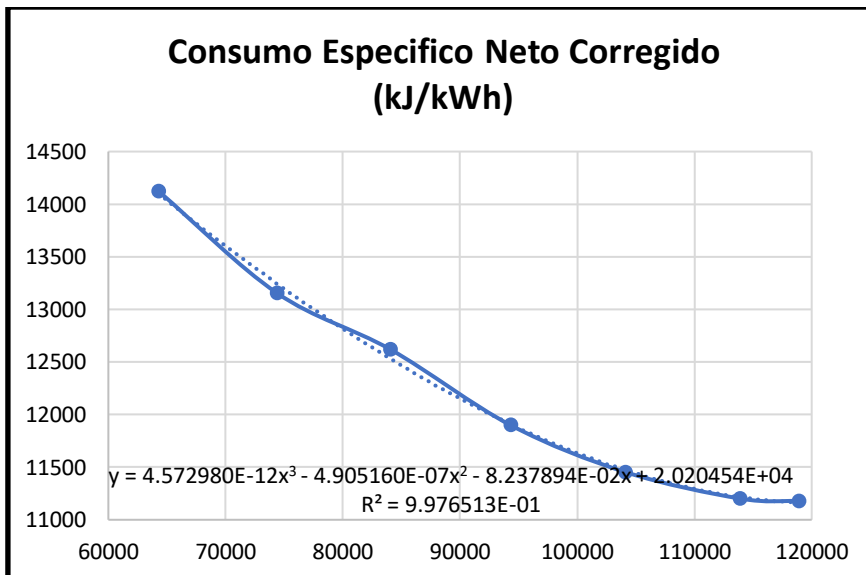
ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL					
INFORME		PROPIETARIO		GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional		ENEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración 10-5: Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Consumo Especifico Neto Corregido (kcal/kWh)	
a ₀	4.825772E+03
a ₁	-1.967588E-02
a ₂	-1.171578E-07
a ₃	1.092238E-12

Ilustración 10-6: Curva Característica del Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)

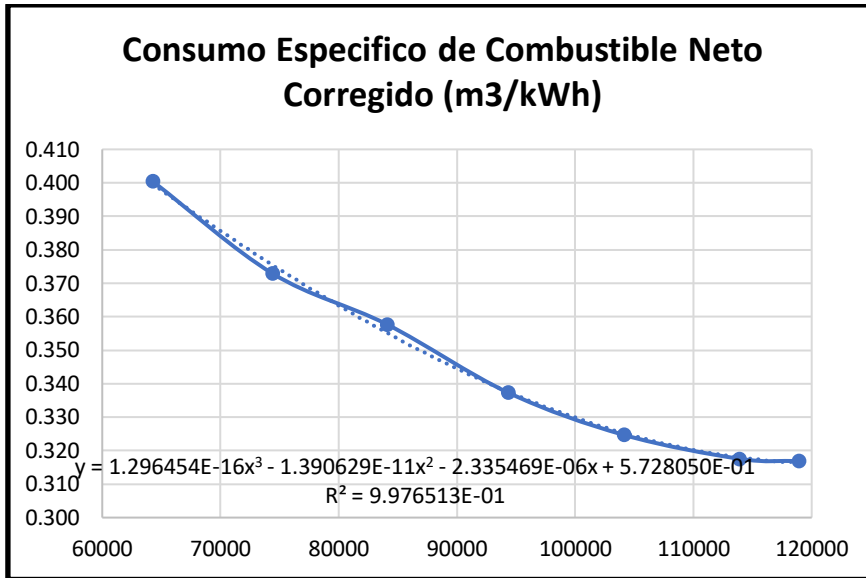


Consumo Especifico Neto Corregido (kJ/kWh)	
a ₀	2.020454E+04
a ₁	-8.237894E-02
a ₂	-4.905160E-07
a ₃	4.572980E-12

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

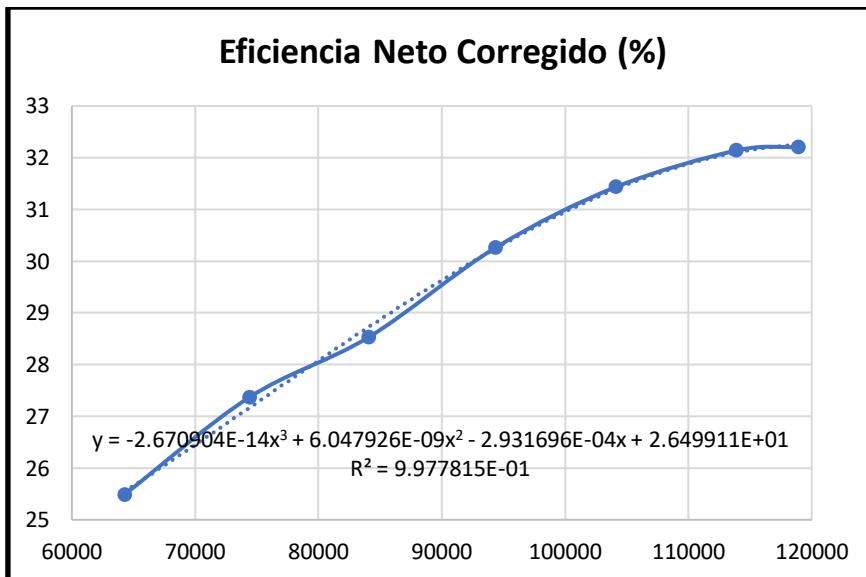
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

Ilustración 10-7: Curva Característica del Consumo Específico de Combustible Neto Corregido (m³/kWh) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Consumo Especifico de Combustible Neto Corregido (m ³ /kWh)	
a ₀	5.728050E-01
a ₁	-2.335469E-06
a ₂	-1.390629E-11
a ₃	1.296454E-16

Ilustración 10-8: Curva Característica de la Eficiencia Neto Corregido (%) de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)



Eficiencia Neto Corregido (%)	
a ₀	2.649911E+01
a ₁	-2.931696E-04
a ₂	6.047926E-09
a ₃	-2.670904E-14

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

10.3 Resultados de Incertidumbre (Sobre Poder Calorífico Superior)

Tabla 10-3: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Consumos Específicos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Superior)

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad TG1A (Ciclo Abierto) - Central Térmica Quintero - (kcal/kWh)					
Descripción	CEN _c Consumo Específico Neto Corregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	2961.502	kcal/kWh	19.136	15.647	24.719
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	2967.867	kcal/kWh	19.184	13.108	23.235
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	3034.476	kcal/kWh	19.625	13.880	24.037
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	3152.474	kcal/kWh	20.382	15.974	25.896
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	3343.264	kcal/kWh	21.611	22.513	31.206
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	3485.563	kcal/kWh	22.525	19.102	29.534
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	3742.564	kcal/kWh	24.188	41.093	47.683

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad TG1A (Ciclo Abierto) - Central Térmica Quintero - (kJ/kWh)					
Descripción	CEN _c Consumo Específico Neto Corregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	12399.218	kcal/kWh	80.120	65.510	103.493
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	12425.865	kcal/kWh	80.320	54.881	97.279
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	12704.744	kcal/kWh	82.165	58.112	100.639
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	13198.778	kcal/kWh	85.337	66.878	108.421
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	13997.580	kcal/kWh	90.480	94.256	130.655
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	14593.355	kcal/kWh	94.310	79.976	123.655
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	15669.368	kcal/kWh	101.271	172.046	199.639

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL				
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo

10.4 Resultados de Incertidumbre (Sobre Poder Calorífico Inferior)

Tabla 10-4: Resultados de Incertidumbre las Pruebas de Consumos Especificos Neto de la Unidad Generadora TG1A de la Central Térmica Quintero (Sobre Poder Calorífico Inferior)

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad TG1A (Ciclo Abierto) - Central Térmica Quintero - (kcal/kWh)					
Descripción	CEN _c Consumo Específico Neto Corregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	2669.699	kcal/kWh	17.251	14.105	22.283
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	2675.437	kcal/kWh	17.294	11.816	20.945
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	2735.483	kcal/kWh	17.691	12.512	21.669
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	2841.854	kcal/kWh	18.374	14.400	23.344
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	3013.846	kcal/kWh	19.481	20.294	28.132
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	3142.123	kcal/kWh	20.306	17.220	26.624
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	3373.801	kcal/kWh	21.805	37.044	42.985

Prueba de Consumo Específico Neto de la Unidad TG1A (Ciclo Abierto) - Central Térmica Quintero - (kJ/kWh)					
Descripción	CEN _c Consumo Específico Neto Corregido	Unidad	B _R Incertidumbre Sistemático de Cada Escalón	t S _R Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	U _R Incertidumbre Absoluta Total de Cada Escalón
Consumo Específico Neto Corregido - 1er Escalón	11177.493	kcal/kWh	72.226	59.055	93.296
Consumo Específico Neto Corregido - 2do Escalón	11201.514	kcal/kWh	72.406	49.473	87.694
Consumo Específico Neto Corregido - 3er Escalón	11452.915	kcal/kWh	74.069	52.386	90.722
Consumo Específico Neto Corregido - 4to Escalón	11898.271	kcal/kWh	76.929	60.288	97.738
Consumo Específico Neto Corregido - 5to Escalón	12618.365	kcal/kWh	81.565	84.969	117.781
Consumo Específico Neto Corregido - 6to Escalón	13155.437	kcal/kWh	85.017	72.096	111.471
Consumo Específico Neto Corregido - 7mo Escalón	14125.428	kcal/kWh	91.292	155.094	179.968

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL					
INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA	
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consorcio HAMEK - Amadeo Carrillo	

APÉNDICES

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIETARIA Y NO PUEDE SER DUPLICADO, PROCESADO O CEDIDO A TERCEROS PARA UN USO DISTINTO AL DE ESTE PROYECTO Y EL OBJETO PARA EL QUE HA SIDO PREVISTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME		PROPIETARIO	GENERADORA	CONTRATISTA
Versión	1	Coordinador Eléctrico Nacional	ENEL	Consortio HAMEK - Amadeo Carrillo