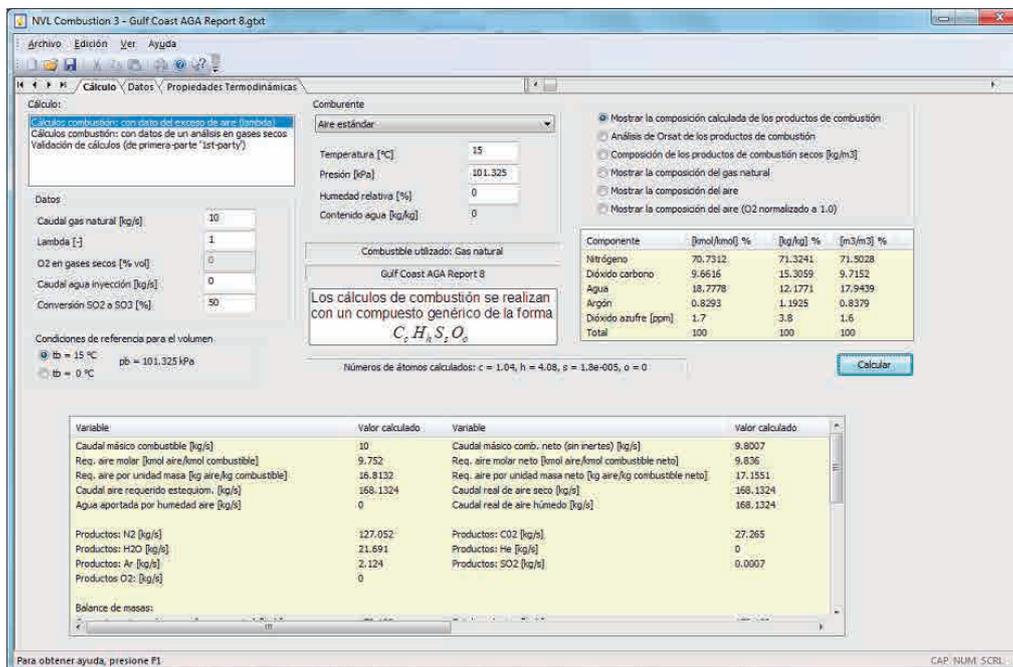


Programa de cálculos de combustión en; gas natural y combustibles líquidos y sólidos. Cálculos de puntos de rocío de agua y puntos de rocío ácidos. Cálculo de las propiedades termodinámicas de los productos de combustión según la norma VDI 4670.

El programa NVL Combustion es una herramienta de cálculo destinada al análisis de procesos industriales de combustión en calderas, generador de vapor (HRSG), hornos, etc. Permite realizar cálculos estequiométricos y balances de masas detallados con combustibles gaseosos (gas natural y otros), combustibles líquidos (gas-oil y fuel-oil) y combustibles sólidos (carbón). El programa calcula el punto de rocío de agua y el punto de rocío ácido de los gases de combustión utilizando 4 algoritmos diferentes. Se calculan diferentes propiedades termodinámicas de los productos de combustión en función de la composición, la temperatura y la presión según la norma VDI 4670 Parte I "Thermodynamic properties of humid air and combustion gases". Permite además determinar la velocidad de los gases en la chimenea.

Métodos de Cálculo

- Los cálculos se pueden realizar teniendo como dato; el exceso de aire (lambda) o el contenido de oxígeno en los gases de combustión de un análisis en gases secos (análisis de Orsat).
- Cálculos estequiométricos de combustión y balances de masas detallados con combustibles gaseosos (gas natural y otros), combustibles líquidos (gas-oil y fuel-oil) y combustibles sólidos (carbón).
- En los balances de masa se pueden incorporar a las corrientes de combustible y comburente corrientes "espectadoras" como puede ser agua de inyección para control del NOx o agua de inyección para el incremento de potencia en turbinas de gas (agua de "fogging").
- El programa permite calcular con 5 diferentes composiciones estándar del aire corrientemente utilizadas en la bibliografía y las normas técnicas.
- Los cálculos tienen en cuenta el agua aportada por la humedad del aire, se calcula automáticamente el contenido de agua en [kg/kg] en función de la humedad relativa, temperatura y presión
- El programa calcula el punto de rocío de agua y el punto de rocío ácido de los gases de combustión. Para la determinación del punto de rocío ácido se utilizan 4 distintos algoritmos; Verhoff-Banchero, Haase-Borgmann, Neubauer y Pierce-Müller-Okkes. El factor de conversión de SO₂ a SO₃ es un dato del usuario.
- El programa muestra todas las composiciones dato y calculadas de; combustible, comburente, productos de combustión en: fracciones molares, fracciones de masa y fracciones de volumen. Para los productos de combustión se muestra la composición real, la composición Orsat y la composición de gases secos.
- Validación de los cálculos mediante la comparación de los resultados obtenidos con el programa con resultados de un cálculo de referencia.



The screenshot displays the NVL Combustion 3 software interface. The main window is titled "NVL Combustion 3 - Gulf Coast AGA Report 8.gbdt". The interface is divided into several sections:

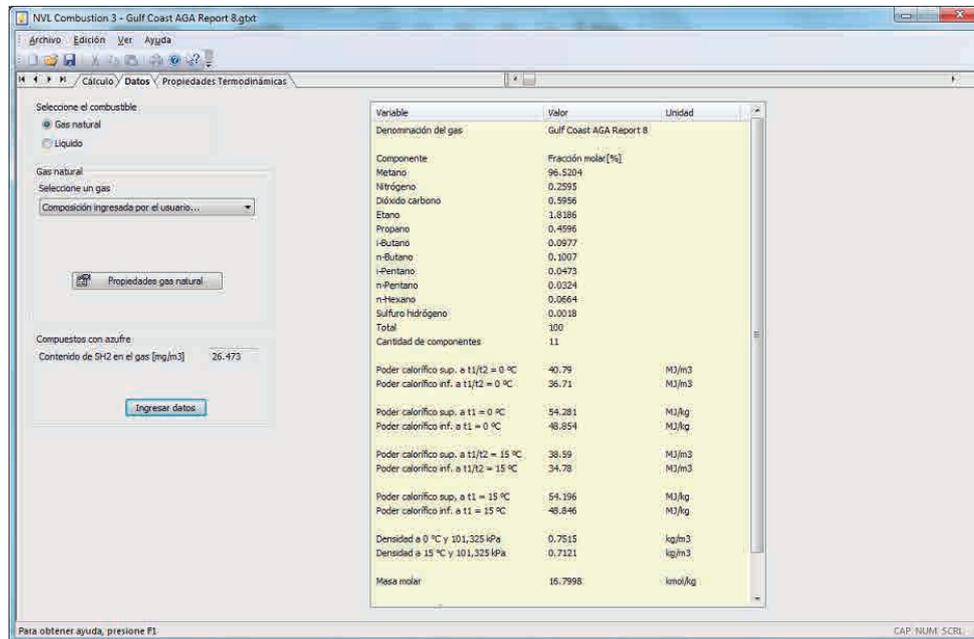
- Calculo:** Includes options for "Cálculos combustión con dato del exceso de aire (lambda)", "Cálculos combustión con datos de un análisis en gases secos", and "Validación de cálculos (de primera parte '1st-party')".
- Datos:** Input fields for "Caudal gas natural [kg/s]" (10), "Lambda [-]" (1), "O2 en gases secos [% vol]" (0), "Caudal agua inyección [kg/s]" (0), and "Conversión SO2 a SO3 [%]" (50).
- Comburente:** "Aire estándar" selected, with "Temperatura [°C]" (15), "Presión [kPa]" (101.325), "Humedad relativa [%]" (0), and "Contenido agua [kg/kg]" (0).
- Composiciones:** Checkboxes for "Mostrar la composición calculada de los productos de combustión", "Análisis de Orsat de los productos de combustión", "Composición de los productos de combustión secos [kg/h3]", "Mostrar la composición del gas natural", "Mostrar la composición del aire", and "Mostrar la composición del aire (O2 normalizado a 1.0)".
- Tabla de Componentes:**

Componente	[mol/kmol] %	[kg/kg] %	[m3/m3] %
Nitrógeno	70.7312	71.3241	71.9028
Dióxido carbono	9.6616	15.3059	9.7152
Agua	18.7778	12.1771	17.9439
Argón	0.8293	1.1925	0.8379
Dióxido azufre [ppm]	1.7	3.8	1.6
Total	100	100	100
- Chemical Formula:** "Los cálculos de combustión se realizan con un compuesto genérico de la forma $C_x H_y S_z O_o$ ".
- Atom Numbers:** "Números de átomos calculados: c = 1.04, h = 4.08, s = 1.8e-005, o = 0".
- Results Table:**

Variable	Valor calculado	Variable	Valor calculado
Caudal mássico combustible [kg/s]	10	Caudal mássico comb. neto (sin inertes) [kg/s]	9.8007
Req. aire molar [mol aire/kmol combustible]	9.732	Req. aire molar neto [mol aire/kmol combustible neto]	9.636
Req. aire por unidad masa [kg aire/kg combustible]	16.8132	Req. aire por unidad masa neto [kg aire/kg combustible neto]	17.1551
Caudal aire requerido estequiom. [kg/s]	168.1324	Caudal real de aire seco [kg/s]	168.1324
Agua aportada por humedad aire [kg/s]	0	Caudal real de aire húmedo [kg/s]	168.1324
Productos: N2 [kg/s]	127.052	Productos: CO2 [kg/s]	27.265
Productos: H2O [kg/s]	21.691	Productos: He [kg/s]	0
Productos: Ar [kg/s]	2.124	Productos: SO2 [kg/s]	0.0007
Productos O2: [kg/s]	0		
- Balance de masas:** Section for mass balance verification.

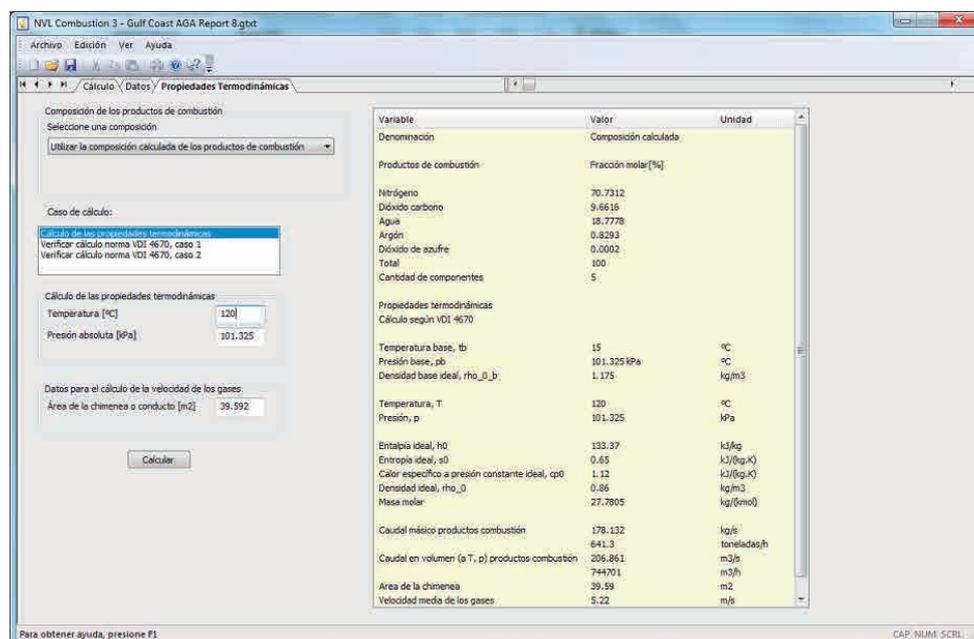
Datos

- El ingreso de datos se ha diseñado de manera muy flexible permitiendo el uso de composiciones de los combustibles estándar o de composiciones definidas por el usuario.
- Para gas natural se ha previsto el ingreso de distintos componentes que aportan azufre a la combustión y el cálculo del contenido total de azufre.



Propiedades termodinámicas

- Se calculan diferentes propiedades termodinámicas de los productos de los productos de combustión en función de su composición, la temperatura y la presión según la norma VDI 4670 Parte 1 "Thermodynamic properties of humid air and combustion gases".
- Los valores calculados pueden ser utilizados en balances térmicos de generadores de vapor, ensayos de recepción, cálculos de rendimientos, etc.
- Las propiedades termodinámicas calculadas son; entropías, entalpías, calores específico y densidades.
- Teniendo como dato el área de la chimenea es posible calcular la velocidad de los gases, valor que se requiere en los estudios de dispersión atmosférica de contaminantes.



Interfaz del usuario

Composición del aire expresada en diferentes unidades.

Mostrar la composición calculada de los productos de combustión
 Análisis de Orsat de los productos de combustión
 Composición de los productos de combustión secos [kg/m³]
 Mostrar la composición del gas natural
 Mostrar la composición del aire
 Mostrar la composición del aire (O₂ normalizado a 1.0)

Componente	[kmol/kmol] %	[kg/kg] %	[m ³ /m ³] %
Nitrógeno	78.102	75.541	78.111
Oxígeno	20.946	23.141	20.938
Argón	0.916	1.263	0.916
Dióxido carbono	0.036	0.055	0.036

Variables calculadas por el programa.

Variable	Valor calculado	Variable	Valor calculado
Caudal máscico combustible [kg/s]	14.319	Caudal máscico comb. neto (sin inertes) [kg/s]	13.6948
Req. aire por unidad masa [kg aire/kg combustible]	16.3494	Req. aire molar neto [kmol aire/kmol combustible neto]	10.06
Caudal aire requerido estequiom. [kg/s]	234.1048	Req. aire por unidad masa neto [kg aire/kg combustible neto]	17.0944
Agua aportada por humedad aire [kg/s]	6.76	Caudal real de aire [kg/s]	547.8051
Productos: N ₂ [kg/s]	414.162	Productos: CO ₂ [kg/s]	38.464
Productos: H ₂ O [kg/s]	43.542	Productos: He [kg/s]	0.001
Productos: Ar [kg/s]	6.921	Productos: SO ₂ [kg/s]	0
Productos: O ₂ [kg/s]	72.594		
Balance de masas:			
Gas nat. + aire real + agua (myecc. y aire) [kg/s]	575.684	Total productos [kg/s]	575.684

Resultados del cálculo de las propiedades termodinámicas de los gases de combustión.

Variable	Valor	Unidad
Productos de combustión		
Fracción molar [%]		
Nitrógeno	72.2685	
Oxígeno	11.1744	
Dióxido carbono	4.1903	
Agua	11.5192	
Argón + Helio	0.8477	
Dióxido de azufre	9e-006	
Total	100	
Cantidad de componentes	6	
Propiedades termodinámicas		
Cálculo según VDI 4670		
Temperatura	120	°C
Presión	101.325	kPa
Entalpía ideal H ₀	128.5	kJ/kg
Entropía ideal S ₀	0.66	kJ/(kg.K)
Calor específico a presión constante ideal cp ₀	1.08	kJ/(kg.K)
Densidad ideal rho_0	0.87	kg/m ³
Masa molar	28.0785	kg/(kmol)
Caudal máscico productos combustión	573.392	kg/s
Caudal en volumen (a T, p) productos combustión	2064.2	toneladas/h
658.8	m ³ /s	
2371682	m ³ /h	
39.59	m ²	
16.64	m/s	

Variable	Valor calculado	Variable	Valor calculado
Balance de masas:			
Gas nat. + aire real + agua (myecc. y aire) [kg/s]	575.684	Total productos [kg/s]	575.684
Fracción molar agua [%]	11.78	Fracción molar SO ₂ [ppm]	0
Masa molar productos [kg/kmol]	28.0582		
Temp. rocío agua a presión atmosférica [°C]	49.3		
Poder cal. inferior a t1 = 0 °C [MJ/m ³]	37.03	Poder cal. superior a t1 = 15 °C [MJ/m ³]	38.9
Poder cal. inferior a t1 = 0 °C [MJ/kg]	47.54	Poder cal. superior a t1 = 15 °C [MJ/kg]	52.698
Poder cal. inferior a t1 = 15 °C [MJ/kg]	47.534	Flujo térmico para PCI y t1 = 15 °C [MW]	680.6
Factor emisión CO ₂ (para PC inf. a t1 = 0 °C) [kg/GJ]	56.5	Factor emisión CO ₂ (para PC sup. a t1 = 15 °C) [kg/GJ]	51

Cuando el combustible contiene azufre se calcula el punto de rocío ácido con diferentes algoritmos en función del factor de conversión SO₂ a SO₃ que es un dato del usuario.

Temp. rocío agua a presión atmosférica [°C]	49.9	Temp. rocío ácido según Verhoff-Banchero [°C]	71
Temp. rocío ácido según Haase-Borgmann [°C]	68.8	Temp. rocío ácido según Neubauer [°C]	96.9
Temp. rocío ácido según Pierce-Mueller-Okkes [°C]	84.5		

Requerimientos:

- Hardware:** Computadora personal preferentemente con microprocesador 2 GHz o mejor. 1 GB de memoria RAM. 16 MB de espacio disponible en el disco rígido. Un puerto USB libre para llave de protección. El programa ha sido diseñado para ser utilizado solamente con un monitor operado con una resolución mínima de 1024 x 768 pixeles.
- Sistema Operativo:** Windows® Vista / 7 / 8.1 / 10, o los sistemas operativos Windows Server equivalentes.

Otros programas y componentes de software:

NVL Software provee adicionalmente los siguientes programas y componentes para cálculos de ingeniería:

- * Programa **DewSolver**, para el cálculo del punto de rocío de hidrocarburos.
- * Control **DewSolver ActiveX**, para el cálculo del punto de rocío de hidrocarburos y agua en gas natural.
- * Componente **NaturalGasStreams**, para el cálculo del punto de rocío de hidrocarburos y otras propiedades en mezclas de corrientes de gas natural.
- * Programa **NVL Contenido de agua en gas natural**, según la norma ASTM D-1142 (correlación de R.F. Bukacek), realiza el cálculo directo $w = f(T, p)$ y los cálculos inversos $T = f(p, w)$ y $p = f(T, w)$. Numerosos cálculos auxiliares relacionados.
- * Programa **ZGas**, para el cálculo de las propiedades volumétricas y termodinámicas del gas natural según el AGA Report 8 Parte 1 - 201X, ISO 20765 Parte 1 - 2005 e ISO 6976 y el cálculo del caudal en placas orificio según el AGA Report 3 e ISO 5167.
- * Componente **ZGasCOM**, para el cálculo de las propiedades del gas natural según AGA 7, AGA 8 y AGA 10 e ISO 12213 e ISO 20765 parte I.
- * Programa **GFlow**, para el cálculo del caudal y el dimensionamiento de mediciones con placas orificio y otros dispositivos de presión diferencial (DPD) según AGA Report 3, ISO 5167 y AGA Report 8 e ISO 12213.
- * Componente **GFlowCOM**, para el cálculo del caudal con placas orificio según AGA Report 3, ISO 5167 y AGA Report 8.
- * Programa **NVL Tablas de Vapor IAPWS**, cálculo de las propiedades termodinámicas del agua y del vapor según IAPWS y de las propiedades termodinámicas de la fase gaseosa del gas natural según las ecuaciones del A.G.A. Report 8 y 10 (ISO 12213 e ISO 20765 parte 1).