



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO**

**AUTORES: GARZÓN CORREA, GABRIEL EDUARDO
MAYORGA GOYES, LUIS EDUARDO**

**TEMA: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SOFTWARE PARA LA OPERACIÓN ÓPTIMA DE UN SISTEMA
ENERGÉTICO MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y
SOLAR FOTOVOLTAICO CON AUTOMATIZACIÓN EN LA
TOMA DE DATOS**

DIRECTOR: ING. ROBERTO GUTIÉRREZ

CODIRECTOR: ING. PAUL AYALA

SANGOLQUÍ, 2015

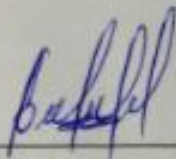

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**INGENIERÍA MECÁNICA****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros: Gabriel Eduardo Garzón Correa y Luis Eduardo Mayorga Goyes.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado: “**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPERACIÓN ÓPTIMA DE UN SISTEMA ENERGÉTICO MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO CON AUTOMATIZACIÓN EN LA TOMA DE DATOS**”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales a terceros, conforme los autores constan al final de cada párrafo correspondiente.

En virtud a esta declaración, nos responsabilizamos del contenido científico del proyecto de grado en mención.

	
_____ Gabriel Eduardo Garzón Correa	_____ Luis Eduardo Mayorga Goyes
1716776727	1805343329

Sangolquí, 2015

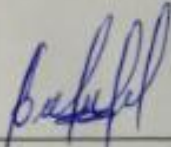

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros: Gabriel Eduardo Garzón Correa y Luis Eduardo Mayorga Goyes.

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado “**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA OPERACIÓN ÓPTIMA DE UN SISTEMA ENERGÉTICO MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO CON AUTOMATIZACIÓN EN LA TOMA DE DATOS**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

	
_____ Gabriel Eduardo Garzón Correa	_____ Luis Eduardo Mayorga Goyes
1716776727	1805343329

Sangolquí, 2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a mis padres, Eduardo Garzón y Olga Correa que han fomentado en mi persona valores y me han apoyado de manera incondicional en los momentos difíciles y fáciles de toda mi trayectoria universitaria, sus consejos son valiosos para seguir en este trayecto de mi vida y formarme como un profesional responsable y correcto.

A mi hermana Natalia Garzón por ser una persona que siempre me ayudó a seguir adelante ante cualquier adversidad.

A mi primo Carlos Muñoz que mediante sus palabras de aliento en los momentos difíciles me ayudó a seguir por el camino del bien.

Gabriel Garzón Correa

DEDICATORIA

Esta trabajo está dedicado a mis padres, Eduardo Mayorga y Mercy Goyes por siempre haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

Mis hermanas, Verónica Mayorga, María Mayorga y mi hermano Vinicio Goyes por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Luis Eduardo Mayorga Goyes

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros tutores el Ing. Roberto Gutiérrez e Ing. Paul Ayala que nos han ayudado en el proceso de elaboración de este proyecto de tesis brindándonos su tiempo y conocimientos para poder concluirlo.

También a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la cual nos ha permitido desarrollar nuestro proyecto de la mejor manera.

Un agradecimiento a la Ing. Pilar Tamayo, Ing. Alberto Naranjo, al ayudante de Laboratorio de Máquinas y Herramientas Nelson Cárdenas, por la facilidad que nos brindaron en cual circunstancia e inconveniente que se presentó en este proyecto.

Gabriel Garzón Correa y Luis Mayorga Goyes

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO.....	3
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 SISTEMA DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA	5
2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	5
2.1.2 PROCESO DE GASIFICACIÓN.....	6
2.1.3 TIPOS DE GASIFICADORES	9
2.1.3.1 GASIFICADOR DE LECHO FIJO EN EQUICORRIENTE (DOWNDRAFT).....	9
2.1.3.2 GASIFICADOR DE LECHO DESCENDENTE O FIJO EN CONTRACORRIENTE (UPDRAFT).....	9
2.1.3.3 GASIFICADOR DE LECHO FLUILIZADO	10
2.1.4 ELEMENTOS DEL GASIFICADOR.....	11
2.1.4.1 REACTOR	11
2.1.4.2 ALIMENTACIÓN	12
2.1.4.3 ENFRIAMIENTO.....	12

2.1.4.4	INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	13
2.1.5	BIOMASA.....	13
2.1.6	CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA.....	14
2.1.6.1	BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS	14
2.1.6.2	BIOMASA RESIDUAL HÚMEDA	15
2.1.6.3	BIOCOMBUSTIBLES	15
2.2	SENSORES.....	17
2.2.1	CELDA DE CARGA	17
2.2.2	SENSOR MAF	18
2.2.3	ANEMÓMETRO	19
2.2.4	TERMOCUPLAS TIPO K.....	20
2.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	21
2.4	AUTOMATIZACIÓN	22
2.5	GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN	23
2.6	PROGRAMACIÓN EN LABVIEW.....	24
2.7	NATIONAL INSTRUMENTS myRIO-1900.....	26
2.7.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	26
2.7.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HARDWARE	27
CAPÍTULO III.....		28
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO	28
3.1	MONTAJE DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO	28
3.2	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACION DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICA	34
3.3	PRUEBAS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO	51
3.4	EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO GENERACIÓN A PARTIR DEL SISTEMA DEL GASIFICADOR	54
CAPÍTULO IV.....		62
4.	LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO.....	62

4.1	OBTENCIÓN DE DATOS CARACTERÍSTICOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO	68
4.2	VALIDACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO.....	76
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO.....	82
	CAPÍTULO V	84
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	84
	CAPÍTULO VI.....	88
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
6.1	CONCLUSIONES	88
6.2	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	ANEXOS.....	94
	ANEXO A.....	95
	ANEXO B	105
	ANEXO C	109
	ANEXO D.....	121
	ANEXO E	131
	ANEXO F.....	133
	ANEXO G.....	134
	ANEXO H.....	138
	ANEXO I	139

Índice de Cuadros:

Cuadro 1. Lectura de Termocuplas	36
Cuadro 2. Comunicación SPI.....	38
Cuadro 3. Comportamiento del caso 3 y TRUE	42
Cuadro 4. Reseteo de señales	43
Cuadro 5. Comportamiento del TRUE y FALSE del sensor MAF	46
Cuadro 6. Memory Map Description	133

Índice de Figuras:

Figura 1. Principio químico del proceso de Gasificación	7
Figura 2. Diagrama del proceso de gasificación	8
Figura 3. Gasificador de lecho fijo en equicorriente.....	9
Figura 4. Gasificador de lecho descendente o fijo en contracorriente (Updraft).....	10
Figura 5. Gasificador de lecho Fluidizado	11
Figura 6. Flujos de materia, perfiles de temperatura y conversión en un reactor	12
Figura 7. Lecho Fijo.....	14
Figura 8. Lecho Fluidizado	14
Figura 9. Pulverizado	15
Figura 10. Celda de carga.....	18
Figura 11. Sensor MAF.....	19
Figura 12. Anemómetro	20
Figura 13. Esquema de Termocupla tipo K	20
Figura 14. Sistema Fotovoltaico	21
Figura 15. Batería.....	22
Figura 16. Proceso de Automatización	22
Figura 17. Sistema de Gasificación - Motor de Combustión Interna.....	23
Figura 18. Principio de funcionamiento de un motor de combustión interna.....	24
Figura 19. Panel Frontal.....	25
Figura 20. Diagrama de bloques	26
Figura 21. NI myRIO-1900.....	26
Figura 22. Distribución de pines para termocuplas.....	27
Figura 23. Perforación de pernos de anclaje	28
Figura 24. Calibración de balanza.....	29
Figura 25. Medidor de presión.....	29
Figura 26. Instalación de termocuplas	30
Figura 27. Distribución de termocuplas en el gasificador.....	30
Figura 28. Conexión del aire al Venturi.....	31
Figura 29. Ingreso del aire y gas de síntesis al motor generador	31
Figura 30. Circuito eléctrico de focos	32
Figura 31. Conexión en paralelo de las cargas.....	34
Figura 32. Medición de corriente con la conexión en paralelo	34

Figura 33. Calibración y ordenamiento de temperaturas	40
Figura 34. Comportamiento de los casos 0, 1, 2	41
Figura 35. Comportamiento del caso 3 y FALSE	41
Figura 36. Comparador	42
Figura 37. Botonería de start y stop, Informe de termocuplas	43
Figura 38. Pantalla de datos de Termocuplas.....	44
Figura 39. Canal de Entrada de la myRIO	45
Figura 40. Calibración para la obtención del caudal.....	45
Figura 41. Indicador	45
Figura 42. Panel de control del sensor MAF.....	46
Figura 43. Indicador de caudal del sensor MAF	47
Figura 44. Conexión de Termocuplas a los módulos MAX 31855.....	47
Figura 45. Adquisición de datos de Termocuplas.....	48
Figura 46. Configuración de conexión del sensor MAF	49
Figura 47. Conexión del sensor MAF al dispositivo NI myRIO	49
Figura 48. Convertidor de corriente AC a corriente DC	50
Figura 49. Esquema de medición de tensión.....	50
Figura 50. Esquema de relación aire-combustible	55
Figura 51. Descarga de batería a corriente constante.....	56
Figura 52. Sistema mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico	62
Figura 53. Extracción del gas de síntesis	63
Figura 54. Gráfica Q-Q plot	81
Figura 55. Diagrama de bloques (Hardware) NI myRIO-1900	134
Figura 56. Señales Primario/Secundario en MXP conectores A y B.....	134
Figura 57. Señales Primaria/Secundaria en MSP Conector C	136
Figura 58. Datos característicos de la celda de carga.....	138

Índice de Tablas:

Tabla 1. Composición característica del gas de síntesis	5
Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de las tres principales tecnologías de combustión de biocombustibles sólidos.....	14
Tabla 3. Fuentes secundarias de biocombustibles sólidos	16
Tabla 4. Especificaciones técnicas del generador a gas de síntesis	32
Tabla 5. Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico	33
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la batería	33
Tabla 7. Características de termocupla tipo K	35
Tabla 8. Distribución de Termocuplas en los canales del myRIO	38
Tabla 9. Toma de datos con cascarilla de arroz	52
Tabla 10. Especificaciones técnicas del gasificador de biomasa	54
Tabla 11. Tabla ANOVA	59
Tabla 12. Primer levantamiento de datos	64
Tabla 13. Corriente y tensión de las cargas utilizando como combustible gasolina en el motor generador	66
Tabla 14. Corriente y tensión de las cargas utilizando como combustible gas de síntesis en el motor generador.....	66
Tabla 15. Corriente y tensión de las cargas con el rectificador	66
Tabla 16. Corriente y tensión de las cargas del sistema fotovoltaico	67
Tabla 17. Corriente y tensión de las cargas de las baterías	67
Tabla 18. Denominación de subíndices	68
Tabla 19. Primera tabulación de datos de termocuplas y poder calorífico	68
Tabla 20. Sistema mixto de generación de energía baja carga	69
Tabla 21. Sistema mixto de generación de energía a media carga.....	75
Tabla 22. Sistema mixto de generación de energía a plena carga.....	76
Tabla 23. Valores estadísticos característicos de las temperaturas	76
Tabla 24. Análisis de Duncan	78
Tabla 25. Análisis de Duncan selección de grupos	79
Tabla 26. Potencia de entrada y de salida en las cargas.....	82
Tabla 27. Poder calórico generado por biomasa y presión	82
Tabla 28. Mapa de calor con variables biomasa y presión	83

Tabla 29. Poder calórico generado por biomasa y humedad	83
Tabla 30. Mapa de calor con variables biomasa y humedad.....	83
Tabla 31. Costos Directos	84
Tabla 32. Costos Indirectos.....	86
Tabla 33. Costos de Fabricación	87
Tabla 34. Segundo levantamiento de datos.....	105
Tabla 35. Tercer levantamiento de datos	107
Tabla 36. Segunda tabulación de datos de termocuplas y poder calórico	109
Tabla 37. Tercera tabulación de datos de termocuplas y poder calórico.....	115
Tabla 38. Análisis de Shapiro - Will.....	121
Tabla 39. Medidas de resumen del poder calórico	131
Tabla 40. Descripciones de Señales en MXP Conectores A y B	135
Tabla 41. Descripción de señales en MPS Conector C y Conectores de Audio	136

RESUMEN

En la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, se encuentra ubicado un gasificador tipo Downdraft y un sistema fotovoltaico, los mismos que fueron objeto de investigación. Dentro del gasificador tipo Downdraft, se realizó una evaluación para la obtención óptima del Poder Calorífico mediante Biomasa - Humedad – Presión, utilizando como Biomasa principal el aserrín. Para la experimentación se utilizó el software LabView que permitió la programación en el hardware NI myRIO el mismo que se programó en función de las termocuplas y el sensor MAF, las termocuplas se encuentran colocadas en el gasificador en las áreas principales de análisis: combustión, reducción, pirólisis, secado y el sensor MAF se ubicó en la salida del gas de síntesis. El gas producto de la pirolisis fue extraído en una funda hermética y esterilizada para su posterior traslado al Laboratorio de Instrumentación Química de la Universidad Politécnica Nacional, Laboratorio certificado en donde se realizó las cromatografías correspondientes a cada prueba. El gas en estudio que produjo la gasificación es necesario para realizar el análisis de la mezcla óptima para obtener el mayor poder calorífico y este funcionó como combustible para el funcionamiento de un motor generador que va conectado al rectificador que transforma la corriente AC a corriente DC. El sistema fotovoltaico se encarga de la carga de las baterías, las cuales permiten alimentar cargas resistivas.

Palabras clave:

GASIFICADOR TIPO DOWNDRAFT

PODER CALORÍFICO

BIOMASA

GAS DE SÍNTESIS

SISTEMA FOTOVOLTAICO

ABSTRACT

At Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE it is located a downdraft gasifier and a photovoltaic system the same that were investigated. An evaluation was performed within the downdraft gasifier to obtain optimum calorific through Biomass - Humidity and Pressure. Using as main biomass sawdust. LabView software was used to experiment and carry out the programming hardware called NI myRio the same that was programmed depending on the thermocouples and MAF sensor. Thermocouples are placed in the gasifier in the main areas of analysis such as: combustion, reduction, pyrolysis, drying and the MAF sensor is placed at the output of synthesis gas. The product of the pyrolysis gas was extracted in a sealed, sterile sheath for subsequent transfer to Chemical Instrumentation Laboratory of the National Technical University which is a certified laboratory where the relevant chromatography was performed on each and every test. The gas produced in the gasification study is required to perform the analysis of the optimal mixture for the higher calorific value and this served as fuel for the operation of a motor generator which is connected to the rectifier that converts AC power into DC. The photovoltaic system is responsible for charging the batteries, which allow feeding resistive loads.

Keywords:

TYPE GASIFIER DOWNDRAFT

CALORIFIC

BIOMASS

SYNTHESIS GAS

PHOTOVOLTAIC SYSTEM

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años el Gobierno de la República del Ecuador, ha facilitado la apertura a proyectos energéticos cuyo fin es reducir la contaminación ambiental y la disminución de gases de efecto invernadero, por lo que, se ha tomado en consideración el desarrollo de nuevas tecnologías como el Sistema de Gasificación de Biomasa para lograr un aprovechamiento de la energía renovable.

Se ha dado inicio a investigaciones por medio del INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables), sabiendo que la situación energética y medioambiental, permite la generación de energía mediante sistemas basados en energías renovables.

El Ecuador tiene un vasto potencial para el desarrollo de la bioenergía. La biomasa representa el 2,8% del total de la matriz energética en el Ecuador, existe una gran diversidad de materias primas para el aprovechamiento de la misma, como por ejemplo: desechos forestales y agrícolas, desechos sólidos urbanos y residuos industriales. (INER)

La tecnología de gasificación se reintegra a la actualidad por la crisis energética y ambiental a la que enfrentamos; el alto contenido de materia orgánica biodegradable es un potencial recurso energético.

Estos sistemas permiten la diversificación energética y reducen la dependencia del petróleo, reduce los peligros con la combustión de leña a cielo abierto disminuyendo las emisiones de CO₂. Las reacciones de gasificación son exotérmicas y generan energía calorífica.

La gasificación de biomasa es un sistema con gran aprovechamiento ya que permite la generación de energía térmica y eléctrica mediante tecnologías de bajo costo.

El uso de biomasa como combustible en motores de combustión interna reduce las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). Los combustibles gaseosos al ser mezclados con el aire reaccionan de mejor manera que los combustibles líquidos.

La función principal de la automatización consiste en desarrollar las actividades de operación permitiendo evolución de los procesos sin la interacción permanente de un operador humano. El sistema del software permite supervisar y controlar las distintas variables que intervienen en el proceso, también permite organizar y analizar los datos emitidos por otros software asociados a instrumentos de medida y plataformas de adquisición de datos, para luego generar la información de resultante de todo el proceso. Indistintamente el tipo de software utilizado (comercial, modificable o personalizado)

1.2 JUSTIFICACIÓN

“EL Plan Nacional del Buen Vivir 2009 – 2013, publicado en el suplemento del Registro Oficial No.144 de 5 de marzo de 2010, señala en su Objetivo 2, en la política 2.6.” Promover la investigación y el conocimiento científico, la revalorización de conocimientos y saberes ancestrales, y la innovación tecnológica”, originando la diversificación de la Matriz Energética Nacional, Promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles, que fueron analizados junto con los criterios anteriormente enunciados”. (INER)

El Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica (DECEM), permite el desarrollo de un proyecto de investigación académico, dado que los conocimientos obtenidos conllevan a contemplar una visión amplia en cuanto al diseño y desarrollo de elementos, sistemas, máquinas y equipos.

El mencionado proyecto, aparte de servir como un tema de tesis para la obtención del título de ingeniería, podría ser considerado posteriormente, para un proyecto de investigación aplicado como un MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio).

Es importante recalcar que por la magnitud de este estudio y la implicación de varias áreas del conocimiento dentro del departamento, el proyecto es observado

como multidisciplinario ya que engloba una parte tanto mecánica, como electrónica y de control para el mejoramiento del sistema

Por lo que, el proyecto busca aportar en la optimización operacional en el proceso de gasificación, que es llevado a cabo mediante el desarrollo del software de automatización, el cual mejora la seguridad y aumenta la productividad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar e implementar un software para la operación óptima de un sistema mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico automatizado con toma de datos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un software en NI Labview 2014 myRIO para la operación óptima de un sistema energético mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico con automatización en la toma de datos.
- Diseñar la evaluación técnica, análisis y validación de datos del sistema mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico para la mezcla optima en producción del poder calorífico y potencia del motor generador utilizando como combustible gasolina y gas de síntesis.
- Diseñar un proceso para analizar la validación de datos del sistema mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

Tener el gasificador automatizado y funcionando en conjunto con el motor generador y el panel fotovoltaico aplicando el sistema alternativo que se desea diseñar.

Teniendo como punto de partida el gasificador, perteneciente al área de Energías no Convencionales del DECEM, el cual será facilitado como objeto de investigación, experimentación y pruebas, al que se le instalará un sistema de sensores, dotados de

una tarjeta myRIO, que permitirá realizar el proceso de automatización para la toma de datos.

La combustión de la biomasa con efecto de oxígeno genera un gas a una temperatura determinada, presión y humedad, variables controladas que permitirán determinar la calidad y cantidad necesaria del gas para poner en marcha al motor generador.

Es imprescindible contar un sistema automático de regulación de flujo, el cual permite obtener la mezcla ideal para su combustión dentro del motor.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMA DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA

2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Bioenergía es la energía que se obtiene a partir de la biomasa, es materia orgánica biodegradable proveniente de un proceso biológico, su beneficio constituye una fuente renovable de energía. Podemos encontrar la biomasa disponible como fuente de energía que puede proveer electricidad y calor. (CIFES, 2012)

La humanidad desde principios de la historia ha utilizado la biomasa como una fuente energética esencial para el hombre. Con el descubrimiento de los combustibles fósiles este recurso energético perdió importancia en el mundo industrial, hoy en día los principales usos que tiene son domésticos.

El gas de síntesis es un gas combustible similar al GLP cuya composición se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Composición característica del gas de síntesis

CONSTITUYENTE	COMPOSICIÓN
Metano (CH ₄)	55-75%
Dióxido de carbono (CO ₂)	30-45%
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	1-2%
Nitrógeno (N ₂)	0-1%
Hidrógeno (H ₂)	0-1%
Monóxido de carbono (CO)	Trazas
Oxígeno (O ₂)	Trazas

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable)

Los factores que se deben tener en cuenta al momento del consumo de la biomasa son:

- Factores históricos: se basa en la rentabilidad o no de la biomasa como recurso energético.
- Disponibilidad del recurso: este es el factor primordial que se debe estudiar para determinar el acceso y la disponibilidad del recurso.
- La generación de energía eléctrica mediante energías renovables toma cada vez mayor interés global. Los sistemas de gasificación – combustión de residuos sólidos (biomasa) se enmarcan dentro del desarrollo sostenible, tanto en los países desarrollados como en los emergentes; ya que, se integran con planes de manejo de residuos sólidos, generan energía eléctrica, disminuyen la dependencia energética de combustibles derivados del petróleo y reducen las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, coadyuvando así, en la reducción de la contaminación ambiental y la disminución de gases de efecto invernadero.

El proceso de gasificación lo conforman varios fenómenos complejos como los mecanismos de transferencia de masa y energía, en los cuales se derivan las etapas de secado y de volatilización del combustible, para dar paso a la oxidación de los volátiles y el carbón, con el consecuente cambio de diámetro de las partículas y las pérdidas de presión en el lecho. (Bayer, Gasificación de Biomasa - Estudios teórico-experimentales en lecho fijo equicorriente, 2009)

2.1.2 PROCESO DE GASIFICACIÓN

La gasificación reduce la cantidad de residuos sólidos recuperando su energía, transformándose en el camino más óptimo para la obtención de energía térmica y eléctrica obteniendo altos rendimientos eléctricos a partir de biomasa, mediante el uso de moto-generadores accionados por combustible gaseoso. Los productos factibles para ser gasificados son materiales con alto contenido de carbono. (FAO, 2015)

La gasificación de biomasa, permite su modificación en un gas combustible al exponerse a elevadas temperaturas en un medio donde existe aire, oxígeno, vapor de

agua e incluso hidrógeno. El gas combustible puede ser utilizado en calderas, turbinas o en motores de combustión interna, siempre y cuando sean acondicionados correctamente.

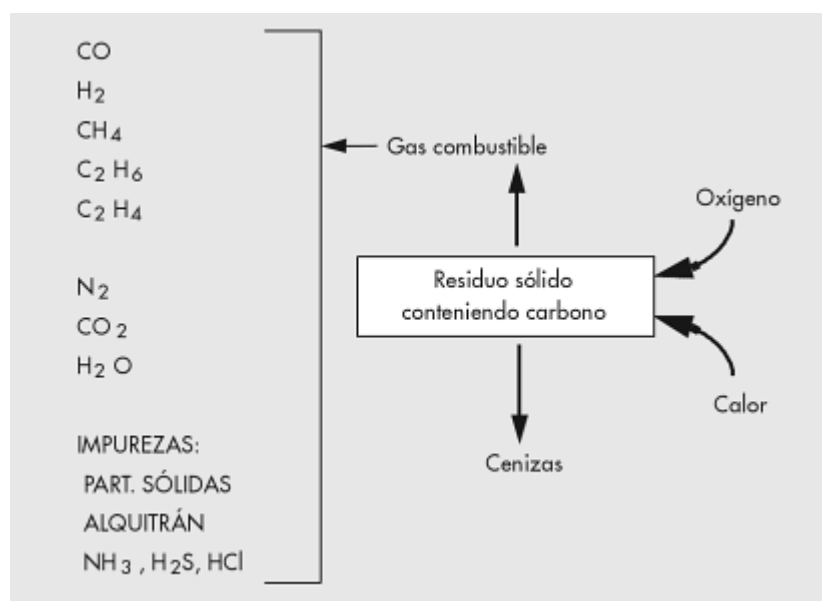


Figura 1. Principio químico del proceso de Gasificación

Fuente: (Elías Castells & Velo García, 2012)

La gasificación comprende cuatro procesos: Secado, Pirólisis, Oxidación y Reducción.

- **SECADO**

Consiste en la evaporación de la humedad contenida en el producto, se requiere que el sólido no contenga humedad para realizar una degradación térmica correcta.

- **PIRÓLISIS**

Es la degradación térmica de la biomasa en ausencia de oxígeno y otros agentes gasificantes a elevadas temperaturas, produciendo varios gases llamados de síntesis, líquidos como alquitranes que se utilizan para motores de combustión interna; vapores condensables; aceites; y, residuo carbonoso. Las temperaturas se encuentran entre 200 °C y 500 °C, obteniendo una mezcla de líquidos, gases y carbón vegetal. (Bayer, J, 2009)

- **OXIDACIÓN**

Consiste en la quema de biomasa en presencia de oxígeno, en forma controlada, para elaborar un gas combustible llamado “gas pobre” por su bajo contenido calórico. La gasificación ocurre en un recipiente cerrado llamado gasógeno, en el cual se inserta el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requería para su combustión completa. (Coordinación de Energías Renovables, Dirección Nacional de Promoción, & Subsecretaría de Energía Eléctrica, 2008).

- **REDUCCIÓN**

Es la gasificación del sólido de carbón generado, en la cual exista falta de oxígeno, produciéndose en la parte baja del gasificador, lugar en el cual se expulsa el gas de síntesis.

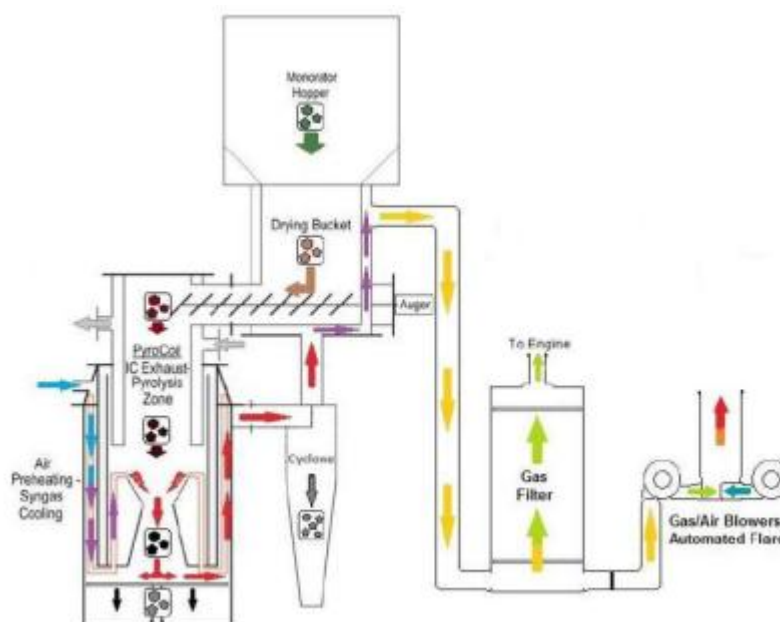


Figura 2. Diagrama del proceso de gasificación

Fuente: (Oriol Pujoldevall, y otros, 2013)

2.1.3 TIPOS DE GASIFICADORES

2.1.3.1 GASIFICADOR DE LECHO FIJO EN EQUICORRIENTE (DOWNDRAFT)

En la tecnología downdraft, el aire ingresa por la parte superior y el gas se extrae por la parte inferior, se ha utilizado en pequeñas aplicaciones, sus altas potencias implica problemas, básicamente cuando se solicita un alto grado de conversión y una operación automatizada y constante. La principal utilidad de este sistema radica en la reducción de los compuestos alquitranosos en los gases de salida, disminuyendo las necesidades de limpieza para la adecuación a equipos de potencia. (Nogués, 2010)

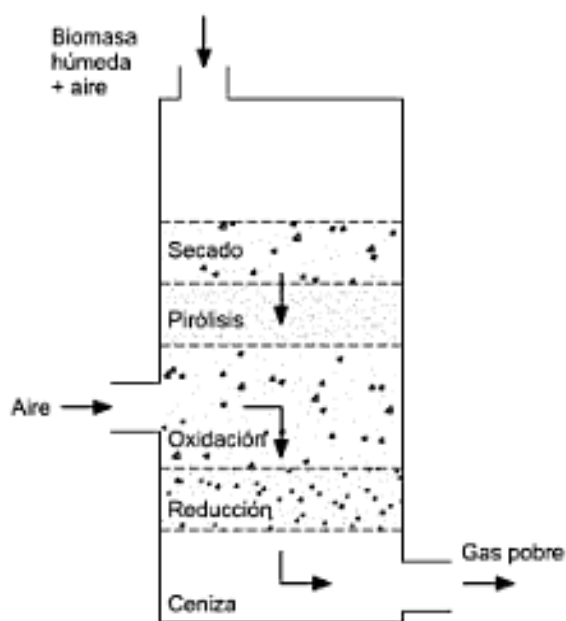


Figura 3. Gasificador de lecho fijo en equicorriente

Fuente: (Bayer, Gasificación de Biomasa - Estudios teórico-experimentales en lecho fijo equicorriente, 2009)

2.1.3.2 GASIFICADOR DE LECHO DESCENDENTE O FIJO EN CONTRACORRIENTE (UPDRAFT)

El sólido en este tipo de gasificadores es alojado por la parte superior y desciende lentamente en contra corriente con la corriente de gas producido por la inserción de

los agentes gasificantes como son el aire, oxígeno y vapor por el fondo del gasificador. Según va descendiendo el sólido es calentado por medio de la corriente ascendente de gas hasta llegar a la zona de combustión. (Bayer, Gasificación de Biomasa - Estudios teórico-experimentales en lecho fijo equicorriente, 2009)

Se regula la velocidad de descenso mediante la erradicación de cenizas que se lo realiza de un modo continuo. El sólido alimentado debe estar troceado para evitar complicaciones al ser arrastrados por la corriente de gas. (Bayer, Gasificación de Biomasa, 2009)

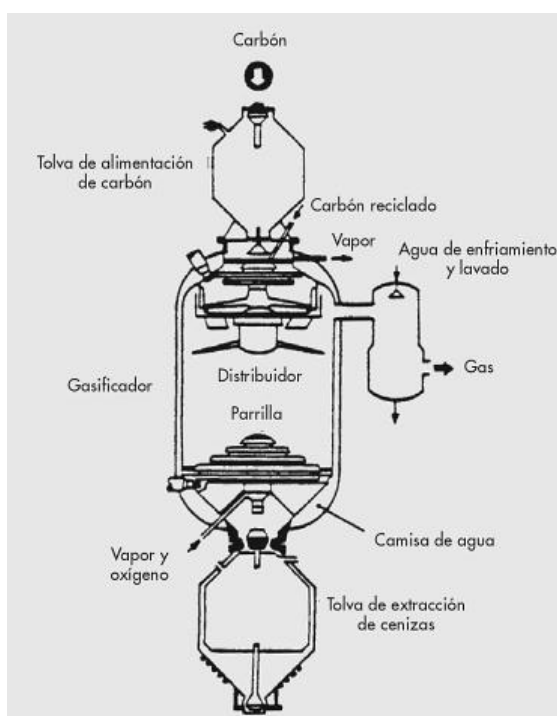


Figura 4. Gasificador de lecho descendente o fijo en contracorriente (Updraft)

Fuente: (Bayer, Gasificación de Biomasa, 2009)

2.1.3.3 GASIFICADOR DE LECHO FLUIDIZADO

El sólido se alimenta con un tamaño más fino que en el gasificador de lecho fijo, introduciendo el agente gasificante por la parte inferior. La reacción tiene lugar con el sólido suspendido en la corriente gaseosa, conformando un lecho fluido que se comporta de manera semejante al líquido. La erradicación de las cenizas suelen realizarse por el fondo. (Bayer, Gasificación de Biomasa, 2009)

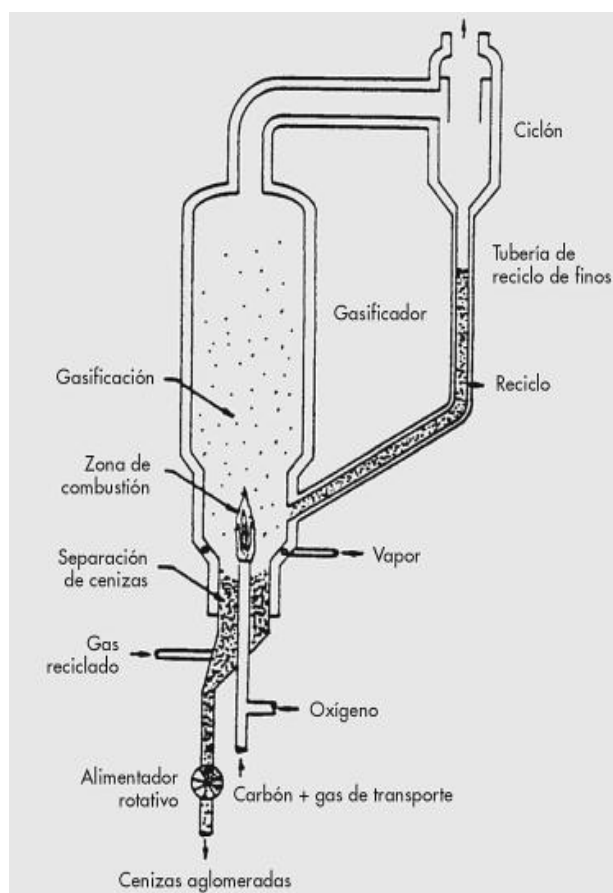


Figura 5. Gasificador de lecho Fluidizado

Fuente: (Bayer, Gasificación de Biomasa, 2009)

2.1.4 ELEMENTOS DEL GASIFICADOR

Los elementos de un gasificador, conjunto de partes, están organizados y relacionados interactuando entre sí para lograr un objetivo, cuya función es la producción de un gas de síntesis de alto poder calórico, indispensable para poner en marcha un motor de combustión interna.

2.1.4.1 REACTOR

Es el encargado de la parte energética para realizar la descomposición térmica de la biomasa mediante la alimentación de los quemadores con fracción de gas producido, teniendo en cuenta las pérdidas de energía ocasionadas por la eficiencia de los mismos. La cantidad de energía necesaria para el calentamiento es igual al cociente entre el productos del flujo de gas desviado para el calentamiento es igual al

producto del flujo de gas desviado para el calentamiento por el poder calorífico del gas entre la eficiencia del quemador.

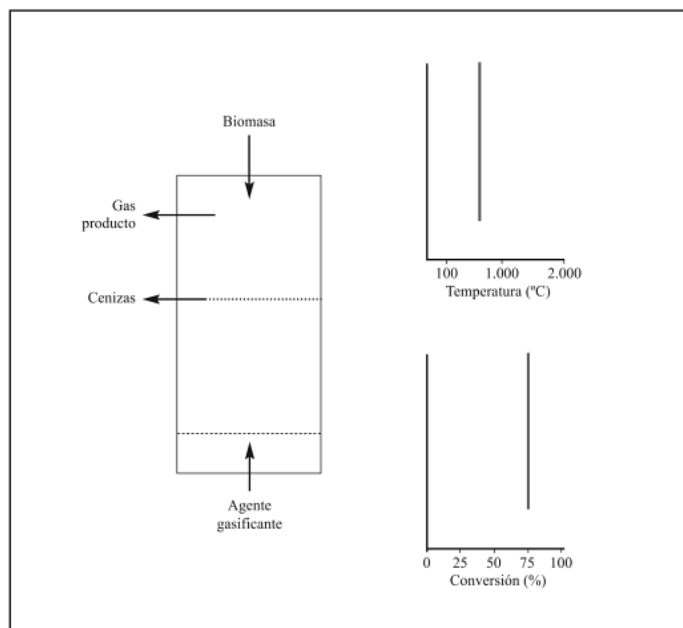


Figura 6. Flujos de materia, perfiles de temperatura y conversión en un reactor

Fuente: (Nogués, 2010)

2.1.4.2 ALIMENTACIÓN

En los gasificadores, el alimentador cumple la función de almacenar y transportar la biomasa hacia el interior del reactor. Para modificaciones en el diseño o funcionamiento hay que tomar en cuenta el tipo de biomasa, tasa de alimentación y máximo tamaño de grano. La alimentación es llevada a cabo con un dispositivo de un sistema de tornillo sin-fin, por su facilidad de operación y mantenimiento. Es aquel que se encarga de mover el material ubicado en el cuerpo estable, permitiendo la caída libre a lo largo de la longitud del cuerpo por medio de la rotación del tornillo. (Nogués, 2010)

2.1.4.3 ENFRIAMIENTO

Es el encargado de adaptar el gas obtenido para aplicaciones del mismo. Al reducir la temperatura se obtiene una condensación de productos no deseados en el

gas, como son el caso del agua y alquitranes en caso de existir. (Elías Castells & Velo García, 2012)

2.1.4.4 INTERCAMBIADOR DE CALOR

Debido a la creciente escasez de agua, tanto para el consumo como para la industria, se ha optado por utilizar más equipos de intercambiador de calor enfriados por aire.

Es sabido que en un intercambiador de calor, cuando el fluido externo es un gas (aire, gas natural, gases de combustión, etc), se tienen bajos coeficientes de convección. Esto implica que debe utilizar superficies extendidas para compensar este bajo coeficiente. (Valderrama, 2003)

Este dispositivo cumple la función de reducir la temperatura del gas obtenido del proceso, donde se establece el flujo de gas seco. El cual está compuesto por flujo de gas producido más flujo de gas arrastrante. (Castro, 2005)

2.1.5 BIOMASA

La biomasa compone toda la materia orgánica presente para su uso energético, tenemos variados productos como la madera, plantaciones de crecimiento acelerado, se dispone de residuos forestales entre otras. Para aprovechar la energía se requiere biomasa residual ya que es tratada ambientalmente. (Dr-Ing. Klose, Dr.-Ing. Rincón, & Dr.-Ing. Gómez, 2011)

Se puede distinguir la biomasa que se origina por la alimentación del hombre y de los animales. El aprovechamiento de la biomasa ocurre por un proceso de combustión o realizándole alguna transformación que permite obtener sustancias que sirven como combustibles. Los excedentes agrícolas constituyen un desecho, se pueden optar como biomasa. (Tardáguila, 2008)

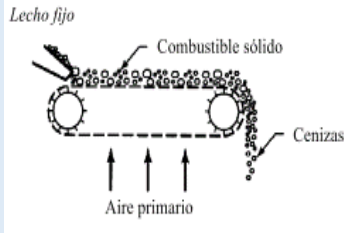
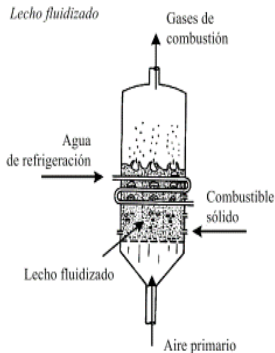
2.1.6 CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA

2.1.6.1 BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

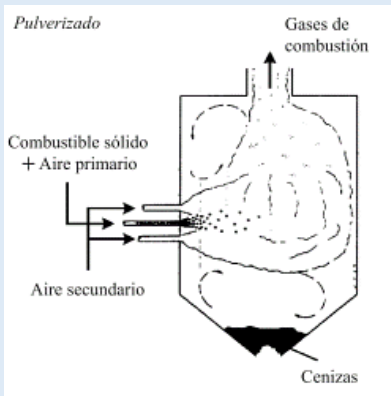
Las fuentes principales son las extirpaciones de ecosistemas naturales utilizadas para uso energético. Como fuentes secundarias se tienen residuos selvícolas, restos de actividad agrícola y residuos industriales conforme se puede observar en la tabla 2. (Nogués, 2010)

Tabla 2.

Ventajas e inconvenientes de las tres principales tecnologías de combustión de biocombustibles sólidos

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
 <p data-bbox="363 1205 635 1240">Figura 7. Lecho Fijo</p> <p data-bbox="344 1265 654 1301">Fuente: (Nogués, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Granulometría amplia - Aplicable a generación térmica y eléctrica - Costos de inversión y operación bajos 	<ul style="list-style-type: none"> - Control difícil (en pequeñas instalaciones) - Alto exceso de aire - Eficiencia media - Riesgo de sinterización de cenizas
 <p data-bbox="323 1787 671 1823">Figura 8. Lecho Fluidizado</p> <p data-bbox="344 1848 654 1883">Fuente: (Nogués, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad en tamaño de partícula y mezclas de biomasa - Emisiones bajas - Eficiencia alta (> 90 %) - Capacidad de proceso alto - Condiciones de combustión homogénea 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de auxiliares alto - Altos costes de operación - Erosión del reactor - Riesgos de aglomeración en lecho burbujeante

CONTINÚA 

 <p>Figura 9. Pulverizado</p> <p>Fuente: (Nogués, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia (>90 %) - Capacidad de proceso alta - Emisiones bajas, si se implementa tecnología específica 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de pretratamiento alto - Costes de inversión y operación altos - Características del combustible muy influyentes sobre estabilidad de llama
--	---	---

Fuente: (Nogués, 2010)

2.1.6.2 BIOMASA RESIDUAL HÚMEDA

Contiene alta humedad permitiendo que su degradación sea sencilla mediante procesos bioquímicos, la mayoría de flujos son líquidos, aunque se pueden dar en estado semisólido o sólido. Sus fuentes importantes son los residuos ganaderos, residuos urbanos y las aguas o flujos residuales de empresas de procesamiento agrícola, ganadero, alimenticios. (Nogués, 2010)

2.1.6.3 BIOCMBUSTIBLES

Combustible con alto poder calorífico utilizado en sistemas térmicos como motores de combustión interna, quemadores o turbinas. No se obtienen directamente de un ecosistema natural y no son subproductos de actividades humanas. Cuando la biomasa presenta un elevado contenido en aceites, los cuales son extraídos por procesos físicos o físico-químicos. Existiendo un alto contenido en azúcar puede obtenerse bioetanol mediante fermentación y como siguiente proceso la destilación. (Nogués, 2010)

Tabla 3.

Fuentes secundarias de biocombustibles sólidos

Categoría	Actividad origen del recurso	Tipos	Residuos que genera
Residuos forestales	Tratamientos selvícolas: cortas de mejora y cortas de parciales Claros, claras Podas	Principalmente en montes repoblados o en aquellos naturales con un cierto interés económico	Arboles de pequeño tamaño sin valor comercial Ramas de poda Biomasa de estrato arbustivo
	Tratamientos selvícolas: Cortas de regeneración	Objeto de extracción de madera del monte, tanto en masas naturales como en artificiales	Copas, ramas, raberones Pies secos sin interés
	Incendios forestales	En pinares por lo general	Árboles quemados de escaso interés comercial
	Apertura de caminos, cortafuegos, etc.	En todo tipo de monte	Copas, ramas, raberones Pies secos sin interés
Residuos Agrícolas	Cultivo de especies herbáceas Poda de especies leñosas	Cereales, oleaginosas, algodón Olivo, vid, frutales	Paja, zuros, bagazo Ramas, pies secos y tocones
	Industrias extractivas Industrias preparadoras	Extractivas de café, aceite, vinícolas Preparación de arroz, algodón, frutos secos	Alpechines, orujo de oliva, marro de café, cascarilla de arroz, desmotado de algodón

CONTINÚA 

Categoría	Actividad origen del recurso	Tipos	Residuos que genera
Industrias forestales	Primera transformación	Aserrado Fabricación de tableros Desenrollo y chapas Celulosas Industrias del corcho	Cortezas, costeros, serrines, virutas Cortezas y polvo de lijado Recortes de chapa, desenrollo Corteza y finos Restos de corcho y finos
	Segunda transformación	Carpintería, muebles Embalaje de madera, pales Papel Derivados del corcho	Recortes, tacos, serrín, virutas, polvo de lijado Papel Recortes de corcho, polvo lijado

Fuente: (Nogués, 2010)

2.2 SENSORES

2.2.1 CELDA DE CARGA

La celda de la carga se la empleo para que cumpla con la función de la báscula, es un transductor que es usado para convertir la carga que actúa sobre él en señales eléctricas.

Los medidores están unidos a un elemento estructural, el cual se deforma cuando se aplica peso y a su vez deforma el indicador de tensión. Mientras se deforma el medidor de deformación, la resistencia eléctrica cambia en proporción a la carga.



Figura 10. Celda de carga

Fuente: (Elektronik, 2009)

2.2.2 SENSOR MAF

El sensor de flujo de aire “MAF” cumple con la función de revelar la cantidad de aire necesario para la operatividad óptima del motor. *“La señal del sensor MAF, si es directamente proporcional, esta se incrementa o sube a medida que la cantidad de aire se incrementa. Y por lo contrario, si es inversamente proporcional a medida que la cantidad de aire se incrementa la señal baja de valor”.* (Concepcion, 2010)

Un sensor MAF permite calcular la densidad del aire y la temperatura, y envía una señal de resultado a la ECM, a menudo el sensor MAF se refiere como un sensor de alambre caliente. Cuando el aire circula por el elemento de detección, el cual se enfría, lo que requiere a la MAF producir más corriente para mantener la temperatura programada. El equipo dentro del MAF calcula el flujo de corriente interno de aire de masa dentro del motor. La salida es una señal digital producida, es una frecuencia variable, que el ECM utiliza para calcular el inyector de ancho de pulso y tiempo de encendido. (Martin, 2005)

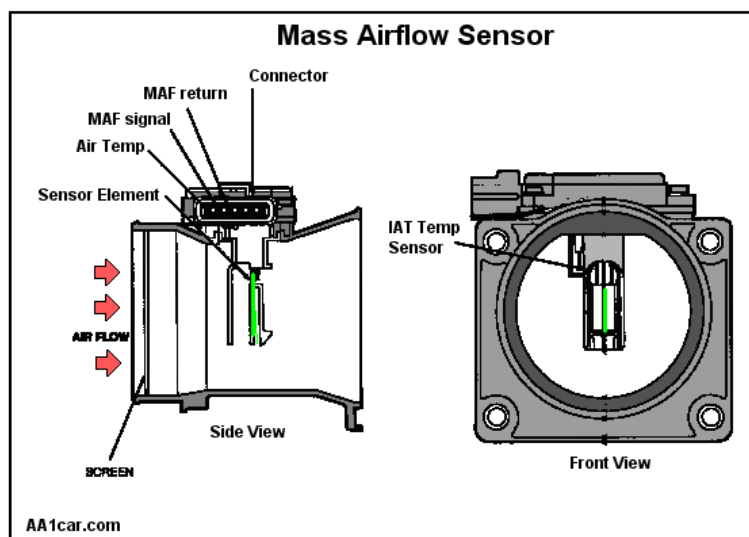


Figura 11. Sensor MAF

Fuente: (AA1Car)

2.2.3 ANEMÓMETRO

El anemómetro es un instrumento por el cual se puede valorar la velocidad del aire. En la actualidad existen cinco instrumentos con los cuales se puede llevar a cabo la medición de los vientos. (Hidy, 1972)

- Anemómetro de cazoletas.
- Anemómetro de empuje.
- El tubo Pitot.
- Anemómetro de hilo caliente.
- Anemómetro de sonido.

En los tres primeros su funcionamiento es mediante la fuerza ejercida por el viento en el cuerpo. (Hidy, 1972)

Anemómetro de cazoletas: tiene tres o cuatro cazoletas cónicas o semiesféricas distribuidas simétricamente alrededor de un eje vertical, gira a su alrededor dado que la fuerza que ejerce el viento es mayor en la cara cóncava que la convexa. La velocidad de giro es proporcional a la del viento. (López, 2012)

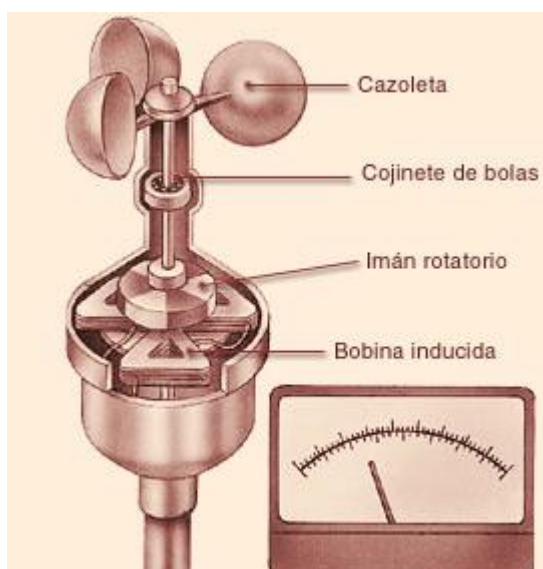


Figura 12. Anemómetro

Fuente: (López, 2012)

2.2.4 TERMOCUPLAS TIPO K

Las termocuplas emplean la producción del calor como producto de un cambio de corriente circulante por una resistencia. El aumento de la temperatura es medido por un incremento en la corriente originada por la termocupla que a su vez acciona un sensible micro amperímetro. La termocupla con la cual se va realizar la toma de datos es tipo K que se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300°C. (Rodríguez)

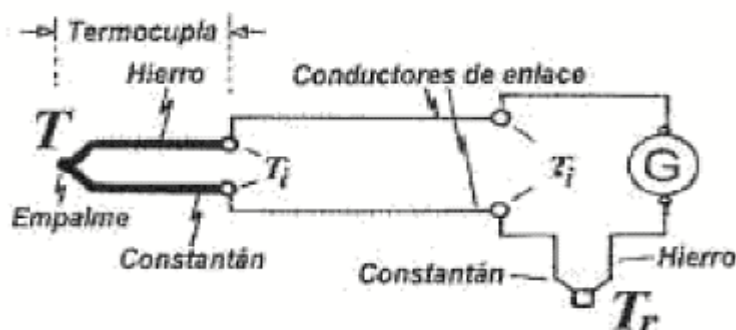


Figura 13. Esquema de Termocupla tipo K

Fuente: (Sobrevila, 2008)

2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico se basa en la cualidad que tienen ciertos materiales de convertir la energía luminosa que reciben en energía eléctrica, a la energía luminosa incidente total por unidad de área se le denomina Irradiación global G , la cual se mide en vatios – hora por metro cuadrado (Wh/m^2). El sistema fotovoltaico consta de los siguientes componentes. (Consejo Nacional de Electricidad, 2008)

- El generador fotovoltaico o campo de paneles. Es un sistema de generación limpia, es un elemento captador de energía que recoge la irradiación solar y la transforma en corriente eléctrica continua (CC), su origen es gratuito y el proceso de generación de la energía eléctrica no produce emisiones ni residuos contaminantes. Si se quiere disponer de energía durante cualquier instante, es preciso contar con un acumulador de energía. (Roldán, 2010)



Figura 14. Sistema Fotovoltaico

Fuente: (Roldán, 2010)

- El acumulador cumple con la función de almacenar la energía producida por los paneles para administrar de ella en períodos de baja o nula irradiación solar. La acumulación se la lleva a cabo mediante el uso de baterías, estos acumuladores son pilas reversibles; es decir, se pueden cargar y una vez descargadas, volverse a cargar, así durante un tiempo prolongado. (García Villas & Arribas, 1999)



Figura 15. Batería

Fuente: (Roldán, 2010)

2.4 AUTOMATIZACIÓN

La mecanización se encuentra relacionada por la sustitución del trabajo físico mediante la ayuda de mecanismos. En la automatización su función es la sustitución del trabajo intelectual del hombre, no sustituye totalmente el trabajo del hombre, sino sólo el trabajo agobiante. (Ruiz, 2000)

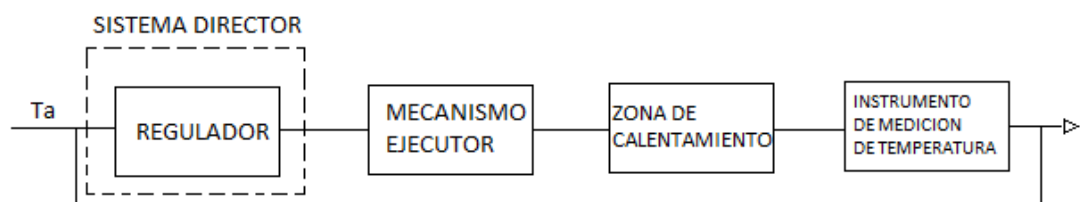


Figura 16. Proceso de Automatización

Fuente: (Ruiz, 2000)

La acción del medio externo se expresa mediante el valor de la temperatura asignada (T_a), la cual se convierte en señal eléctrica. Todo objeto se encuentra bajo la acción continua de entradas, que determinan el estado del mismo. Los sistemas automatizados son los encargados de ayudar al ingeniero tanto en la generación y evaluación de opciones de solución óptimas, a partir de diferentes criterios de eficiencia y en la preparación de documentación tecnológica. (Ruiz, 2000)

2.5 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN

La transformación de gas de síntesis a electricidad se realiza por medio de generadores eléctricos que utilizan gas de síntesis como combustible. La tasa de conversión de gas de síntesis a electricidad depende de cada generador. Dependiendo de la capacidad de generación que tiene, pero un valor aproximado ronda los 2 kWh/m³ gas de síntesis (para un gas de síntesis que contiene 70 % de metano). (Hernández, 2015).

El uso del gas de síntesis en motores de combustión interna posee una amplia versatilidad por el uso de diferentes combustibles por sus calidades o cualidades: gas natural, biogás, gasoil, biodiesel, etc. El gas de síntesis tiene un valor energético de 20 – 25 MJ/m³. El motor tiene acoplado el alternador, este sistema se llama generador, su cogeneración produce una mayor cantidad de energía eléctrica por unidad de combustible consumido, obteniendo un mayor rendimiento eléctrico, entre un 30% y un 45%. (Elías Castells, 2012)

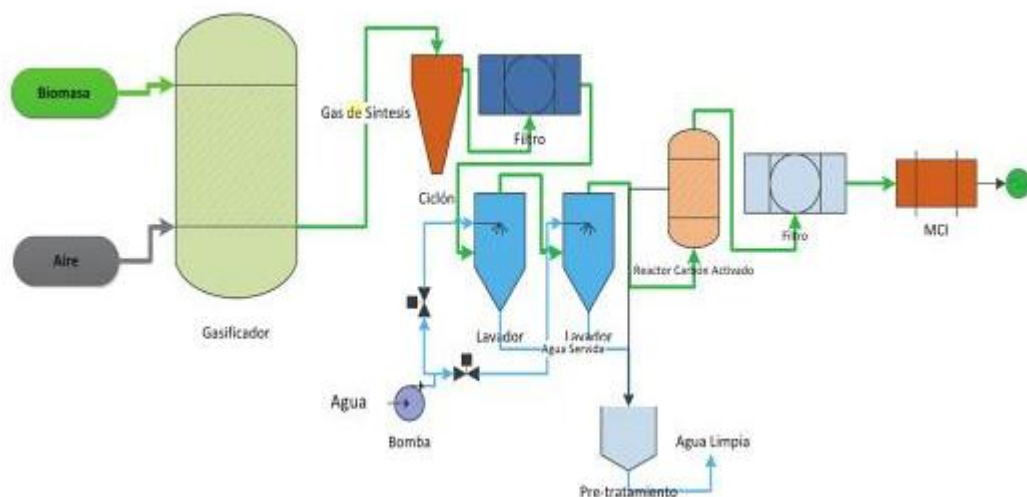


Figura 17. Sistema de Gasificación - Motor de Combustión Interna

Fuente: (Rincón Martínez & Silva , 2015)

Los motores de ciclo Otto utilizan como combustible GLP, gas natural o cualquier otro gas o líquido volátil. Se toma en cuenta el poder antidetonante del gas en un

motor. Lo ideal sería que el gas tuviera como mínimo 70 % de metano, el gas no debe poseer hidrocarburos líquidos y que el diámetro de las partículas en suspensión no sobrepase de 10 micras. (Hernández, 2015)

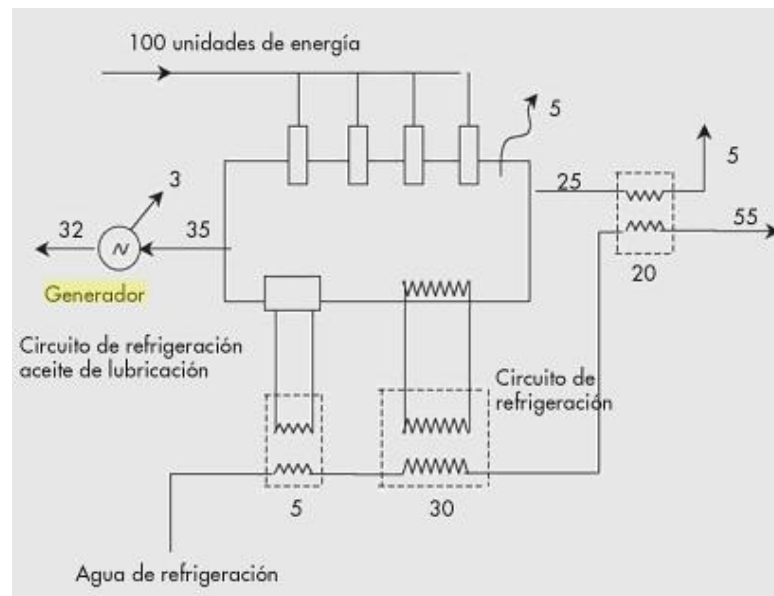


Figura 18. Principio de funcionamiento de un motor de combustión interna

Fuente: (Elías Castells, 2012)

El generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica, suministra electricidad quemando el combustible y moviendo un eje que permite girar el electroimán que se encuentra en la parte interna de la bobina.

La producción de corriente alterna utiliza el principio de inducción electromagnética, todo conductor sometido a un campo magnético variable crea una fuerza electromotriz inducida. (Orrego, 2007)

2.6 PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

Labview es un lenguaje de programación de alto nivel de tipo gráfico, en su inicio orientada a la realización de aplicaciones para el control de instrumentación. Cuenta con los elementos para elaborar algoritmos en distintas aplicaciones. Los objetivos del programa son la reducción del tiempo de desarrollo de aplicaciones y desarrollo de aplicaciones para programadores no expertos en informática. La cualidad principal es la existencia de variados paquetes los cuales facilitan la combinación de

este software con hardware, como tarjetas de adquisición de datos, controladores, autómatas programables, sistemas de visión, FPGAs. (Molina Martínez & Jiménez Buendía, 2010)

En Labview, se construye una interfaz de usuario llamado panel frontal. Los controles son texto, botones de acción, interruptores y otros dispositivos. Los indicadores son gráficos, LED, objetos para mostrar texto, números y otros elementos que se requieran. (Molina Martínez & Jiménez Buendía, 2010)

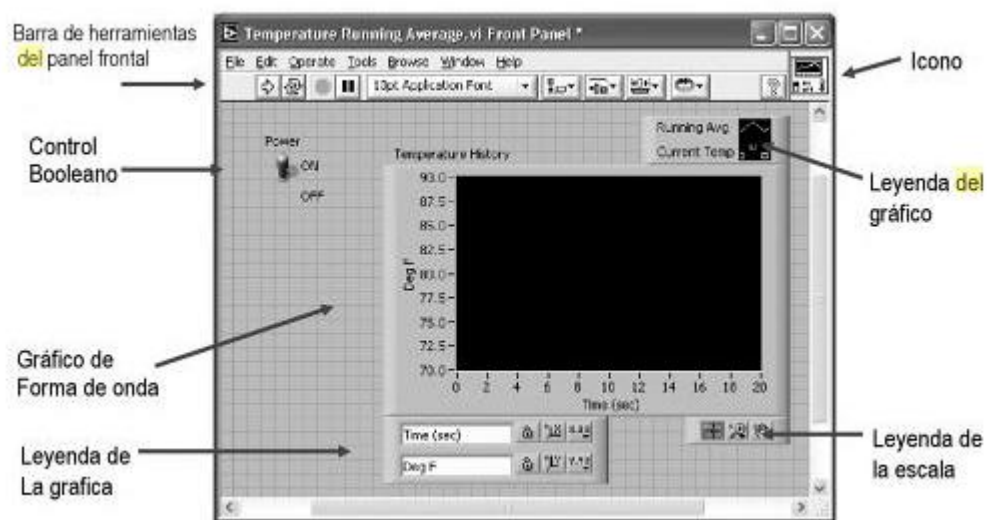
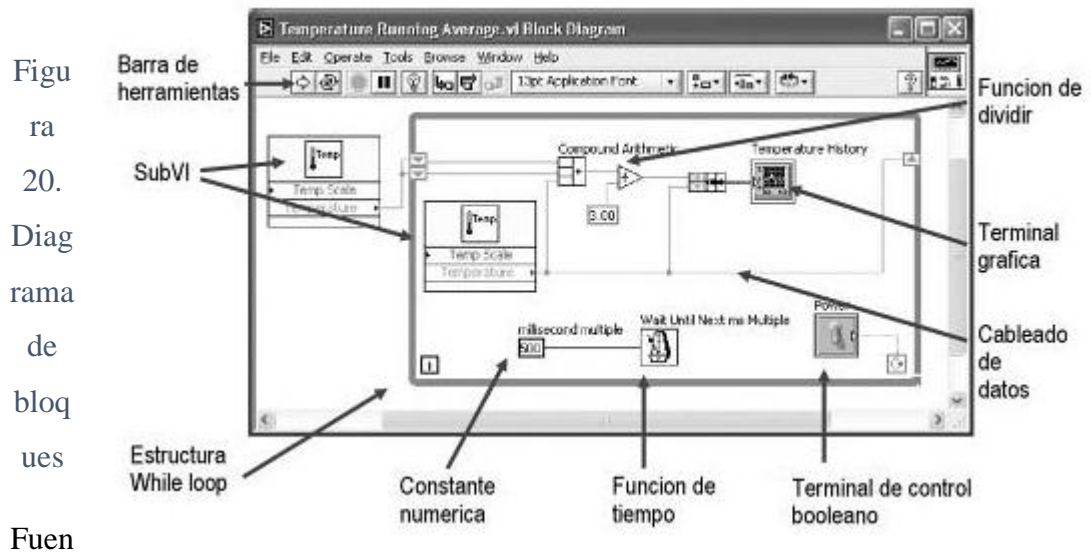


Figura 19. Panel Frontal

Fuente: (Molina Martínez & Jiménez Buendía, 2010)

El diagrama de bloques contiene el código fuente gráfico. Los elementos del panel frontal se muestran como terminales en el diagrama de bloques, contiene funciones y estructuras obtenidas en las bibliotecas de Labview. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras, conforme se presenta en la figura 20.



te: (Molina Martínez & Jiménez Buendía, 2010)

2.7 NATIONAL INSTRUMENTS myRIO-1900

2.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La National Instruments myRIO-1900 es un portátil reconfigurable I/O (RIO), que permite a los estudiantes de ingeniería emplearlo para control por designación, robótica y sistemas mecatrónicos. (National Instruments, 2013)

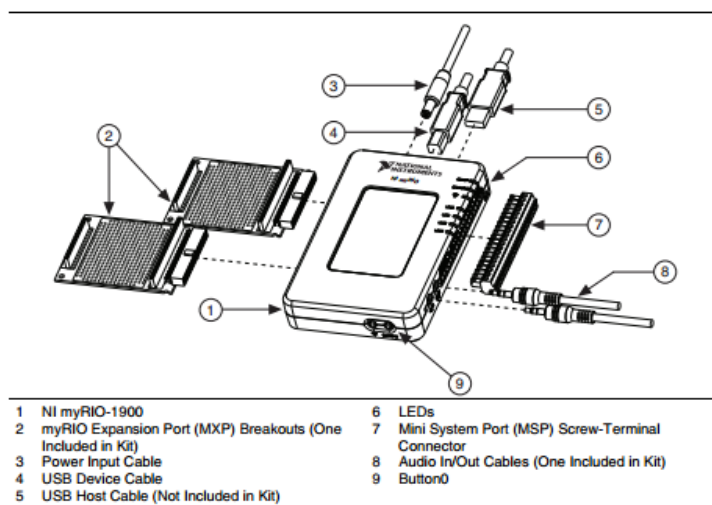


Figura 21. NI myRIO-1900

Fuente: (National Instruments, 2013)

2.7.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HARDWARE

El NI myRIO-1900 provee entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), audio y salida de energía en un dispositivo integrado compacto, el dispositivo puede ser conectado a través de un dispositivo USB o conexión inalámbrica 802.11b,g,n. (National Instruments, 2013)

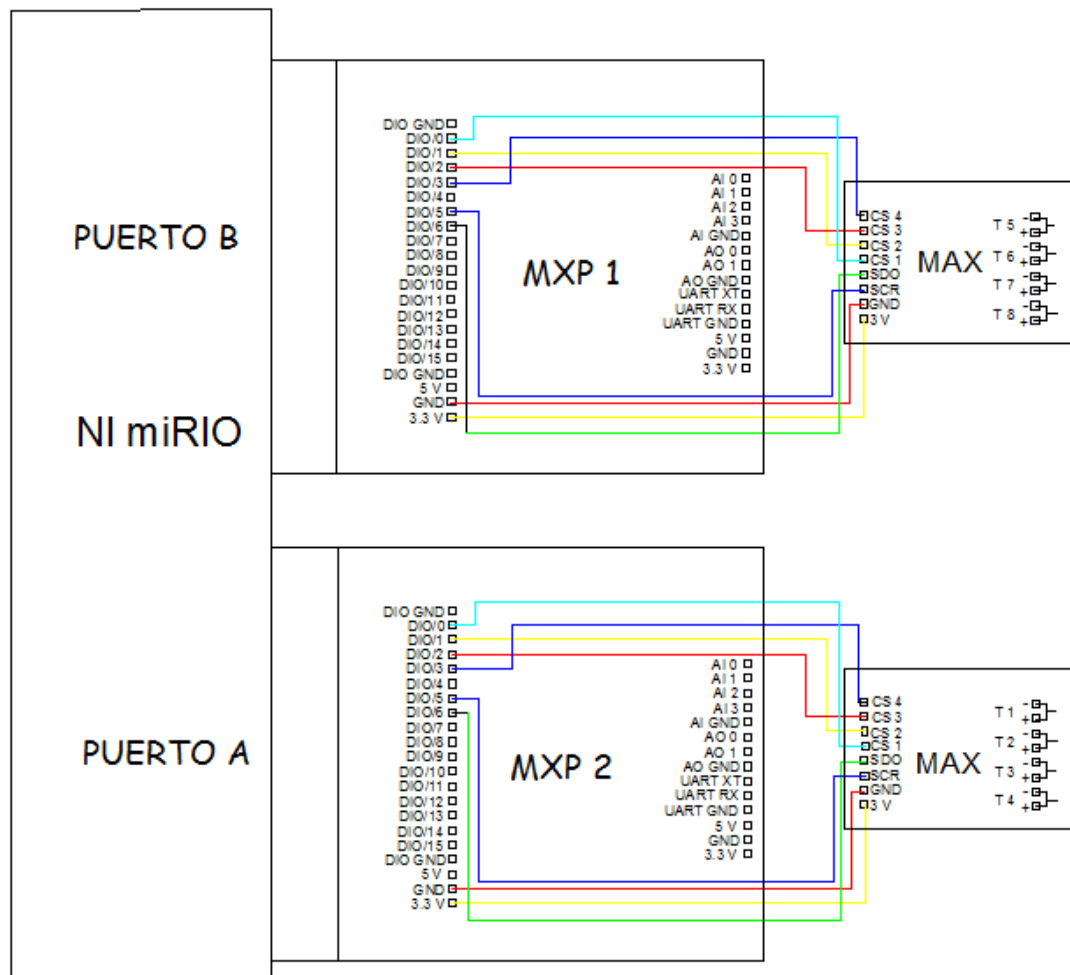


Figura 22. Distribución de pines para termocuplas

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

3.1 MONTAJE DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

El montaje de la celda de carga se realizó en una estructura de 2 metros de largo por dos metros de ancho, el sensor se lo colocó en el centro de gravedad de la placa metálica, la fijación de la balanza es mediante un empotramiento en los cuatro soportes, realizando perforaciones en el concreto; se utilizaron pernos de anclaje con un diámetro de 3/8", longitud 5".



Figura 23. Perforación de pernos de anclaje

La instalación del indicador de balanza se da por la conexión del puerto RS232 a los cables de la celda de carga.

La calibración de la balanza se realizó con un peso de 300 kilogramos distribuidos uniformemente en la placa, ya que la celda de carga tiene una capacidad máxima de 350 kilogramos.



Figura 24. Calibración de balanza

La medición de presión se realizó mediante la implementación de un tubo en U con medición métrica, conectados sus dos terminales por medio de mangueras al acople donde se encuentra el Venturi.



Figura 25. Medidor de presión

Se realizó un cambio de tres termocuplas del equipo existente ya que se encontraban fuera de funcionamiento, permitiendo adquirir datos óptimos.



Figura 26. Instalación de termocuplas

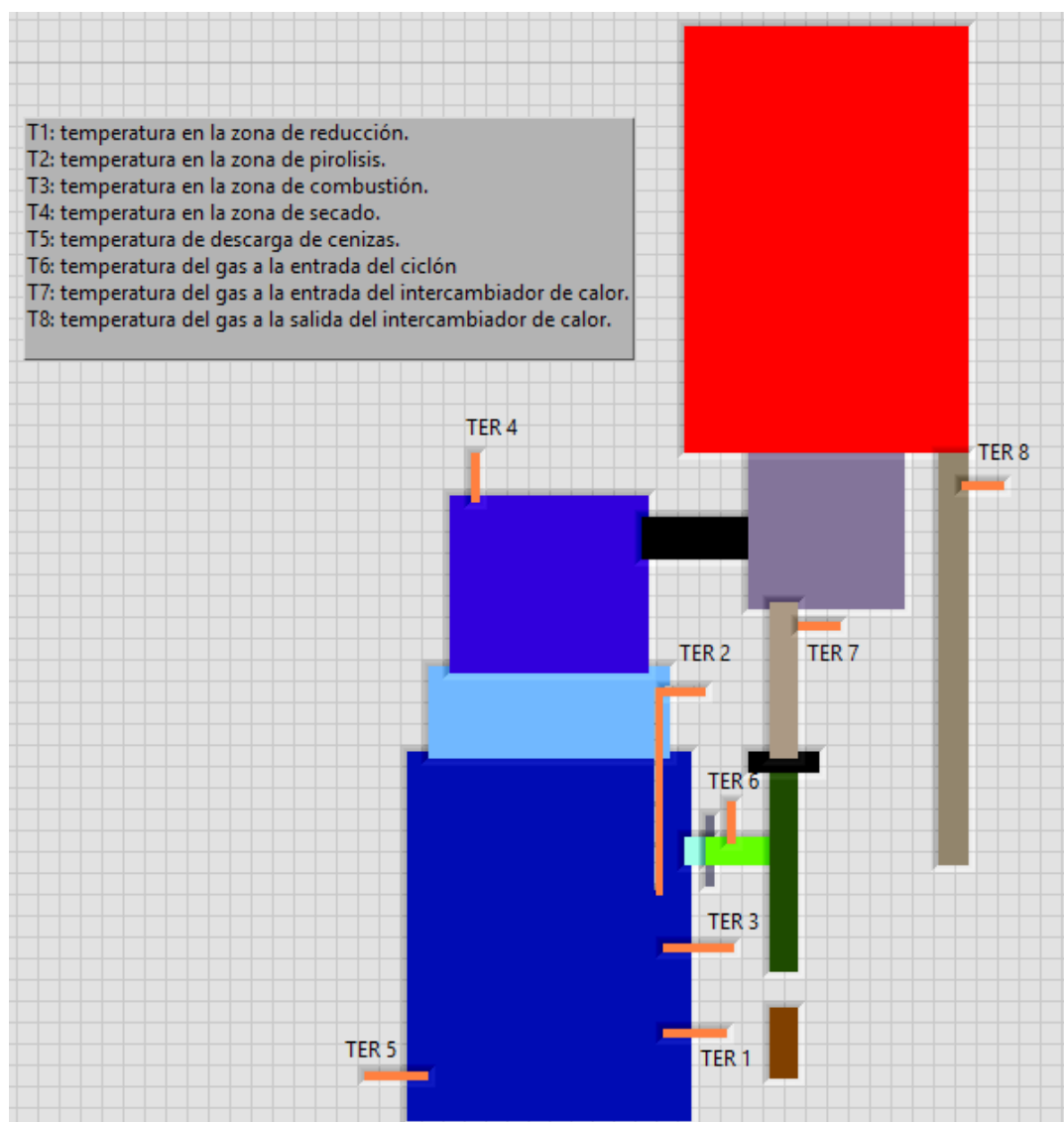


Figura 27. Distribución de termocuplas en el gasificador

Se conecta un acople con manguera para la conexión del ingreso del aire desde la tubería conectada al sistema de distribución de aire del compresor. En el final de la manguera se tiene una conexión macho, la cual se anexa al acople hembra del ingreso de aire al Venturi.



Figura 28. Conexión del aire al Venturi

Por medio de una válvula se permite el ingreso de gas de síntesis a la manguera, la cual mediante un sistema de conexión de un acople hueco soldado a una placa de 50 mm x 50 mm x 5 mm con un orificio del mismo diámetro del acople, el conjunto se engancha a dos pernos del motor generador, permitiendo que por medio del orificio ingrese el gas de síntesis y aire hacia el mismo.



Figura 29. Ingreso del aire y gas de síntesis al motor generador

Tabla 4.

Especificaciones técnicas del generador a gas de síntesis

Potencia nominal	800 W
Potencia máxima	9000 W
Frecuencia	60Hz
Tensión AC	120 V
Tensión DC	12 V 8.3 A
Número de polos	2
Velocidad	3600 rpm

Fuente: (Generators, 2015)

El circuito eléctrico permite determinar la potencia del generador. Para determinar la potencia del generador real tanto a gasolina como a gas de síntesis, se realiza mediante la suma de cargas resistivas de una determinada potencia, como cargas resistivas se utilizan bombillas incandescentes de 25, 50 y 100W. Se realizan 23 mediciones de corriente y tensión por cada carga que se añade teniendo como potencia total del generador la sumatoria de cada una de las cargas.

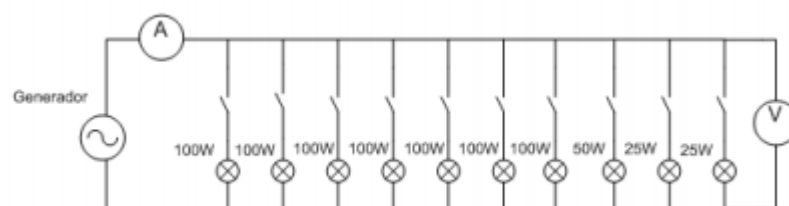


Figura 30. Circuito eléctrico de focos

El sistema fotovoltaico contiene 3 paneles, por lo cual se realizará la conexión en paralelo para incrementar la corriente a la carga y mantener constante la tensión del sistema fotovoltaico.

Tabla 5.

Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico

Tensión nominal	12 V	24 V
Tensión de máxima potencia	17.4 V	34.8 V
Potencia nominal	100 W	100 W
Corriente máxima	5.74 A	2.87 A
Tensión en circuito abierto	21.6 V	43.2 V
Corriente en cortocircuito	6.54 A	3.27 A

Fuente: (Codeso, 2015)

Se posee con 12 baterías cada una de capacidad de 11 Ah, teniendo una capacidad total de 132 Ah.

Tabla 6.

Especificaciones técnicas de la batería

Celdas por unidad	6
Tensión por unidad	12 V
Capacidad	11 Ah
Corriente de descarga máxima	150 A/ 180 A
Resistencia interna	14 mΩ
Tensión de carga flotante	13.5 a 13.8 V
Corriente de carga máxima	3.6 A

Fuente: (Battery, 2005)

Cada carga tiene 35 W conectado en paralelo y un total de todas las cargas de 595 W.

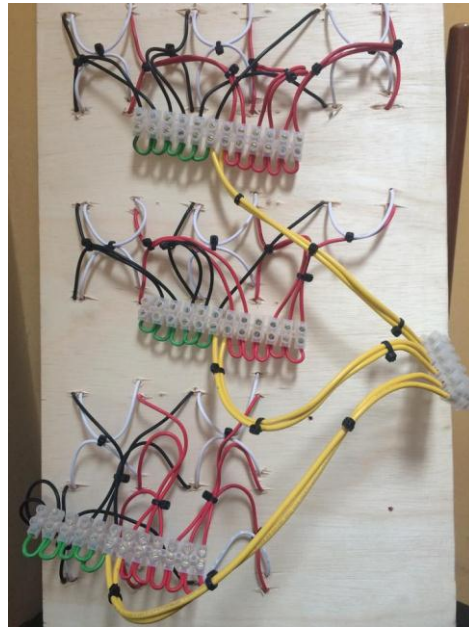


Figura 31. Conexión en paralelo de las cargas

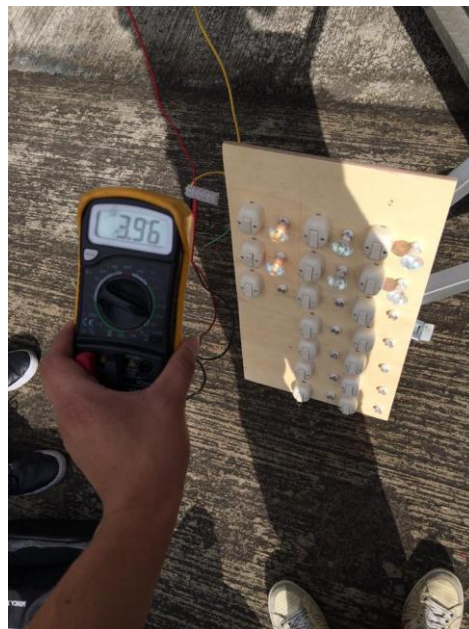


Figura 32. Medición de corriente con la conexión en paralelo

3.2 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACION DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICA

TERMOCUPLAS

Transductor formado por la unión de dos metales distintos, el cual crea una diferencia de potencial muy pequeña. Para poder trabajar con Labview fue necesario

incrementar la señal mediante un circuito SEN-30004: MAX 31855, y así lograr una adecuada medición.

Tabla 7.

Características de termocupla tipo K

TERMOCUPLA TIPO	RANGO DE TEMPERATURA °C	LIMITE DE ERROR	ELEMNTOS DE CABLE DE EXTENSION	CABLE DE EXTENSION
K	0 – 1250	+/- 2,2°C	Chromel- Alumel	KX

Fuente: (WEISZ, 2015)

MODULO MAX 31855

La MAX 31855 es un controlador de temperatura mediante el cual se adecua la señal de las termocuplas tipo K, pueden registrar hasta +1350°C. El MAX 31855 utiliza el bus SPI y es una lectura – solo dispositivo.

La MAX 31855 puede soportar 3,3 V de potencia, pero se ha añadido tensión de desplazamiento en su tablero de desbloqueo, permitiendo que este componente pueda ser utilizado tanto por AVR (funciona a 5V) y el procesador Cortex – M (funciona a 3,3V) basada Arduino. (Langbridge, 2015)

La programación realizada en NI Labview myRIO 2013 permite mayor facilidad de interacción entre el programador y el software.

Las termocuplas emiten una señal analógica, la cual fue necesario adecuarla mediante un circuito integrado; por lo que, se emplearán dos tarjetas MAX31855, cada una de estas tarjetas posee 4 entradas para termocuplas, su capacidad sólo le permite leer una a la vez, por lo cual en la programación se colocó un Case Structure, su programación está estructurada para cambiar de caso según la termocupla a leerse.

Para la lectura de las termocupas se seleccionan los canales en los cuales se van a distribuir cada una de las señales. Aquí se observará que dependiendo del caso en el que se encuentre el Case Structure sólo se envía una señal a ser procesada.

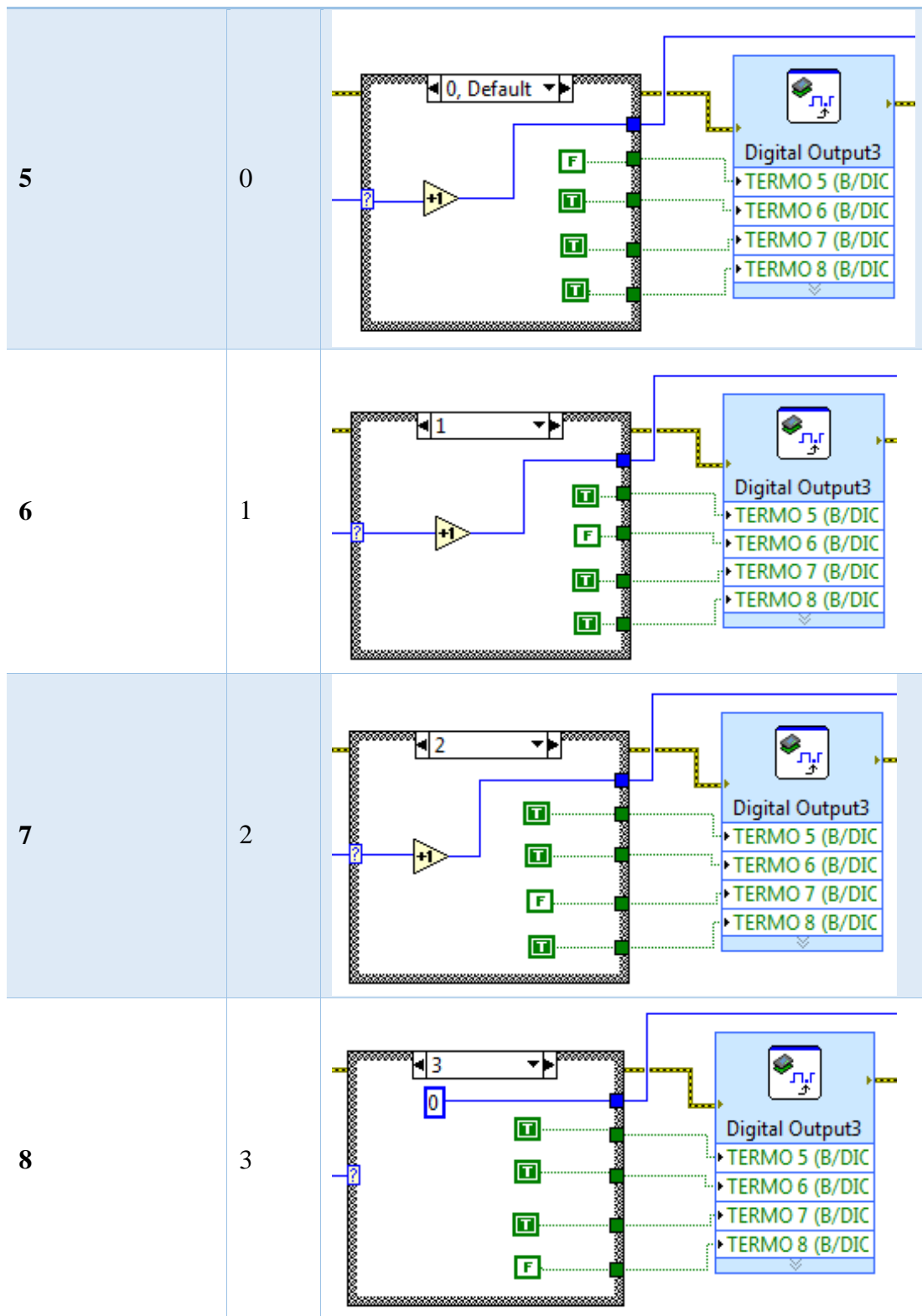
Cuadro 1.

Lectura de Termocupas

TERMOCUPLA	CASO	PROGRAMACIÓN
1	0	
2	1	
3	2	
4	3	

CONTINÚA

TERMOCUPLA CASO PROGRAMACIÓN



La conexión para los canales del NI myRIO se lo realizó con la siguiente distribución:

Tabla 8.

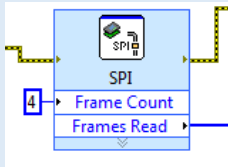
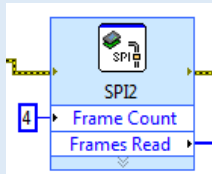
Distribución de Termocuplas en los canales del myRIO

TERMOCUPLA	CANAL
1	A/DIO0
2	A/DIO1
3	A/DIO2
4	A/DIO3
5	B/DIO0
6	B/DIO1
7	B/DIO2
8	B/DIO3

Mediante la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) se cambia algunos parámetros para su adecuado funcionamiento y se puede descomponer la información obtenida del circuito integrado MAX31855, la cual se entrega en 32 bits. Se la descompone en 4 fragmentos de 8 bits cada uno.

Cuadro 2.

Comunicación SPI

OPERACIÓN	PROGRAMACIÓN
<p>Frame Count:</p> <p>Descompone los 32 bits en 4 partes de 8 bits cada una.</p>	
<p>Frames Read:</p> <p>Salida de la señal</p>	

CONTINÚA 

Name:

Nombre del SPI en el cual se va a trabajar

Channel:

Indica en el canal en el cual se va a trabajar, para nuestra programación se utilizó los canales A y B

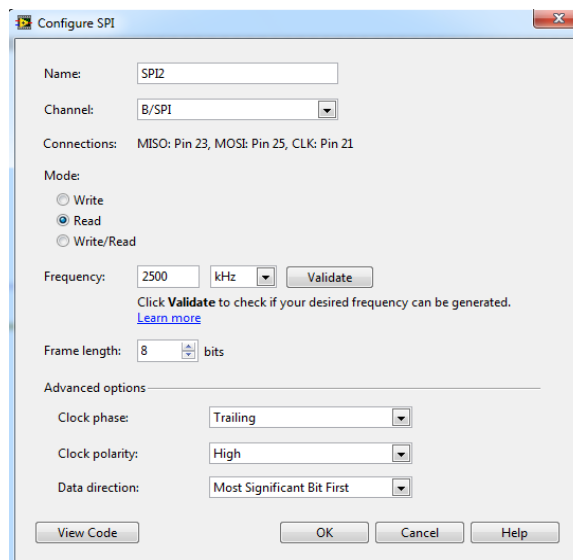
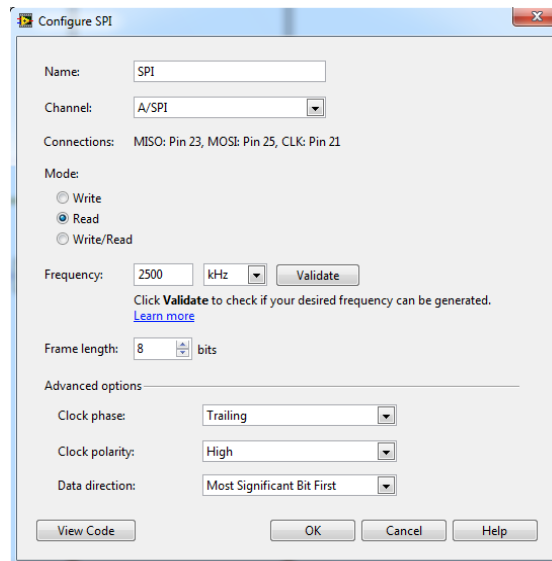
Mode:

Señales por ser leídas

Frame Length:

Advierte que cada fragmento está formado por 8 bits.

Funciones restantes de los parámetros como Frecuency y Advanced options dependerán de la forma en la cual se ocupa u opera el módulo MAX31855. Tanto estas opciones como las anteriores se pueden consultar en la página del fabricante.



Para que la información entregada por el módulo MAX31855 sea la adecuada, hay que ordenar de manera apropiada los 8 fragmentos, así la lectura de las termocuplas será la correcta.

Mientras que para la calibración de las señales de temperatura, el fabricante indica que el dato que da la temperatura en 14 bits se multiplica por 0,25 y la temperatura interna de 12 bits se multiplica por 0,0625.

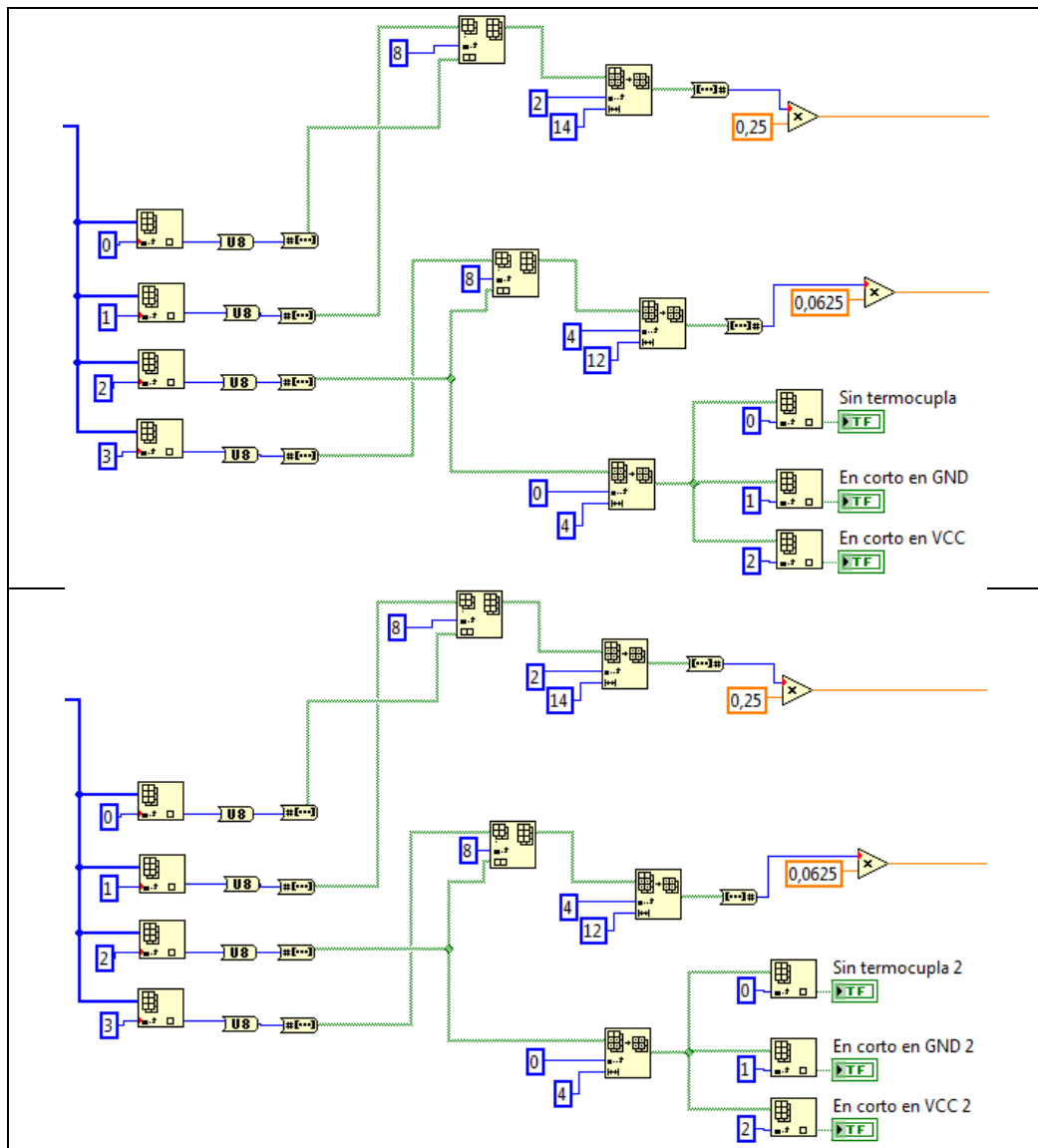


Figura 33. Calibración y ordenamiento de temperaturas

La obtención de datos se la realiza mediante la toma de 60 valores continuos que se van sumando para luego obtener un valor promedio, el cual será el más aproximado y brinde una mayor confiabilidad, este proceso fue realizado por el Case Structure.

Hay que tener en cuenta que en la programación entre el caso 0 y el caso 2 las temperaturas continuamente son sumadas.

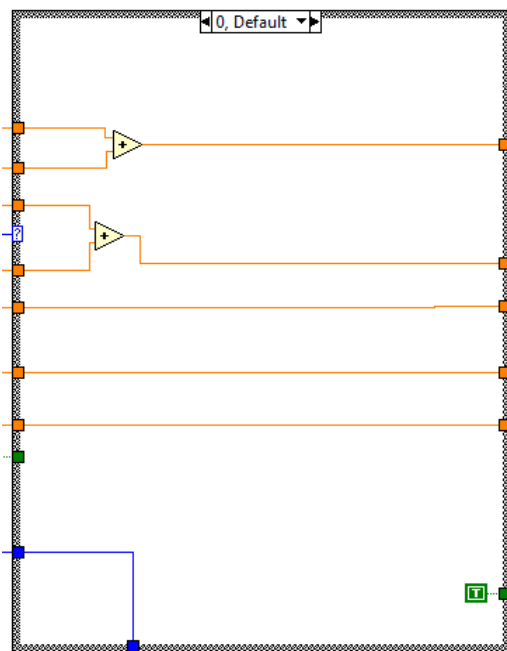


Figura 34. Comportamiento de los casos 0, 1, 2

En el caso 3, al ser el último, es necesario en la programación ingresar un Case Structure interno en el cual constan las opciones de TRUE o FALSE, únicamente se ejecutará el contenido de uno de ellos dependiendo del valor de lo que se conecte al selector. El caso 3 se comportará como los casos (0, 1, 2) siempre y cuando el caso interno se encuentre en FALSE y las temperaturas se sumaran de forma continua.

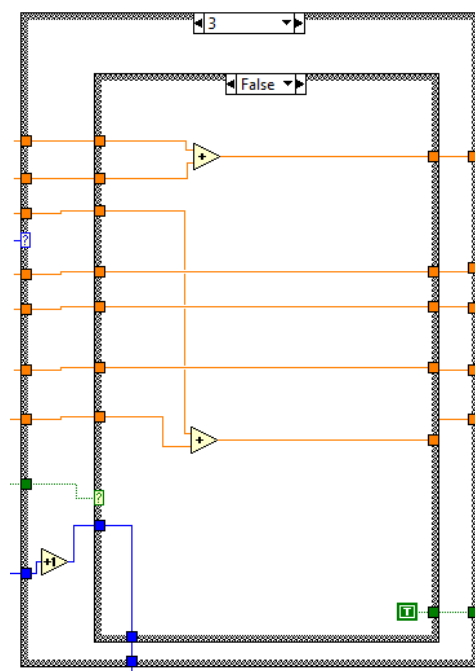


Figura 35. Comportamiento del caso 3 y FALSE

Al momento que adquiere los 60 datos cada una de las 4 termocupas de forma automática se activa el caso TRUE y las temperaturas se dividen para 60, como resultado es el valor que se presenta en la gráfica del panel de control. Para el control de los casos TRUE o FALSE se lo lleva a cabo mediante un comparador.

Cuadro 3. Comportamiento del caso 3 y TRUE

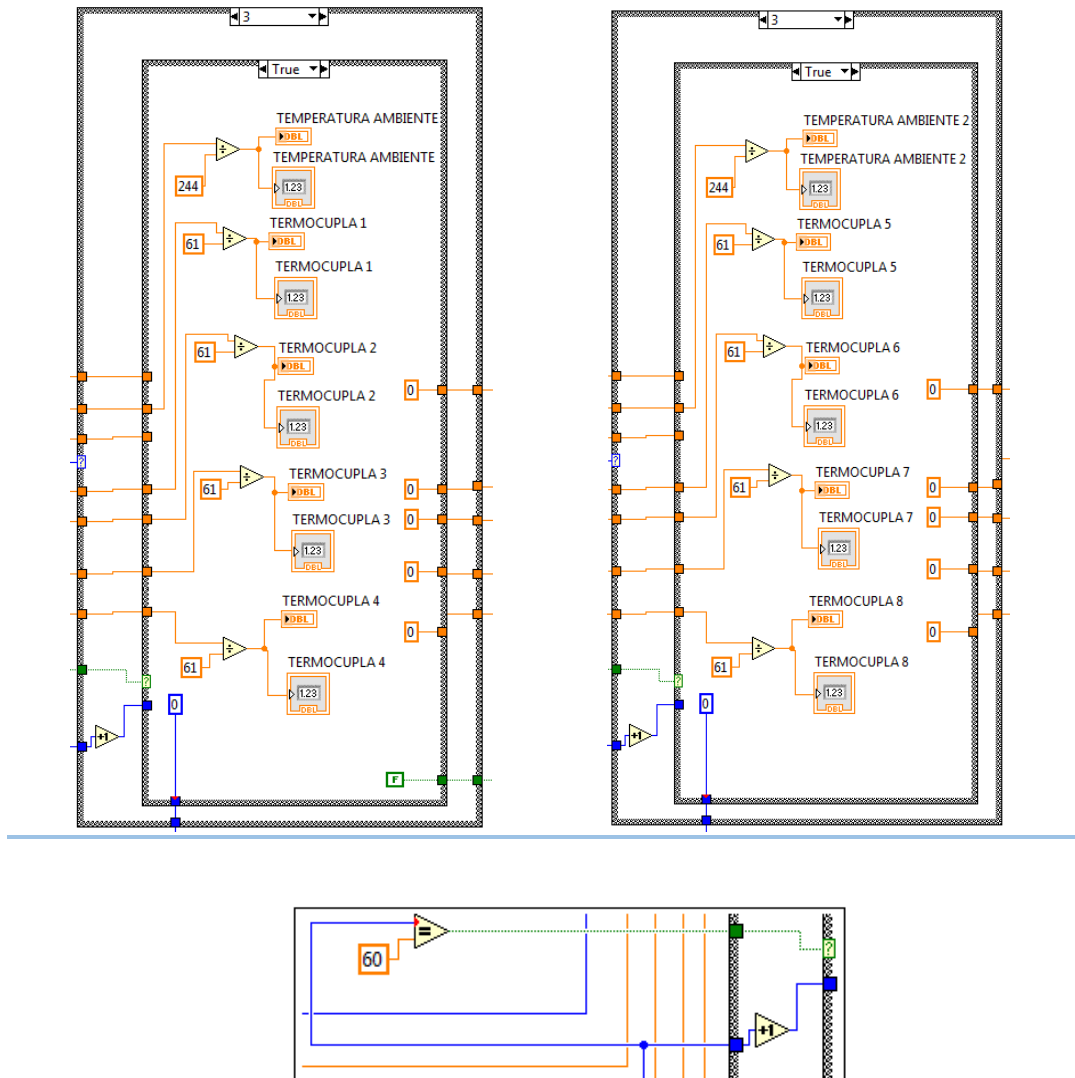
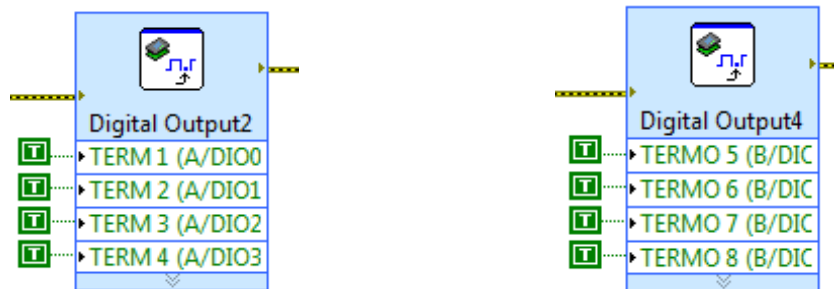


Figura 36. Comparador

Para que el proceso ya realizado vuelva a iniciar y sea continuo, las señales que se hayan adquirido, tienen que ser receptadas.

Cuadro 4.

Reseteo de señales



Se dispuso de interruptores o botones para iniciar y finalizar el proceso de la toma de datos, se integró adicionalmente un cuadro de salida de errores con la función de indicar alguna anomalía en la toma de datos. Si se llegase a producir algún tipo de error hay la opción de copiar el código que se indica en el cuadro para determinar la solución más óptima del mismo.

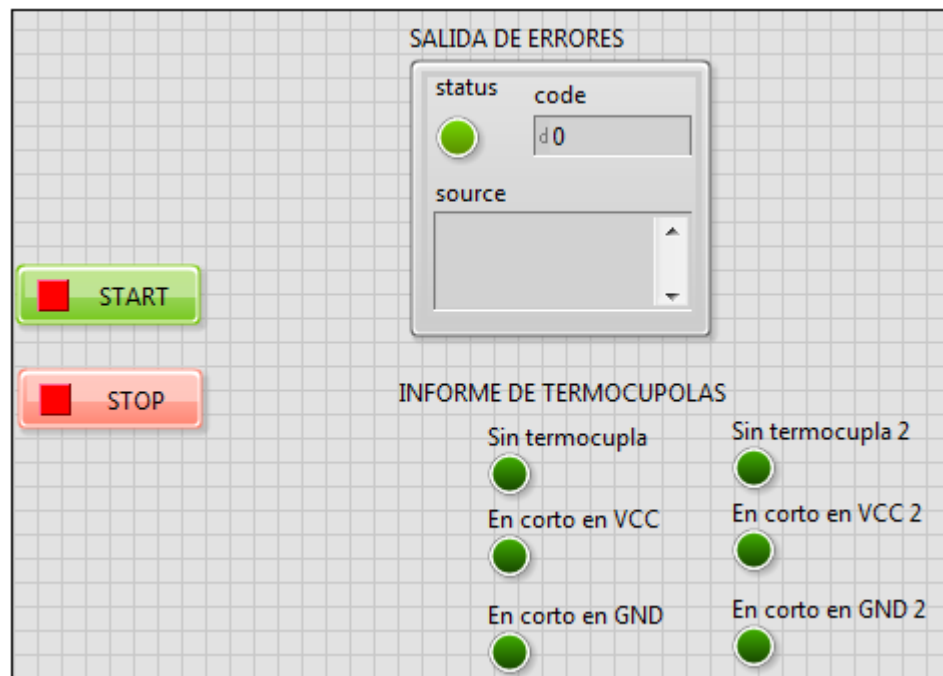


Figura 37. Botonería de start y stop, Informe de termocuplas

Como culminación de la programación se obtienen las gráficas de las temperaturas, que posteriormente servirán para analizar su respectivo comportamiento.

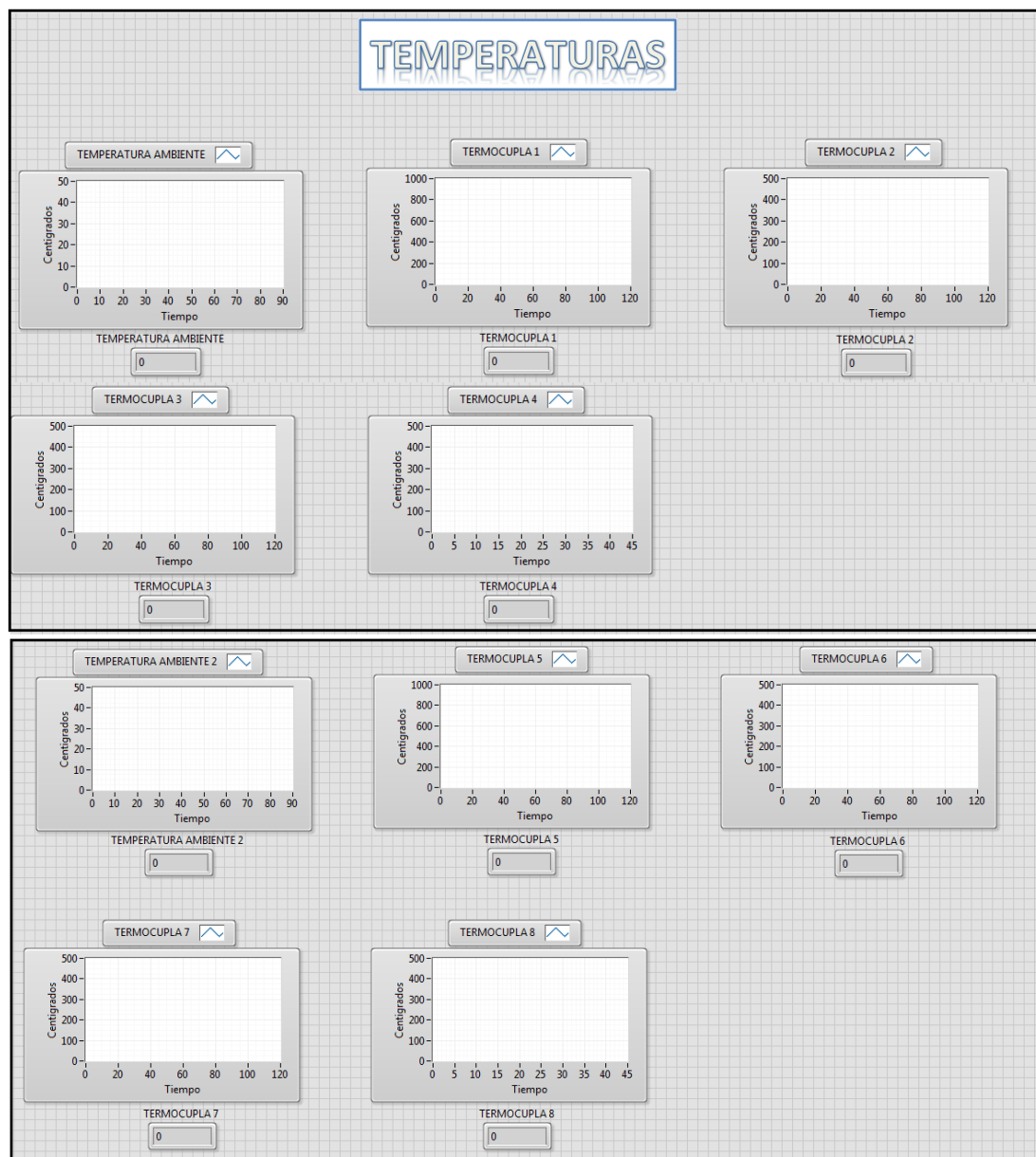


Figura 38. Pantalla de datos de Termocuplas

Para el caso del sensamiento del caudal de gas se emplea el sensor MAF que emite una señal directa, para su funcionamiento requiere una fuente de 12 V como alimentación. Se selecciona en el canal en el cual se va a trabajar para ser procesada la señal.

La conexión para el canal de la NI myRIO se la realizó con la siguiente distribución:

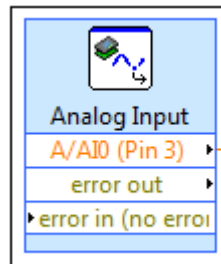


Figura 39. Canal de Entrada de la myRIO

A/AI0 esto permite seleccionar el pin que se va a utilizar, que en el caso del proyecto es el pin analógico 3.

Para calibrar las señales del caudal, se realizó mediante un anemómetro con el cual se pudo obtener la ecuación necesaria. En esta etapa se adquiere los valores del caudal en forma de tensión desde el puerto analógico.

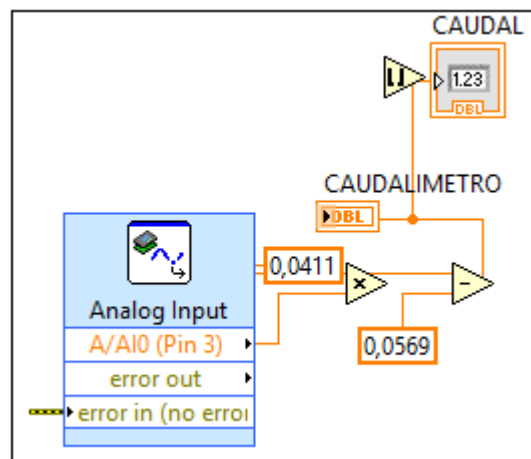


Figura 40. Calibración para la obtención del caudal

Es necesario un indicador que permite realizar un retardo para la toma de datos o repetición de un proceso.

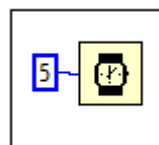
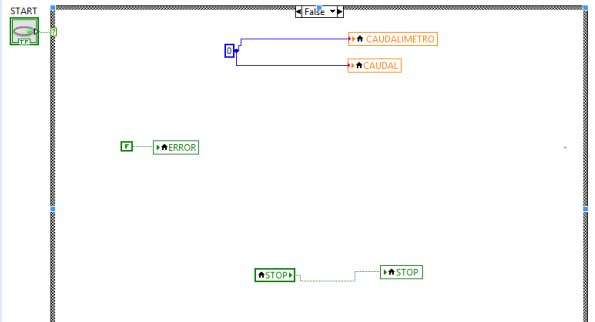
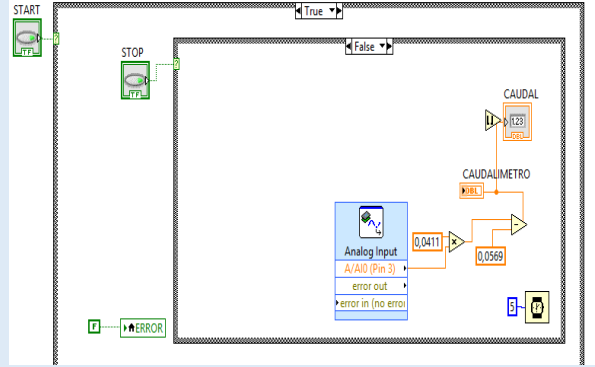
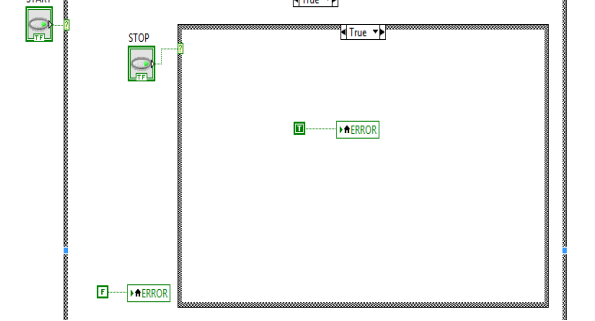
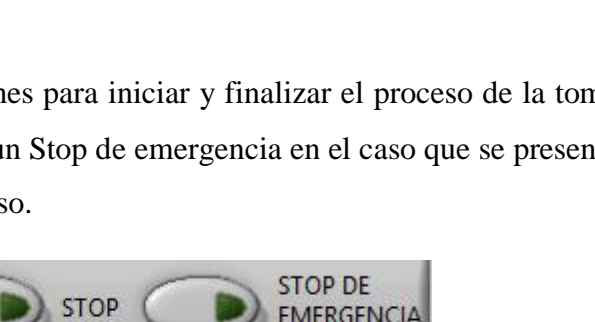


Figura 41. Indicador

Cuadro 5.

Comportamiento del TRUE y FALSE del sensor MAF

Start	Stop	Funcionamiento	Labview
0	0	El programa no está en funcionamiento	
0	1	El programa no está en funcionamiento	
1	0	Empieza la toma de datos en el puerto análogo 3 y se lo muestra en la pantalla del usuario.	
1	1	El programa sigue corriendo pero se detiene la toma de datos ya que el botón de stop está activado y se activa un indicador led.	

Se montarán interruptores o botones para iniciar y finalizar el proceso de la toma de datos, se dispuso adicionalmente un Stop de emergencia en el caso que se presente algún inconveniente durante el proceso.



Figura 42. Panel de control del sensor MAF

Como resultado de la programación se obtiene la gráfica de caudal que es un indicador del valor en la interfaz, que posteriormente servirá para analizar su respectivo comportamiento.

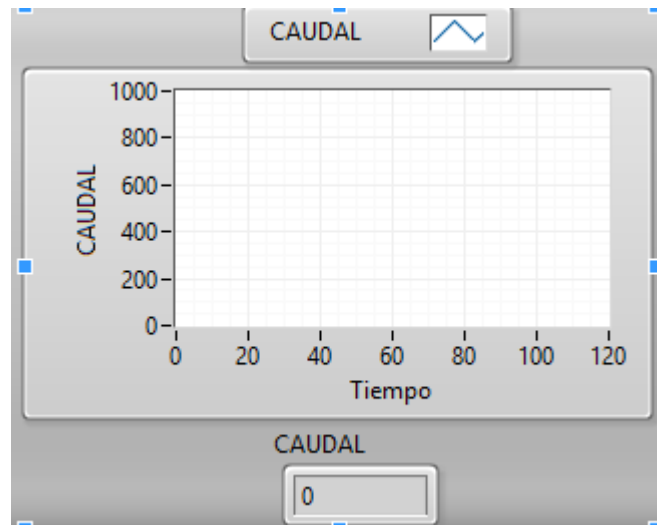


Figura 43. Indicador de caudal del sensor MAF

Con la programación ya realizada se puede poner en marcha el programa, realizando la conexión de las termocupas a los módulos MAX 31855 y éstos a los canales ya seleccionados de la tarjeta myRIO respectivamente.

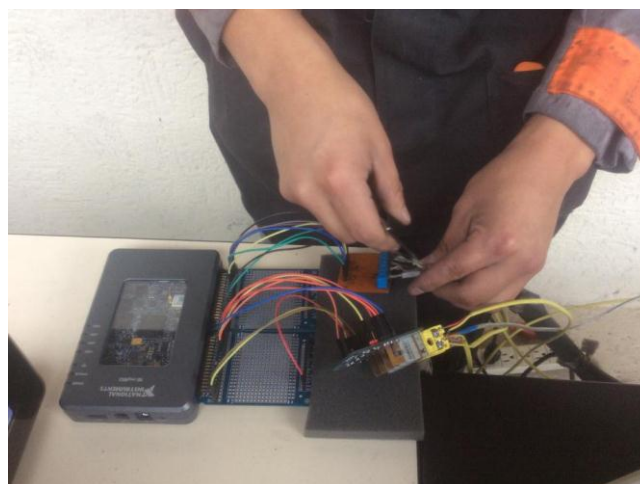


Figura 44. Conexión de Termocupas a los módulos MAX 31855

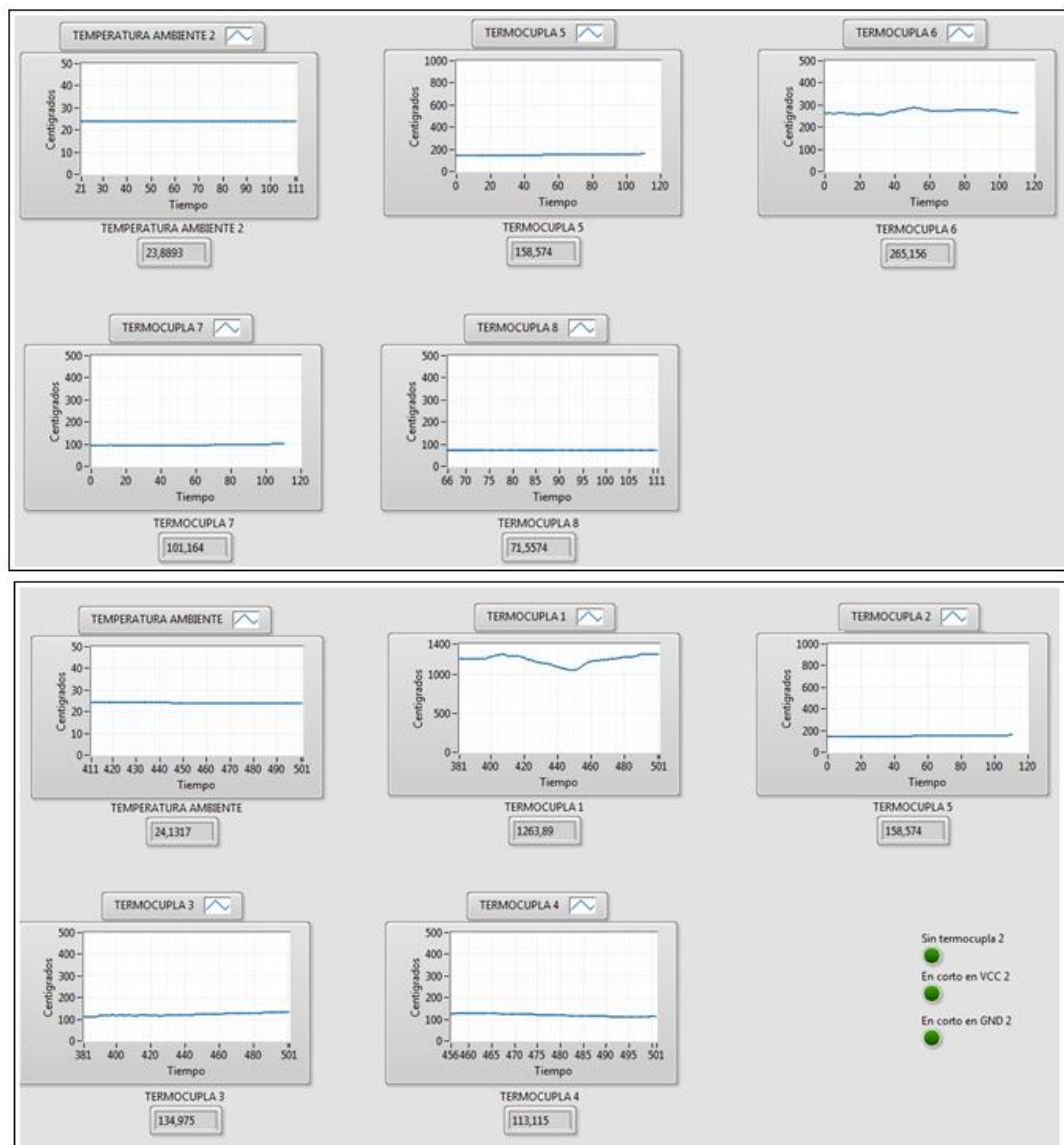


Figura 45. Adquisición de datos de Termocuplas

En el caso del sensor MAF, es una conexión directa a la tarjeta myRIO, no requiere de un módulo para su conexión, realizándose de acuerdo a las indicaciones de los puertos de salida.

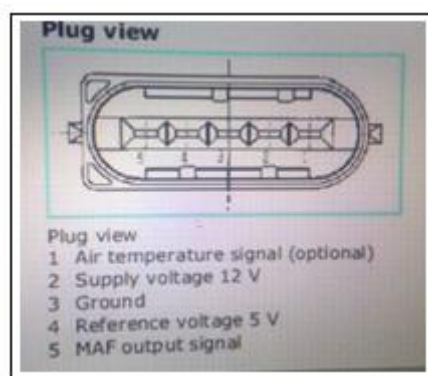


Figura 46. Configuración de conexión del sensor MAF

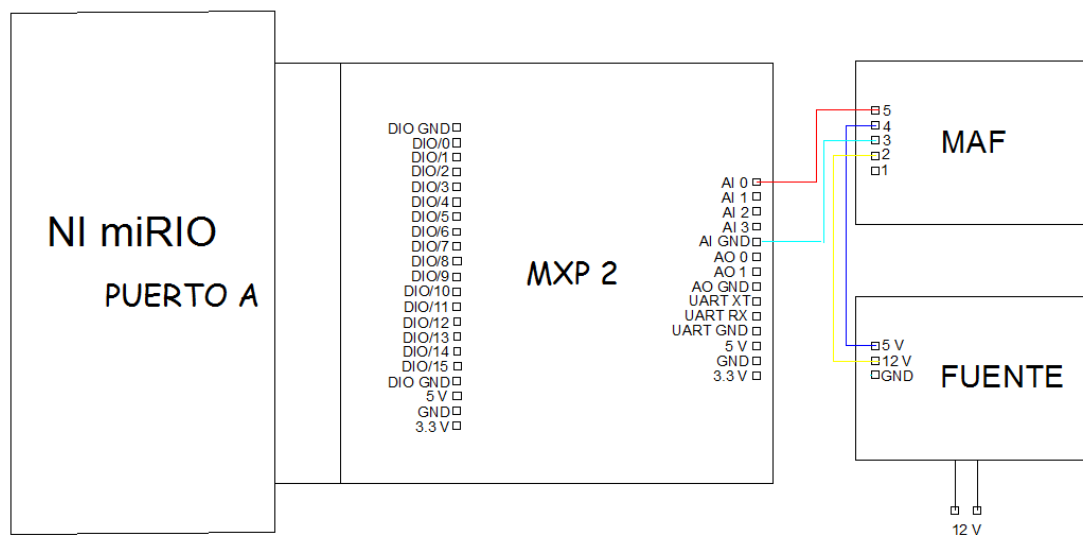


Figura 47. Conexión del sensor MAF al dispositivo NI myRIO

Con el gasificador puesto en marcha se obtuvo como resultado la producción de etano, el cual es requerido para la puesta en marcha de un Motor Generador de 900 [Watts], mediante un acople que conecte a la entrada de aire del Motor Generador.

Para determinar la potencia del generador real tanto a gasolina como a gas de síntesis, se realiza mediante la suma de cargas resistivas de una determinada potencia. Como cargas resistivas se utilizan bombillas incandescentes de 25, 50 y 100W. Se realizan mediciones de corriente y tensión por cada carga que añade, teniendo como potencia total del generador la sumatoria de cada una de las cargas.

Durante cada incremento de carga, la tensión debe mantenerse constante y la corriente incrementando. La máxima potencia del generador se establece en el punto

en el cual al aumentar carga, la corriente se mantiene constante y existe una caída de tensión.

SISTEMA ENERGÉTICO MIXTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.

Para realizar la medición de tensión se utiliza un conversor ADC del microcontrolador que cuenta con una resolución de 10 bits, y una tensión de referencia de 5V.

La tensión de carga realizada en el banco de baterías, el convertidor AC-DC mostrado en la figura 50 y el rectificador de onda contempla de 10V a 13V. La tensión de referencia se encuentra en una relación de 1 a 3 de las tensiones a ser medidos en el sistema.



Figura 48. Convertidor de corriente AC a corriente DC

Mediante la relación de 1 a 3, la tensión máxima que el conversor ADC podría leer es 15 V. La medición realiza un divisor de tensión que mantenga la relación para establecer la medición mostrada en la figura 51. Para que la medición no afecte al sistema, el consumo de corriente debe ser mínimo.

El valor elegido es 33kohms, teniendo una resistencia equivalente de 99 kohms.

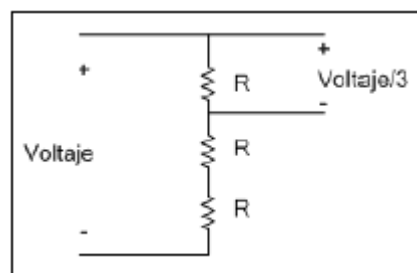


Figura 49. Esquema de medición de tensión

De acuerdo a las condiciones del sistema mixto de generación de energía se tienen los siguientes modelos de operación:

1.- El sistema fotovoltaico se encuentra en el estado de carga, por lo tanto el sistema de gasificación de biomasa asume toda la potencia que la carga consume. Es decir, la carga máxima es igual a la potencia del sistema gasificador de biomasa.

2.- El sistema fotovoltaico se encuentra en el estado de descarga, teniendo las siguientes opciones:

- El sistema fotovoltaico asume toda la potencia que la carga consume. Es decir, la carga máxima es igual a la potencia del sistema fotovoltaico.
- El sistema de gasificación de biomasa asume toda la potencia que la carga que consume. Es decir, la carga máxima es igual a la potencia del sistema gasificación de biomasa.
- Tanto el sistema de gasificación de biomasa como el sistema fotovoltaico asumen la potencia que la carga que consume. Es decir, la carga máxima es igual a la potencia del sistema de gasificación de biomasa más la potencia del sistema fotovoltaico.

3.3 PRUEBAS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

Para realizar las pruebas de operación del gasificador se utilizó como biomasa cascarilla de arroz, mediante las cuales se verifica el funcionamiento óptimo del programa ya que los datos obtenidos coincidían con el Termómetro Infrarrojo, en cuanto a temperaturas los resultados se presentan en la tabla 11 y anexo 2.

Tabla 9.

Toma de datos con cascarilla de arroz

tiempo en producir etano 10m		tiempo final 1h48m33					tiempo cada 5 minutos						
cascarilla de arroz		TERMOCUPLAS											
	peso (kg)	Humedad (%)	t1(°C)	t2(°C)	t3(°C)	t4(°C)	t5(°C)	t6(°C)	t7(°C)	t8(°C)	p1	p2	
	5	7											
t1	4,75	7	258,61	113,56	268,51	30,43	59,5	12,57	67,15	44,26	30,7	40	
t2	4,7	7	341,5	231,16	378,05	40,15	103,75	123,4	71,75	60,24	32,5	38,2	
t3	4,6	7	367,09	235,75	416,25	50,4	190,54	160,16	77,25	71,06	31,8	38,7	
t4	4,4	7	416,93	282,59	434,75	49,31	259,5	181,84	82,38	74,8	30,5	40,2	
t5	4,15	7	423,96	305,62	458,03	49,52	301,32	178,09	80,5	73,27	31,3	39,3	
t6	3,95	7	446,25	301,91	535,07	71,8	331,39	206,83	81,02	71,8	32,4	38,1	
t7	3,75	7	468,58	318,24	615,5	82,62	381,73	247,25	96,75	71,59	31,5	39	
t8	3,6	7	482,25	343,91	662,25	105,73	440,13	254,81	110,36	68,7	30,3	40	
t9	3,45	7	513,75	402,41	651	131,66	469,75	277,5	116,93	72,16	31,5	39	
t10	3,2	7	548,87	419,53	587,56	173,91	467,7	292,05	126,8	73,82	31,5	40	
t11	3,1	7	565,41	395,07	566	155,87	473,02	286,35	135,25	75	30	40,5	
t12	2,95	7	566,3	432,96	562,4	196,77	488,11	311,94	135,25	68,92	31	40	
t13	2,9	7	578,3	421,96	565,42	206,55	473,11	311,35	143	67,62	32	39	
t14	2,7	7	611,49	483,15	564,74	212,54	472,71	331,33	152,07	74,42	30,5	40	
t15	2,55	7	606,5	489,16	570,75	187,66	472,94	328,67	145,5	82,02	30	40,5	
t16	2,25	7	611,84	489,5	561,75	165,51	469,59	338,52	152,32	80,95	32	39	
t17	1,8	7	601,56	469,22	547,27	178,82	464,15	325,92	157,26	83,65	31	40	

CONTINÚA 

t18	1,6	7	592,68	455,34	525,1	204,05	459,5	316,85	152,95	76,22	29,5	40
t19	1,45	7	601,66	500,32	529,83	167,45	457,25	324,63	157,75	83,97	31	39,5
t20	1,25	7	591,59	490,25	519,5	202,86	446	323,7	156,65	78,4	31,5	39,5
t21	1,05	7	585,87	484,53	503,43	255,77	439,92	336,19	161,01	86,63	30,5	40,5
t22	0	7	559,16	457,82	501,05	269,47	427,88	301,75	152,67	68,95	31,5	39

3.4 EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO GENERACIÓN A PARTIR DEL SISTEMA DEL GASIFICADOR

Se pueden describir las especificaciones técnicas correspondientes al gasificador de biomasa:

Tabla 10.

Especificaciones técnicas del gasificador de biomasa

Capacidad Eléctrica (kW) 2-10

Flujo de gas (m²/hr)	5-27
Gas heat flow at max (BTU/hr)	168.993
Consumo de biomasa (kg/día)	160-320

Fuente: (Labs, 2012)

De los datos técnicos de cantidad de biomasa a gasificar se obtienen las siguientes relaciones:

- 1 kg de biomasa es capaz de generar aproximadamente 750 Wh. (Labs, 2012)
- 1 kg de biomasa produce aproximadamente 2m³ de gas. (Labs, 2012)

Para producir 0,75 Kw durante una hora, se requiere 1 kg de biomasa, El consumo de biomasa en relación al tiempo t (h) que un generador de potencia P (KW) esté funcionando, se puede determinar por la siguiente expresión:

$$Biomasa (kg) = 1,33 * P_{Gen}(KW) * t(h) \quad (1)$$

Para el generador que se va a utilizar, por un determinado número de horas, se conoce cuantos kilogramos de biomasa se debe disponer con las características apropiadas del estado de biomasa (% humedad menor al 30%).

RELACIÓN DE AIRE-COMBUSTIBLE

Para el funcionamiento del motor de combustión interna del generador es necesario que cierta cantidad de aire esté presente en una determinada cantidad de

combustible. Esta relación de aire-combustible es necesaria para que el generador se encuentre en su punto de operación.

Por las propiedades del combustible que no son constantes y varían dependiendo del tipo y calidad de biomasa, no se cuenta con un dato exacto de cómo llegar a obtener dicha relación para el generador. Por lo que la relación aire-combustible se obtiene de manera experimental mediante la manipulación de una válvula de paso en la entrada de aire del motor generador, mediante la regulación de la válvula se encuentra el paso necesario de aire con el cual el motor generador pueda mantenerse encendido. (ESPOL, 2008)

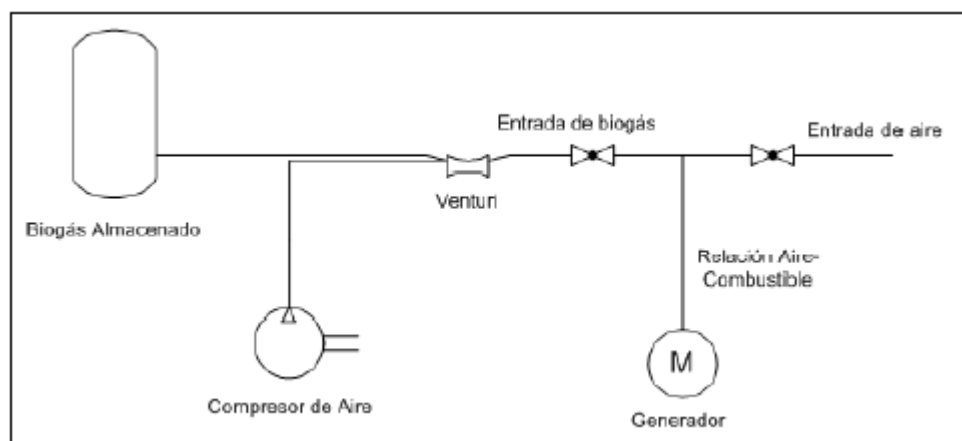


Figura 50. Esquema de relación aire-combustible

La entrada del sistema es la tensión de salida del generador, mediante un transformador se establece la relación de 120V a 12V para que el sistema de generación a partir del gas de síntesis opere junto al sistema de generación fotovoltaico.

GENERACIÓN A PARTIR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Cada panel fotovoltaico aporta con 2,87A teniendo un total de 8,6A en el sistema fotovoltaico, por lo que la corriente de entrada al convertidor:

$$I_{in} = 8,6A \quad (2)$$

La corriente de salida del convertidor, se calcula por la siguiente expresión:

$$I_{out} = \frac{1}{D} * I_{in} \quad (3)$$

$$I_{out} = \frac{1}{0,6125} * 8,61 = 14,06A$$

Para la descarga del banco de baterías se establece que trabaje durante la noche cuando los paneles fotovoltaicos lo hayan cargado durante el día, de este modo se establece un tiempo de descarga de 10 horas y un consumo promedio de corriente de 1A por batería.

Constant Current Discharge Characteristics Unit:A (25°C, 77°F)												
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	60MIN	90MIN	2HR	3HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	45.7	32.1	23.1	13.5	7.42	5.16	3.99	2.84	1.83	1.25	1.03	0.61
1.67V	44.0	31.4	22.0	12.4	7.02	4.81	3.66	2.61	1.62	1.14	1.01	0.61
1.70V	42.8	30.8	22.6	13.2	7.27	5.08	3.94	2.80	1.81	1.23	1.00	0.60
1.75V	40.3	29.4	21.3	13.0	7.14	5.00	3.88	2.76	1.80	1.22	1.00	0.60
1.80V	37.6	27.5	20.7	12.6	6.92	4.87	3.80	2.70	1.77	1.20	0.97	0.59
1.85V	33.8	24.8	19.0	11.7	6.55	4.64	3.63	2.59	1.70	1.14	0.93	0.56

Figura 51. Descarga de batería a corriente constante

Fuente: (Battery, 2005)

Por lo tanto se establece que teniendo en cuenta un tiempo de descarga de 10 horas a un consumo continuo de corriente de 1A por batería. La potencia que se genera viene dado por la siguiente expresión:

$$Potencia = Voltaje * corriente \quad (4)$$

$$Potencia = 12V * 1A = 12W$$

Por tanto el banco de baterías en total tiene un tiempo de descarga de 10 horas a un consumo continuo de 12V, la potencia total del banco de baterías viene dado por la siguiente expresión:

$$Potencia_{BancoBaterias} = Potencia_{Bateria} * Numero_{Baterias} \quad (5)$$

$$Potencia_{BancoBaterias} = 12W * 12 = 144W$$

Para la carga de banco de baterías viene dada por la corriente de salida de un convertidor DC-DC.

$$Corriente_{Carga} = \frac{Corriente_{total}}{Numero_{Baterias}} = \frac{13A}{12} = 1,1A \quad (6)$$

Cada batería recibe 1,1A para su carga por año por lo que no es necesario limitar la corriente de carga ya que es inferior a la corriente de carga máxima de cada batería que es de 3,6A.

El tiempo de carga viene dado por la siguiente expresión:

$$Tiempo_{Carga} = \frac{Capacidad}{Corriente_{Carga}} = \frac{11Ah}{1,1A} = 10horas \quad (7)$$

TEST DE NORMALIDAD DE SHAPIRO – WILL

Las pruebas tratan sobre la comparación de los resultados de la muestra con los que se espera determinar si la hipótesis nula es correcta. En el test de normalidad se diferencia la distribución de frecuencia empírica con la distribución normal. La hipótesis nula trata que se ajuste la población de origen a un prototipo de probabilidad teórico normal de manera concisa. La hipótesis alternativa es la negación de la hipótesis nula. (Victoria Alea Riera, Ernest Jiménez Garrido, Carmen Muñoz Vaquer, Elisabeth Torrelles Puig, & Núria Viladomiu Canela, 2014)

H0: La variable aleatoria no tiene una distribución normal.

H1: La variable aleatoria tiene una distribución normal.

$$Wc = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (8)$$

Fuente: (Segnini)

a_i : El valor tabulado para cada tamaño de muestra y la posición i de cada observación.

$$b = \sum_{i=1}^k a_i [X_{(n-i+1)} - X_i] \quad (9)$$

Fuente: (Segnini)

Siendo:

$X_{(n-i+1)} - X_i$: Diferencias sucesivas obtenidas restando el primer valor al último valor, el segundo al penúltimo hasta llegar a restar el último del primer valor. (Segnini)

Zona de aceptación para H0

Formada por los valores del estadístico de prueba W_c menores al valor esperado o tabulado $W(1-\alpha; n)$. (Segnini)

$$ZA = \left\{ \frac{W}{W_{calculado}} \leq W_{(1-\alpha; n)} \right\} \quad (10)$$

Fuente: (Segnini)

PRUEBA DE DUNCAN

Trata del rango de un subconjunto de medias necesitando sobrepasar un valor antes que se ubique en cualquiera de las medias que son diferentes. Dicho valor es el rango menos significativo para las medias llamado R_D . (Sabadías, 1995)

$$R_D = r_D \times \sigma_D \quad (11)$$

Fuente: (Sabadías, 1995)

Donde:

r_D : Rango estudentizado menos significativo.

σ_D : Desviación típica de la diferencia de medias.

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{MS_{dentro\ grupos}}{N_{grupo}}} \quad (12)$$

Fuente: (Sabadías, 1995)

r_D Depende del valor de α , del número de grados de libertad, del $MS_{dentro\ grupos}$ y del número de medias que se comparen. Si el valor absoluto de una de las diferencias de las medias es mayor a R_D , se toma en cuenta que dichas medias son significativamente diferentes. (Sabadías, 1995)

ANOVA

ANOVA es un análisis que trata sobre el comportamiento de una variable definido por diferentes factores, es posible dividir la variabilidad de la variable en dos secciones, la generada por el factor objeto de estudio y la variabilidad elaborada

por los factores sobrantes englobados bajo el error experimental. La variación se cuantifica por medio de los diferentes niveles del factor del objeto en estudio y la variación del error experimental, si la variación obtenida por el factor es mayor a la variación por el error experimental, se permite aceptar la hipótesis de que los distintos factores se comportan de forma diferente, existiendo la influencia del factor en el comportamiento de la variable. (Moreno-Gil, 1995)

Tabla 11.

Tabla ANOVA

	Grados	Suma de	Cuadrado medio	F
Fuente de	de	cuadrados (SS)	(MS)	
Varianza	libertad			
	(gl)			
Entre grupos	K-1	SS_{grupos}	MS_{entre grupos}	F
Dentro de los grupos	N-K	SS_{wg}	MS_{dentro grupos}	
Total	N-1	SS_{total}		

Fuente:(Jiménez, 2005)

El planteamiento de las hipótesis puede ser: nula y la alternativa representadas de la siguiente manera:

$$H_0: \mu_{grupo1} = \dots \mu_{grupon}$$

$$H_1: \mu_{grupo1} \neq \dots \mu_{grupon} \quad (13)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

Ho: no hay diferencias importantes entre los promedios en el tiempo de reacción entre los grupos.

H1: existen diferencias importantes entre los promedios en el tiempo de reacción entre los grupos.

$$\sum X_{total} = \sum X_{grupo1} + \dots + \sum X_{grupo n} \quad (14)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$\sum X^2_{total} = \sum X^2_{grupo1} + \dots + \sum X^2_{grupo n} \quad (15)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$\overline{X}_{total} = (\overline{X}_{grupo1} + \dots + \overline{X}_{grupo n}) / (n\bar{X}) \quad (16)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

Donde $n\bar{X}$ = número de grupos o k

$$SS_{total} = \sum X^2_{total} - [(\sum X_{total})^2 / N_{total}] \quad (17)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$SS_{grupos} = \sum [(\sum X_{grupo})^2 / N_{grupo}] - [(\sum X_{total})^2 / N_{total}] \quad (18)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$SS_{wg} = \sum [\sum X_{grupo}^2 - [(\sum X_{grupo})^2 - N_{grupo}]] \quad (19)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

Donde:

N_{grupo} : Cantidad de datos por grupo.

N_{total} : Cantidad de datos de todos los grupos.

Grados de libertad:

$$gl_{entre\ grupos} = K - 1 \quad (20)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$gl_{dentro\ de\ los\ grupos} = N_{total} - K \quad (21)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

Donde K: Número de grupos.

$$Gl_{total} = gl_{entre\ grupos} + gl_{dentro\ de\ los\ grupos} \quad (22)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$MS_{entre\ grupos} = SS_{entre\ grupos} / gl_{entre\ grupos} \quad (23)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$MS_{dentro\ de\ los\ grupos} = SS_{dentro\ de\ los\ grupos} / gl_{dentro\ de\ los\ grupos} \quad (24)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

$$F = MS_{entre\ grupos} / MS_{dentro\ de\ los\ grupos} \quad (25)$$

Fuente: (Jiménez, 2005)

El resultado de F se compara con el de la tabla F_{ve} de distribuciones F. Se busca F con el α requerido, ingresando con los valores de grados de libertad calculados, la regla de decisión es si $F > F_{ve}$ de la tabla, se rechaza H_0 existiendo influencia del factor y si $F < F_{ve}$ se acepta H_0 con lo cual no hay influencia del factor. Mediante ANOVA se determinan las diferencias significativas (p) entre los promedios de los tiempos de reacción de los grupos establecidos. (Jiménez, 2005)

CAPÍTULO IV

4. LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

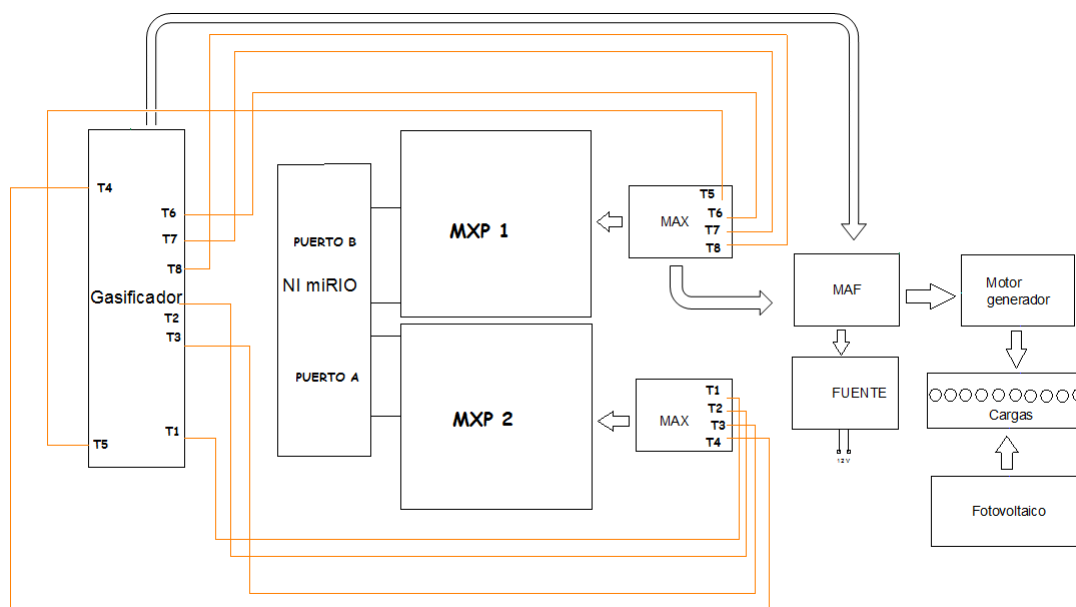


Figura 52. Sistema mixto de gasificación de biomasa y solar fotovoltaico

Se realizó el levantamiento de datos teniendo en cuenta los parámetros requeridos biomasa, presión y humedad para las respectivas combinaciones indispensables, con una repetitividad de tres en cada muestra obtenida con el fin de probar que las muestras no fueron aleatorias y comprobar la validación de los datos.

El aserrín es la biomasa utilizada por existir mayor disponibilidad de la misma, ya que se lo requería en varias cantidades por el número de pruebas efectuadas.

Las muestras de gas sintetizado se obtienen por medio de una jeringuilla mostrada en la figura 54, con un sistema de hermeticidad succionando el gas, el cual se realiza el análisis de composición y de poder calorífico en el Laboratorio de Instrumentación Química de la Universidad Politécnica Nacional.



Figura 53. Extracción del gas de síntesis

A continuación se presentan los datos obtenidos mediante el sistema automatizado que se describe en la figura 52.

Tabla 12.

Primer levantamiento de datos

														sup	med	inf		
x1= Cantidad de biomasa														kg	5	3	1	
x2= presión Entrada de aire al gasificador														% válvula	100	50	25	
x3=Humedad de la biomasa														%	20	16	10	
x1	x2	x3	T (°C)	t1(°C)	t2(°C)	t3(°C)	t4(°C)	t5(°C)	t6(°C)	t7(°C)	t8(°C)	malq (g)	mcen (kg)	Presión		y2	PC	PC
														P1	P2	mgas	kJ/kg	Btu/lb
inf	inf	inf	22,3	363,82	318,10	239,99	53,47	420,60	151,14	60,79	45,72	24	0,35	43,35	27,4	0,63	820,101	352,58
inf	med	inf	23,2	533,82	603,23	408,64	65,51	498,71	174,79	89,92	51,96	23	0,36	41,13	33,19	0,62	861,62	370,43
inf	sup	inf	20,8	534,90	546,18	475,88	62,96	431,32	281,96	128,87	60,20	23	0,35	45,4	33	0,63	908,35	390,52
med	inf	med	23,9	726,89	399,84	423,66	120,94	499,35	240,74	164,71	81,79	51	0,32	48,21	34,22	2,63	583,012	250,65
med	med	med	24,9	708,52	602,56	643,14	97,25	645,85	345,38	197,06	96,96	50	0,33	37,33	33,25	2,62	628,299	270,12
med	sup	med	23,1	645,14	589,47	502,67	98,94	578,29	235,43	182,46	82,45	54	0,3	40,31	29,43	2,65	682,053	293,23
sup	inf	sup	24,3	718,87	404,26	476,50	113,61	638,77	292,51	206,83	94,36	157	0,27	50,19	27,15	4,57	2257,94	970,74
sup	med	sup	20,7	750,08	690,70	519,39	102,31	621,52	360,72	232,27	113,59	158	0,28	51,6	30,22	4,56	2289,06	984,12
sup	sup	sup	21,2	523,75	433,69	679,96	90,34	615,41	311,37	201,96	94,63	162	0,25	42,07	28,43	4,59	2348,59	1009,71
inf	inf	med	20,8	582,26	528,23	568,34	93,10	573,84	229,76	105,58	92,84	23	0,28	37,3	28,34	0,70	711,361	305,83
inf	inf	sup	25,2	646,34	529,44	518,65	121,51	609,26	254,86	173,60	90,37	19	0,16	50,8	27,18	0,82	660,282	283,87
med	med	inf	23,6	595,19	524,76	238,81	100,49	510,88	241,42	107,64	70,43	58	0,30	39	31,39	2,64	1056,73	454,31
med	med	sup	22,2	532,68	502,41	428,59	96,20	619,46	275,86	181,39	91,18	41	0,19	49,3	23,17	2,77	880,74	378,65
sup	sup	inf	24,5	468,17	424,19	366,87	84,45	479,48	177,14	103,31	53,75	140	0,36	39,21	28,78	4,50	3071,06	1320,32

CONTINÚA 

														sup	med	inf		
x1= Cantidad de biomasa														kg	5	3	1	
x2= presión Entrada de aire al gasificador														% válvula	100	50	25	
x3=Humedad de la biomasa														%	20	16	10	
x1	x2	x3	T (°C)	t1(°C)	t2(°C)	t3(°C)	t4(°C)	t5(°C)	t6(°C)	t7(°C)	t8(°C)	malq (g)	mcen (kg)	Presión		y2	PC	PC
														P1	P2	mgas	kJ/kg	Btu/lb
sup	sup	med	24,1	620,37	591,47	430,49	91,32	529,69	281,42	148,17	78,36	134	0,3	44,15	31,34	4,57	2686,32	1154,91
med	inf	inf	20,5	522,93	478,54	407,24	57,97	550,21	175,34	83,79	59,22	70	0,31	49,9	33,13	2,62	1005,93	432,47
sup	inf	inf	22,1	661,44	564,34	323,47	58,60	465,20	197,99	89,91	77,94	132	0,34	42,23	34,31	4,53	2980,49	1281,38
inf	med	med	24,3	475,32	406,99	455,74	81,83	568,79	202,11	148,39	83,76	24	0,29	39,28	28,8	0,69	755,438	324,78
sup	med	med	23,4	645,12	421,12	483,38	105,63	481,30	261,88	124,97	85,16	141	0,3	47,28	33,17	4,56	1940,93	834,45
sup	sup	sup	24,1	582,91	494,78	499,53	123,57	625,93	327,15	201,22	90,86	20	0,16	51,1	21,8	0,82	613,25	263,65
med	sup	sup	21,3	681,06	599,98	332,73	81,95	473,68	322,42	165,18	80,39	61	0,15	51,30	19,00	2,79	2106,19	905,50
inf	med	sup	23,9	568,24	514,17	474,33	103,57	546,28	332,40	186,82	96,97	23	0,14	51,33	21,6	0,84	612,692	263,41
med	inf	sup	21,8	517,67	439,77	512,95	123,74	633,81	337,48	221,69	87,13	49	0,21	50,3	24,17	2,74	505,068	217,14
sup	med	inf	21,2	796,45	646,89	379,05	126,07	395,47	316,64	150,56	84,19	134	0,30	37,30	28,23	4,57	2135,85	918,25
inf	sup	med	23,7	665,90	592,48	584,46	128,14	558,41	268,34	124,51	95,54	23	0,28	47,23	28,1	0,70	784,304	337,19
med	sup	inf	21,9	592,46	503,86	325,22	64,74	506,24	175,19	92,40	68,53	69	0,31	38,9	26,36	2,62	894,626	384,62
sup	inf	med	24,5	575,42	521,17	423,90	122,76	493,50	222,86	176,68	86,97	133	0,3	42,11	29,25	4,57	2329,21	1001,38

Tabla 13.

Corriente y tensión de las cargas utilizando como combustible gasolina en el motor generador

Carga [W]	Corriente [A]	Tensión [V]
100	0.7	109.1
200	1.6	105.8
300	2.4	108.7
400	3.3	107.2
500	4.2	108.2
600	5.1	107.8
625	5.3	106.5

Tabla 14.

Corriente y tensión de las cargas utilizando como combustible gas de síntesis en el motor generador

Carga [W]	Corriente [A]	Tensión [V]
100	0.68	108.5
200	1.44	106.3
300	2.5	108.2
400	3.2	106.9
500	4.24	107.6

Tabla 15.

Corriente y tensión de las cargas con el rectificador

Carga [W]	Corriente Rectificador Idc[A]	Tensión [V]
35	3,11	11,74
70	6,07	11,68

CONTINÚA 

105	8,96	11,63
140	11,88	11,59
175	14,78	11,55
210	17,67	11,5
245	20,48	11,45
280	23,46	11,41
315	26,36	11,36
350	29,25	11,31
385	32,15	11,27
420	35,05	11,22
455	37,94	11,17

Tabla 16.

Corriente y tensión de las cargas del sistema fotovoltaico

Carga [W]	Corriente [A]	Tensión [V]
35	3,02	11,4
70	5,9	10,9
105	8,92	10,4
140	11,84	9,9
175	14,76	9,4

Tabla 17.

Corriente y tensión de las cargas de las baterías

Carga [W]	Corriente [A]	Tensión [V]
35	3,20	12,27
70	6,21	12,14
105	9,19	12,03
140	12,11	11,94

4.1 OBTENCIÓN DE DATOS CARACTERISTICOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

De los datos ya obtenidos en cada una de las combinaciones fue necesario separarlos en torno a las 8 termocuplas para posteriormente facilitar su análisis, ya que era necesario validar los datos obtenidos.

Tabla 18.

Denominación de subíndices

Bio inf	Biomasa Inferior	1 [Kg]
Bio med	Biomasa Media	3 [Kg]
Bio sup	Biomasa Superior	5 [Kg]
Pres inf	Presión Inferior	Apertura 25 %
Pres med	Presión Media	Apertura 50 %
Pres sup	Presión Superior	Apertura 100 %
Humed inf	Humedad Inferior	10 %
Humed med	Humedad Media	16 %
Humed sup	Humedad Superior	20 %
T Proce	Termocupla	
valor t	Valor de Temperatura	[°C]
PC	Poder Calorífico	[KJ/Kg]

Tabla 19.

Primera tabulación de datos de termocuplas y poder calorífico

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t1	363,82	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t2	318,10	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t3	239,99	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t4	53,47	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t5	420,60	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t6	151,14	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t7	60,79	352,58	820,10
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t8	45,72	352,58	820,10

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres med	Humed inf	t1	533,82	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t2	603,23	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t3	408,64	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t4	65,51	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t5	498,71	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t6	174,79	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t7	89,92	370,43	861,62
Bio inf	Pres med	Humed inf	t8	51,96	370,43	861,62
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t1	534,90	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t2	546,18	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t3	475,88	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t4	62,96	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t5	431,32	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t6	281,96	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t7	128,87	390,52	908,35
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t8	60,20	390,52	908,35
Bio med	Pres inf	Humed med	t1	726,89	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t2	399,84	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t3	423,66	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t4	120,94	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t5	499,35	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t6	240,74	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t7	164,71	250,65	583,01
Bio med	Pres inf	Humed med	t8	81,79	250,65	583,01
Bio med	Pres med	Humed med	t1	708,52	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t2	602,56	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t3	643,14	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t4	97,25	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t5	645,85	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t6	345,38	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t7	197,06	270,12	628,30
Bio med	Pres med	Humed med	t8	96,96	270,12	628,30
Bio med	Pres sup	Humed med	t1	645,14	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t2	589,47	293,23	682,05

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio med	Pres sup	Humed med	t3	502,67	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t4	98,94	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t5	578,29	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t6	235,43	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t7	182,46	293,23	682,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t8	82,45	293,23	682,05
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t1	718,87	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t2	404,26	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t3	476,50	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t4	113,61	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t5	638,77	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t6	292,51	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t7	206,83	970,74	2257,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t8	94,36	970,74	2257,94
Bio sup	Pres med	Humed sup	t1	750,08	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t2	690,70	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t3	519,39	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t4	102,31	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t5	621,52	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t6	360,72	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t7	232,27	984,12	2289,06
Bio sup	Pres med	Humed sup	t8	113,59	984,12	2289,06
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t1	523,75	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t2	433,69	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t3	679,96	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t4	90,34	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t5	615,41	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t6	311,37	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t7	201,96	1009,71	2348,59
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t8	94,63	1009,71	2348,59
Bio inf	Pres inf	Humed med	t1	582,26	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t2	528,23	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t3	568,34	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t4	93,10	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t5	573,84	305,83	711,36

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres inf	Humed med	t6	229,76	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t7	105,58	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed med	t8	92,84	305,83	711,36
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t1	646,34	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t2	529,44	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t3	518,65	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t4	121,51	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t5	609,26	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t6	254,86	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t7	173,60	283,87	660,28
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t8	90,37	283,87	660,28
Bio med	Pres med	Humed inf	t1	595,19	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t2	524,76	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t3	238,81	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t4	100,49	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t5	510,88	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t6	241,42	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t7	107,64	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed inf	t8	70,43	454,31	1056,73
Bio med	Pres med	Humed sup	t1	532,68	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t2	502,41	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t3	428,59	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t4	96,20	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t5	619,46	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t6	275,86	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t7	181,39	378,65	880,74
Bio med	Pres med	Humed sup	t8	91,18	378,65	880,74
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t1	468,17	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t2	424,19	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t3	366,87	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t4	84,45	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t5	479,48	1320,32	3071,06

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t6	177,14	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t7	103,31	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t8	53,75	1320,32	3071,06
Bio sup	Pres sup	Humed med	t1	620,37	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t2	591,47	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t3	430,49	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t4	91,32	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t5	529,69	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t6	281,42	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t7	148,17	1154,91	2686,32
Bio sup	Pres sup	Humed med	t8	78,36	1154,91	2686,32
Bio med	Pres inf	Humed inf	t1	522,93	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t2	478,54	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t3	407,24	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t4	57,97	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t5	550,21	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t6	175,34	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t7	83,79	432,47	1005,93
Bio med	Pres inf	Humed inf	t8	59,22	432,47	1005,93
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t1	661,44	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t2	564,34	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t3	323,47	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t4	58,60	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t5	465,20	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t6	197,99	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t7	89,91	1281,38	2980,49
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t8	77,94	1281,38	2980,49
Bio inf	Pres med	Humed med	t1	475,32	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t2	406,99	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t3	455,74	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t4	81,83	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t5	568,79	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t6	202,11	324,78	755,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t7	148,39	324,78	755,44

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres med	Humed med	t8	83,76	324,78	755,44
Bio sup	Pres med	Humed med	t1	645,12	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t2	421,12	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t3	483,38	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t4	105,63	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t5	481,30	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t6	261,88	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t7	124,97	834,45	1940,93
Bio sup	Pres med	Humed med	t8	85,16	834,45	1940,93
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t1	582,91	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t2	494,78	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t3	499,53	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t4	123,57	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t5	625,93	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t6	327,15	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t7	201,22	263,65	613,25
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t8	90,86	263,65	613,25
Bio med	Pres sup	Humed sup	t1	681,06	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t2	599,98	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t3	332,73	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t4	81,95	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t5	473,68	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t6	322,42	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t7	165,18	905,50	2106,19
Bio med	Pres sup	Humed sup	t8	80,39	905,50	2106,19
Bio inf	Pres med	Humed sup	t1	568,24	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t2	514,17	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t3	474,33	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t4	103,57	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t5	546,28	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t6	332,40	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t7	186,82	263,41	612,69
Bio inf	Pres med	Humed sup	t8	96,97	263,41	612,69
Bio med	Pres inf	Humed sup	t1	517,67	217,14	505,07

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio med	Pres inf	Humed sup	t2	439,77	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t3	512,95	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t4	123,74	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t5	633,81	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t6	337,48	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t7	221,69	217,14	505,07
Bio med	Pres inf	Humed sup	t8	87,13	217,14	505,07
Bio sup	Pres med	Humed inf	t1	796,45	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t2	646,89	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t3	379,05	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t4	126,07	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t5	395,47	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t6	316,64	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t7	150,56	918,25	2135,85
Bio sup	Pres med	Humed inf	t8	84,19	918,25	2135,85
Bio inf	Pres sup	Humed med	t1	665,90	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t2	592,48	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t3	584,46	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t4	128,14	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t5	558,41	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t6	268,34	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t7	124,51	337,19	784,30
Bio inf	Pres sup	Humed med	t8	95,54	337,19	784,30
Bio med	Pres sup	Humed inf	t1	592,46	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t2	503,86	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t3	325,22	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t4	64,74	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t5	506,24	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t6	175,19	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t7	92,40	384,62	894,63
Bio med	Pres sup	Humed inf	t8	68,53	384,62	894,63
Bio sup	Pres inf	Humed med	t1	575,42	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t2	521,17	1001,38	2329,21

CONTINÚA 

Biomasa	Presión	Humedad	T Proc e	valor t (°C)	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio sup	Pres inf	Humed med	t3	431,68	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t4	122,76	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t5	493,50	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t6	222,86	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t7	176,68	1001,38	2329,21
Bio sup	Pres inf	Humed med	t8	86,97	1001,38	2329,21

Tabla 20.

Sistema mixto de generación de energía baja carga

Carga [W]	Corriente Gasificador [A]	Corriente Fotovoltaico [A]	Tensión [V]
35	0	3	12.27
70	0	6	12.14
105	0	9	12.03

Tabla 21.

Sistema mixto de generación de energía a media carga

Carga [W]	Corriente Gasificador [A]	Corriente Fotovoltaico [A]	Tensión [V]
140	11,88	0	11,60
175	14,78	0	11,55
210	17,67	0	11,5
245	20,48	0	11,45
280	23,46	0	11,41
315	26,36	0	11,36
350	29,25	0	11,31

Tabla 22.

Sistema mixto de generación de energía a plena carga

Carga [W]	Corriente Gasificador [A]	Corriente Fotovoltaico [A]	Tensión [V]
385	23,83	7,57	11,24
420	26,83	7,77	11,21
455	29,83	7,42	11,17
490	31,63	8,13	11,11
525	34,93	8,08	11,08
560	37,94	8,17	11,03
595	37,94	10,91	11,24

4.2 VALIDACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

La validación de los parámetros a partir de los datos obtenidos se lleva mediante los análisis estadísticos de Shapiro – Will mostrada en el anexo 4 y Duncan con el fin de constatar que los resultados satisfacen con la teoría de las pruebas realizadas.

Tabla 23.

Valores estadísticos característicos de las temperaturas

temp. Proce	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Mediana
t1	valor t	81	603,10	91,27	8330,66	343,65	796,45	587,47
t2	valor t	81	505,29	80,25	6440,18	311,37	690,7	514,17
t3	valor t	81	445,11	98,78	9758,32	233,56	679,96	436,54
t4	valor t	81	94,55	26,52	703,29	47,95	142,37	97,25
t5	valor t	81	531,58	67,10	4502,33	395,47	659,5	531,39
t6	valor t	81	256,08	59,72	3566,99	151,14	361,5	258,82
t7	valor t	81	149,70	46,82	2191,85	60,79	232,27	152,32

temp. Proce	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Mediana
t8	valor t	81	81,23	14,35	205,97	44,26	114,83	83,65

Tabla 24.

Análisis de Duncan

Duncan

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	56741079,6	26	2182349,21	16820,8542	0
Biomasa	47294377,4	2	23647188,7	182265,016	0
Humedad	1146081,22	2	573040,611	4416,81493	0
Presión	1558130,34	2	779065,169	6004,78674	0
Biomasa*Humedad	1532449,55	4	383112,388	2952,90854	0
Biomasa*Presión	1368756,29	4	342189,071	2637,48462	0
Humedad*Presión	682859,865	4	170714,966	1315,81671	0
Biomasa*Humedad*Presión	3158424,91	8	394803,114	3043,01694	0
Error	7005,9972	54	129,740689		
Total	56748085,6	80			

Tabla 25.

Análisis de Duncan selección de grupos

Biomasa	Humedad	Presión	Medias	n	E.E.																				
Bio med	Humed sup	Pres inf	516,590	3	6,576	A																			
Bio med	Humed med	Pres inf	576,787	3	6,576		B																		
Bio inf	Humed sup	Pres med	603,737	3	6,576			C																	
Bio inf	Humed sup	Pres sup	604,637	3	6,576			C																	
Bio med	Humed med	Pres med	638,217	3	6,576				D																
Bio med	Humed med	Pres sup	671,780	3	6,576					E															
Bio inf	Humed sup	Pres inf	672,863	3	6,576					E															
Bio inf	Humed med	Pres inf	700,150	3	6,576						F														
Bio inf	Humed med	Pres med	754,903	3	6,576							G													
Bio inf	Humed med	Pres sup	793,203	3	6,576								H												
Bio inf	Humed inf	Pres inf	823,217	3	6,576									I											
Bio inf	Humed inf	Pres med	862,380	3	6,576										J										
Bio med	Humed inf	Pres sup	879,710	3	6,576										J	K									
Bio med	Humed sup	Pres med	891,663	3	6,576											K	L								
Bio inf	Humed inf	Pres sup	910,327	3	6,576												L								
Bio med	Humed inf	Pres inf	1006,827	3	6,576													M							
Bio med	Humed inf	Pres med	1048,627	3	6,576														N						
Bio sup	Humed med	Pres med	1947,917	3	6,576															O					
Bio med	Humed sup	Pres sup	2116,573	3	6,576																P				
Bio sup	Humed inf	Pres med	2126,260	3	6,576																P				

CONTINÚA 

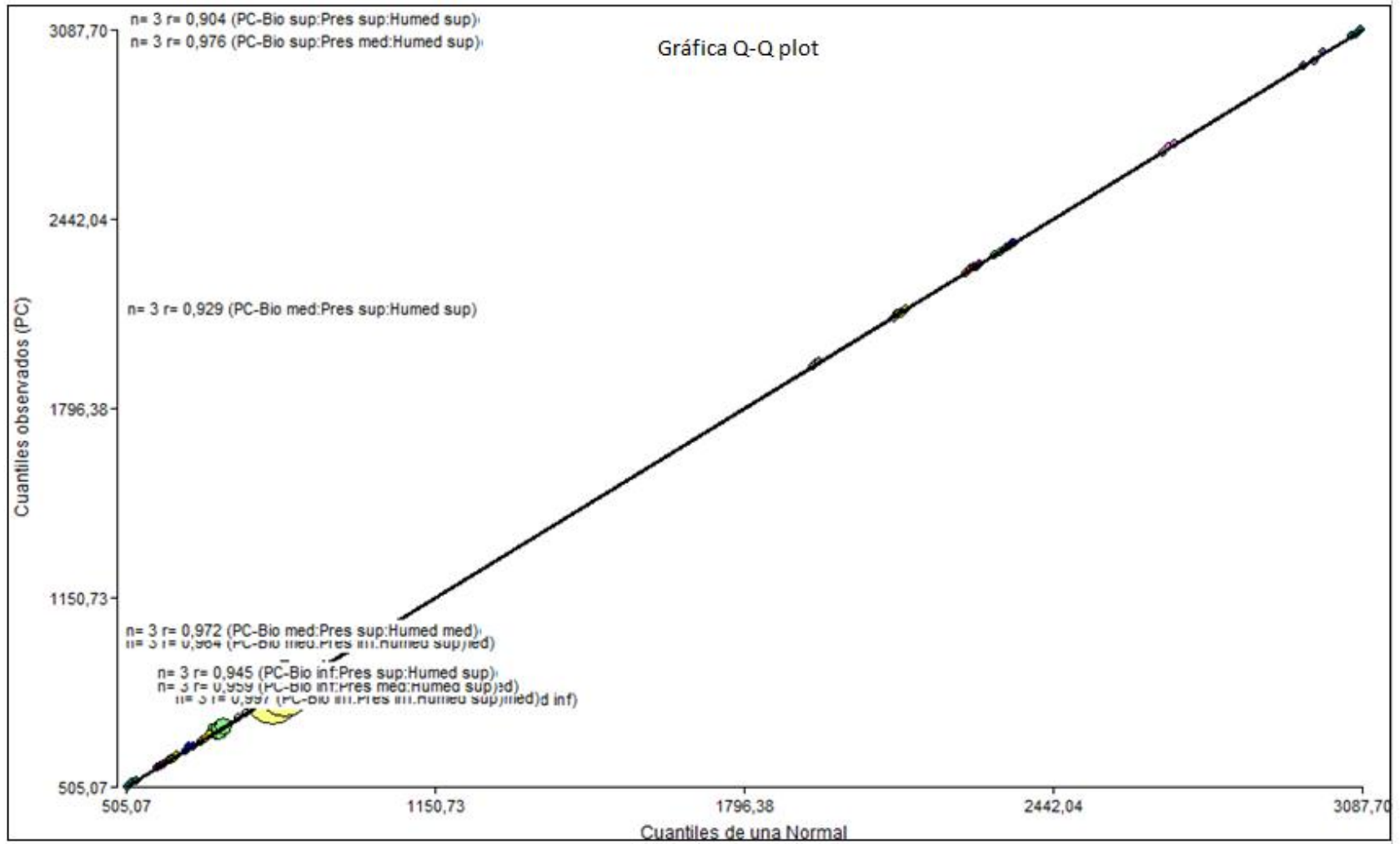


Figura 54. Gráfica Q-Q plot

En la figura 53 se observa que los puntos obtenidos se encuentran ajustados en una relación cercana a la línea recta por lo cual los resultados de los datos proceden a una distribución normal.

Tabla 26.

Potencia de entrada y de salida en las cargas

Carga [W]	Potencia Primario [W]	Potencia Rectificador [W]	fp
35	44,85	36,51	0,81
70	78,20	70,90	0,91
105	112,70	104,20	0,92
140	148,35	137,73	0,93
175	184,00	170,70	0,93
210	219,65	203,25	0,93
245	253,00	234,51	0,93
280	290,95	267,62	0,92
315	326,60	299,41	0,92
350	362,25	330,94	0,91
385	397,90	362,19	0,91
420	433,55	393,18	0,91
455	469,20	423,89	0,90

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA MIXTO DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y SOLAR FOTOVOLTAICO

Tabla 27.

Poder calórico generado por biomasa y presión

Biomasa	Presión	PC[KJ/kg]
Bio sup	Pres sup	3071,06
Bio sup	Pres inf	2980,49
Bio sup	Pres med	2135,85
Bio med	Pres med	1056,73
Bio med	Pres inf	1005,93

CONTINÚA 

Bio inf	Pres sup	908,35
Bio med	Pres sup	894,63
Bio inf	Pres med	861,62
Bio inf	Pres inf	820,10

Tabla 28.

Mapa de calor con variables biomasa y presión

		Presión		
		Inf	Med	Sup
Biomasa	Inf	908,34 [KJ/Kg]	861,62 [KJ/Kg]	908,34 [KJ/Kg]
	Med	1005,92 [KJ/Kg]	1056,72 [KJ/Kg]	894,62 [KJ/Kg]
	Sup	2980,48 [KJ/Kg]	2135,84 [KJ/Kg]	3071,06 [KJ/Kg]

Tabla 29.

Poder calórico generado por biomasa y humedad

Biomasa	Humedad	PC [kJ/Kg]
Bio sup	Humed inf	2980,49
Bio sup	Humed med	2329,21
Bio sup	Humed sup	2257,94
Bio med	Humed inf	1005,93
Bio inf	Humed inf	820,10
Bio inf	Humed med	711,36
Bio inf	Humed sup	660,28
Bio med	Humed med	583,01
Bio med	Humed sup	505,07

Tabla 30.

Mapa de calor con variables biomasa y humedad

		Humedad		
		Inf	Med	Sup
Biomasa	Inf	820,10 [KJ/Kg]	711,36 [KJ/Kg]	660,28 [KJ/Kg]
	Med	1005,92 [KJ/Kg]	583,01 [KJ/Kg]	505,06 [KJ/Kg]
	Sup	2980,48 [KJ/Kg]	2329,20 [KJ/Kg]	2257,94 [KJ/Kg]

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

COSTOS DIRECTOS

MATERIALES

Tabla 31.

Costos Directos

ORDEN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT. (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	NI myRIO	1	500	500
2	Modulo MAX 31855	1	150	150
3	Módulo termocuplas	1	150	150
4	Termocupla 1/8"dia.x12"largo x48" cable	1	63,95	63,95
5	Termocupla tipo K	1	30	30
6	Cables de conexión	1	6	6
7	Celda de carga (350 Kg)	1	250	250
8	Balanza	1	400	400
9	Indicador de Balanza	1	150	150
10	Biomasa	5	2	10
11	Sensor MAF	1	56	56

CONTINÚA 

12	Durallama	5	3	15
13	Carbón	8	3,5	28
14	Pernos de anclaje de 3/8"	4	1,21	4,84
15	Broca para pavimento	1	12	12
16	Encendedor de llama	1	15	15
17	Placa de 1800mmx2000mmx4mm	1	35	35
18	Tubo cuadrado de acero de 5mm	1	28	28
19	Sellante	2	3,5	7
20	Cable de extensión de termocupla	8	2,8	22,4
21	Tubo en U	1	15	15
22	Madera	1	5	5
23	Motor generador	1	150	150
24	Manguera de 1"	5	4,7	23,5
25	Válvula reguladora	2	7,5	15
26	Placa de 180mmx200mmx8mm	1	10	10
27	Gasolina	3	1,47	4,41
28	Acoples de manguera	2	6	12
29	Abrazaderas	4	0,6	2,4
30	Manguera de 1/2"	2	2,5	5
	TOTAL			2294,5

COSTOS INDIRECTOS

Tabla 32.

Costos Indirectos

DESCRIPCION	VALOR TOTAL (USD)
SUMINISTROS DE OFICINA	15
INTERNET	20
TRANSPORTE	200
IMPRESIONES	100
COPIAS	20
SUMINISTROS VARIOS	10
ASESORÍA PROFESIONAL	100
CROMATOGRAFÍAS	283,36
CALIBRACIÓN DE BALANZA	60
TOTAL	808,36

TOTAL COSTOS DE FABRICACIÓN

Tabla 33.

Costos de Fabricación

Costos Directos 2294,5

Costos Indirectos	808,36
Total	3102,86
Imprevistos (10%)	310,29
TOTAL PROYECTO	3413,15

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La programación en Labview realiza el diseño y la construcción del software, algoritmos, estructuras de datos, los mismos que fueron utilizados con el objeto de ser más entendible y accesible, facilitando al usuario concentrarse de mejor manera en resolver la tarea o problema, permitiendo obtener de manera gráfica los valores de las temperaturas distribuidas en el sistema y presión de salida del gas de síntesis.
- Mediante las tablas 28 y 30 el índice de calor de la combinación de los efectos de biomasa, presión y humedad para determinar el poder calorífico más óptimo indica que la mezcla favorable del estudio es con 5 kilogramos de biomasa y el 100 % de abertura del ingreso de aire al gasificador, el valor de la humedad para una mezcla óptima es de 10 %, siendo la mezcla con mayor poder calorífico biomasa superior, presión superior y humedad inferior.
- Mediante las tablas 13 y 14 determinamos que el gas de síntesis como combustible para el motor generador entrega un amperaje del 20 % menos que con la gasolina como combustible para el motor generador.
- El análisis de Shapiro Will que se llevó a cabo en la toma de datos de las ocho termocuplas, con una confiabilidad del 95 %, determinamos por medio de la figura 54 y el anexo D que los datos son normales, ya que las diferencias significativas (p) tienen valores mayores a 0.05.
- El análisis de Duncan obtiene como resultado un valor de 0 de error, lo que significa que la biomasa, la presión, la humedad y sus interacciones influyen en el valor del poder calorífico. El análisis de Duncan por grupos indica que en el caso de repetición de variables (letras), se opera con cualquiera de estas si se desea obtener el mismo poder calorífico.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para el uso del gasificador verificar inicialmente que tenga un cierre hermético a lo largo del sistema, puesto que la mínima entrada de aire afecta la producción de gas de síntesis de buena calidad.
- Para evitar problemas en el encendido del motor generador cuando se encuentre funcionando con el gas de síntesis, se realiza el cierre del paso de gasolina para no generar daños internos en el motor generador.
- El montaje de los módulos MAX 31855 se deben realizar en el momento de las pruebas, ya que el diseño de estos son de alta sensibilidad, por lo cual no se permite el ingreso de objetos extraños.
- Dar una revisión a las termocuplas cada mes para verificar su correcto funcionamiento y obtener datos reales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA1Car. (s.f.). *AA1Car Automotive Diagnostic & Repair Help* . Obtenido de http://www.aa1car.com/library/maf_sensors.htm
- Battery, C. (2005). *CSB Battery*. Obtenido de http://www.csb-battery.com/english/01_product/02_detail.php?fid=5&pid=12
- Bayer, J. F. (2009). Gasificación de Biomasa. En J. F. Bayer, *Estudios teórico-experimentales en lecho fijo equicorriente* (pág. 20). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Bayer, J. F. (Septiembre de 2009). *Gasificación de Biomasa - Estudios teórico-experimentales en lecho fijo equicorriente*. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 11 de 03 de 2015, de https://books.google.es/books?id=SNMdS-ONUbgC&printsec=frontcover&dq=biomasa&hl=es&sa=X&ei=I0D_VL6HLoOXgws204GQAg&ved=0CDUQ6AEwAg#v=onepage&q=biomasa&f=false
- Castro, M. D. (2005). *Transporte de Momentum Y Calor. Teoría Y Aplicaciones a la Ingeniería de Proceso*. Yucatán: UADY.
- CIFES. (05 de Junio de 2012). *CIFES*. Obtenido de <http://cifes.gob.cl/faq/faq-biomasa/>
- Codeso, C. p. (2015). *Paneles solares fotovoltaicos ISOFOTON*. Obtenido de <http://www.codeso.info/EqPanelIsofoton02.html>
- Concepcion, M. (2010). *Sensores Automotrices y Analisis de Ondas*. USA: Mandy Concepcion.
- Consejo Nacional de Electricidad. (Agosto de 2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Coordinacion de Energías Renovables, Direccion Nacional de Promocion, & Subsecretaria de Energia Electrica. (2008). Energías Renovables. En *Energia Biomasa* (pág. 8). Tecnología de la Información.
- Dr-Ing. Klose, W., Dr.-Ing. Rincón, S., & Dr.-Ing. Gómez, A. (2011). Gasificación de biomasa residual de procesamiento agroindustrial. En *Gasificación de carbonizados*. Bogota: Kassel.
- Elektronik, P. (2009). *PULSElectronic*. Obtenido de http://www.puls.com.tr/urun_fr.aspx?ID=316
- Elías Castells, X., & Velo García, E. (2012). *La gasificación: Tratamiento y valorización energética de residuos*. Madrid: Díaz de Santos.


- ESPOL. (2008). *Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable*. Obtenido de <http://www.cdts.espol.edu.ec/documentos/apuntes%20de%20combustion.pdf>
- FAO. (2015). *FAO-El gas de madera como combustible para motores*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/t0512s/t0512s03.htm>
- Freescale. (2012). *Digi-Key Electronics*. Obtenido de <http://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/mpx2202-series/11509>
- García Villas, M., & Arribas, L. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Madrid: IEPALA.
- Generators, L. 9. (2015). *Alibaba*. Obtenido de http://lutool.en.alibaba.com/product/618256373-214087019/900W_Gasoline_Generators.html
- Hernández, F. M. (2015). *Producción de biogás con suero de queso: Tratamiento y generación de energía renovable a partir de lactosuero*. Buenos Aires: Francisco M. Hernández.
- Hidy, G. M. (1972). *Los vientos*. Mexico D.F.: Reverte.
- INER. (s.f.). www.iner.gob.ec.
- Instruments, N. (Agosto de 2013). *National Instruments manual NI MyRio-1900*. Obtenido de <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf>
- Jiménez, J. M. (2005). *Estadística Para Ciencias Del Movimiento Human*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Labs, A. P. (16 de Septiembre de 2012). *Introducing the GEK gasifier system*. Obtenido de http://wiki.gekgasifier.com/w/file/fetch/58755403/Introducing%20the%20GEK%20Gasifier%20Systems_rev3.pdf
- Langbridge, J. A. (2015). *Arduino Sketches: Tools and Techniques for Programming Wizardry*. Indianapolis: John Wiley & Sons.
- López, M. V. (2012). *Ingeniería de la Energía Eólica*. Barcelona: Marcombo.
- Martin, T. (2005). *How To Diagnose and Repair Automotive Electrical Systems*. USA: MotorBooks International.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s.f.). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Recuperado el 10 de 03 de 2015, de <http://www.energia.gob.ec/direccion-de-biomasa-y-coogeneracion/>
- Molina Martínez, J. M., & Jiménez Buendía, M. (2010). *Programación gráfica para ingenieros*. Barcelona: Marcombo.
- Moreno-Gil, J. S. (1995). *Manual de estadística universitaria: inductiva*. Madrid: ESIC .

- Nogués, F. S. (2010). *Energía de la Biomasa (volumen I)*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Oriol Pujoldevall, Marta Romay, Jordi Giral, Àngel Lladó, Víctor Depoorter, Pol Olivella, & Antoni Sudrià. (2013). *Electrificación rural en la República del Chad por. Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 19-42.
- Orrego, J. J. (2007). *Electricidad I. Teoría básica y prácticas*. Barcelona: Marcombo.
- Products, M. I. (2012). *Adafruit*. Obtenido de <http://www.adafruit.com/datasheets/MAX31855.pdf>
- Rincón Martínez, J. M., & Silva, E. E. (2015). *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*. Bogota: Charlie's Impresores Ltda.
- Rodríguez, P. (s.f.). *Introducción a las mediciones eléctricas*. Francisco Etchelecu.
- Roldán, J. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo.
- Ruiz, J. A. (2000). SISTEMAS DE INGENIERIA. En J. A. Ruiz, *SISTEMAS DE INGENIERIA* (pág. 7). La Habana, Cuba: FELIX VARELA.
- Sabadías, A. V. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Murcia: Univ de Castilla La Mancha.
- Segnini, S. (s.f.). PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK. En S. Segnini, *Fundamentos de Bioestadística* (págs. Anexo A: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilki). Obtenido de http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/segninis/Docencia/ANEXO_A_Sahapiro-Wilks.pdf
- Sobrevila, M. A. (2008). *Sensores Eléctricos*. Buenos Aires: Alsina.
- Solé, A. C. (2012). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Marcombo.
- Tardáguila, R. D. (2008). Energías y cambio climático. En *La biomasa como recurso energético*. Salamanca: Caja Duero.
- Unideco. (s.f.). *Unideco*. Obtenido de <http://www.unideco.com/AMBIENTAL/Residuos%20solidos%20urbanos%20ORSU/Gasificacion/GasificacionBinder1.pdf>
- Valderrama, J. (2003). Información Tecnológica. *Centro de Información Tecnológica*, 68.
- Victoria Alea Riera, Ernest Jiménez Garrido, Carmen Muñoz Vaquer, Elisabeth Torrelles Puig, & Núria Viladomiu Canela. (2014). *Guía para el análisis estadístico con R Commander*. Barcelona: Universitat Barcelona.
- WEISZ. (2015). *WEISZ Instrumentos/ Ingeniería/ Control*. Obtenido de http://www.weisz.com/informacion/tablas%20tecnicas_pdf/Caracteristicas%20tecnicas%20de%20termocuplas.pdf

ANEXOS

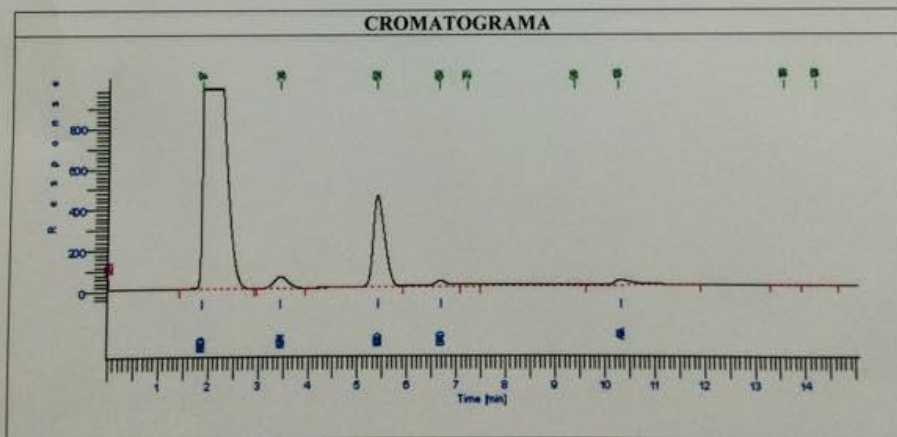
ANEXO A

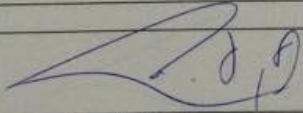
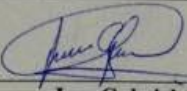
x1= Cantidad de biomasa												kg	5	3	1						
x2= presión Entrada de aire al gasificador												% válvula	100	50	25						
x3=Humedad de la biomasa												%	20	16	10						
X1 (kg)	x2 (km/h)	x3 %	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)	M alq	M cen	Presión		y2	PC	Ambienta l		Bulbos		Con s de mas a
													P1	P2	mga s	kJ/kg	T (°C)	% H U M	Se co	Hu m	
sup	sup	su p									(g)	(kg)									
5	91,1	20	548,5	499,1	272,2	33,7	190,8	206,9	70,5	49,4	162	0,3	25,5	44,5	4,6	2348,6	18,9	54			4,8
5	91,1	20	591,5	531,6	426,5	40,0	283,0	237,5	84,5	59,9	162	0,3	25,5	45,0	4,6	2348,6	19,3	53	17	18	4,6
5	91,1	20	598,6	537,4	479,8	42,5	287,6	227,7	82,4	61,3	162	0,3	26,0	44,5	4,6	2348,6	19,5	53			4,3
5	91,1	20	561,5	499,2	436,5	42,3	290,3	196,9	81,5	62,3	162	0,3	26,0	44,5	4,6	2348,6	19,9	52	19	15	4,1
5	91,1	20	599,5	519,4	903,1	53,4	939,9	336,8	146,4	80,1	162	0,3	29,0	41,5	4,6	2348,6	20,2	50			3,8
5	91,1	20	512,4	406,0	865,1	54,3	844,0	386,6	294,5	106,5	162	0,3	30,5	40,0	4,6	2348,6	20,7	50	28	31	2,8
5	91,1	20	524,5	408,3	896,5	133,6	793,0	362,9	310,3	116,2	162	0,3	34,5	36,5	4,6	2348,6	21,0	49			2,6
5	91,1	20	514,0	416,0	928,6	146,4	961,0	423,8	328,3	132,3	162	0,3	43,5	27,0	4,6	2348,6	21,6	46	40	35	2,0
5	91,1	20	504,2	406,7	749,5	120,5	757,8	355,2	298,7	127,2	162	0,3	44,5	26,0	4,6	2348,6	21,8	46			1,5
5	91,1	20	495,3	376,8	716,7	109,2	705,2	332,9	263,8	118,5	162	0,3	49,0	22,0	4,6	2348,6	22,1	44	38	30	1,3
5	91,1	20	477,0	366,3	738,0	80,5	664,8	329,7	245,6	110,7	162	0,3	53,0	17,0	4,6	2348,6	22,5	43			1,0
5	91,1	20	458,8	356,9	753,9	84,7	634,3	295,2	221,9	101,8	162	0,3	53,0	17,0	4,6	2348,6	23,1	43	34	25	0,8
5	91,1	20	464,8	361,1	692,5	108,9	605,8	344,2	213,3	103,6	162	0,3	50,0	20,0	4,6	2348,6	23,4	42			0,6
5	91,1	20	482,0	386,9	660,5	214,7	658,5	323,0	186,0	95,1	162	0,3	56,0	14,0	4,6	2348,6	22,7	41	30	25	0,5


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-15-36
OT. 4026

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA				
CLIENTE	Luis Mayorga			
MUESTRA	BIOGAS			
IDENTIFICACIÓN	Muestra a temperatura ambiente			
FECHA RECEPCIÓN	30-06-2015	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	08-07-2015	
OBSERVACIONES	El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución			
Norma de referencia empleada				
ASTM D 1945-03 (2010)				
RESULTADOS OBTENIDOS				
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura (°C)			
	25			
RESULTADOS (Composición)	COMPONENTE		% PESO	% MOLES
	Nitrógeno		73.52	78.22
	Metano		1.69	3.14
	Dióxido de carbono		22.09	14.96
	Etano		1.18	1.17
Agua		1.52	2.52	
RESULTADOS (Propiedades)	Densidad relativa (25°C; 0.72 atm)		1.03	
	Peso molecular promedio [g/mol]		29.80	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]		1009.71	
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/lb]		913.60	



	
Ing. Lucía Montenegro	Ing. Gabriela Pérez
Jefe de Laboratorio de Análisis Instrumental	Especialista en Técnicas de Análisis Químico

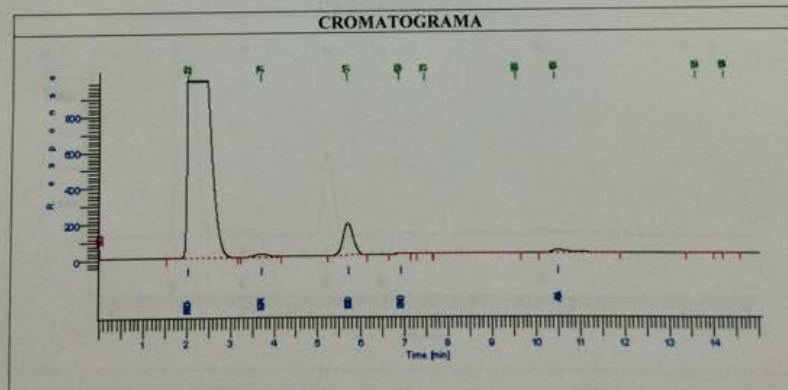
x1= Cantidad de biomasa												kg	5	3	1							
x2= presión Entrada de aire al gasificador												% válv ula	100	50	25							
x3=Humedad de la biomasa												%	20	16	10							
X1 (kg)	x2 (km/h)	x3 %	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8(°C)	M alq	M cen	Presión		y2	PC	Ambiental		Bulbos		Con s de mas a	
											(g)	(kg)	P1	P2	mg as	kJ/kg	T (°C)	% HU M	Sec o	Hu m		
3	28,6	16	723,5	647,6	838,8	72,8	533,8	318,4	149,5	76,0	50	0,4	35,5	35	2,6	628,3	24,4	40			2,7	
3	28,6	16	705,0	615,9	720,3	73,8	622,8	336,2	185,8	89,2	50	0,4	37,0	34	2,6	628,3	24,5	39	48	30	2,3	
3	28,6	16	668,3	570,9	687,1	83,6	692,3	362,0	207,1	97,4	50	0,4	37,5	33	2,6	628,3	24,7	40			1,9	
3	28,6	16	661,3	555,2	768,9	114,1	725,3	348,1	214,3	106,1	50	0,4	38,0	32	2,6	628,3	24,9	39	50	33	1,5	
3	28,6	16	818,0	660,2	752,3	95,2	672,8	345,5	206,8	103,8	50	0,4	38,0	32,5	2,6	628,3	25,3	38			1,0	
3	28,6	16	675,1	565,7	691,5	144,1	628,3	362,1	219,0	109,4	50	0,4	38,0	33	2,6	628,3	25,4	38	50	35	0,4	

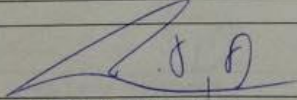
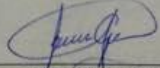


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-15-32
OT. 4012

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
CLIENTE	Luis Mayorga		
MUESTRA	BIOGÁS		
IDENTIFICACIÓN	Muestra a temperatura ambiente		
FECHA RECEPCIÓN	23-06-2015	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	24-06-2015
OBSERVACIONES	El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución		
Norma de referencia empleada			
ASTM D 1945-03 (2010)			
RESULTADOS OBTENIDOS			
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura (°C)		
	25		
RESULTADOS (Composición)	COMPONENTE	% PESO	% MOLES
	Nitrógeno	88.96	91.28
	Metano	0.57	1.02
	Dióxido de carbono	9.46	6.18
	Etano	0.13	0.13
	Agua	0.88	1.40
RESULTADOS (Propiedades)	Densidad relativa (25°C; 0.72 atm)	0.997	
	Peso molecular promedio [g/mol]	28.74	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	270.12	
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/lb]	243.81	



 Ing. Lucía Montenegro Jefe de Laboratorio de Análisis Instrumental	 Ing. Gabriela Pérez Especialista en Técnicas de Análisis Químico
---	--

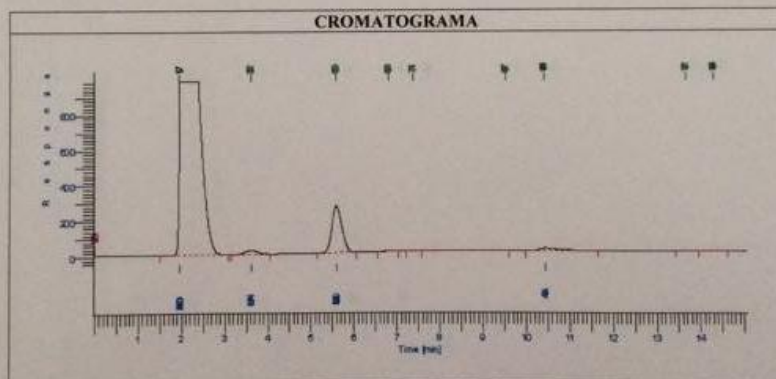
x1= Cantidad de biomasa												kg	5	3	1						
x2= presión Entrada de aire al gasificador												% válvula	100	50	25						
x3=Humedad de la biomasa												%	20	16	10						
X1 (kg)	x2 (km/h)	x3 %	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)	M alq (g)	M cen (kg)	Presión		y2	PC	Ambiental		Bulbos		Con s de mas a
													P1	P2	M gas	kJ/kg	T (°C)	% HU M	Se co	Hu m	
1	14,7	10	182,3	151,0	101,0	41,6	182,8	92,8	44,5	31,3	30	0,35	41,0	30,0	0,6	820,1	22,6	40			0,9
1	14,7	10	307,6	267,3	132,0	39,6	264,8	115,1	53,2	40,3	30	0,35	42,5	28,5	0,6	820,1	22,6	40	20	24	0,8
1	14,7	10	358,5	317,2	163,0	41,1	301,8	134,8	54,4	41,3	30	0,35	42,0	29,0	0,6	820,1	22,6	40			0,7
1	14,7	10	323,2	278,6	202,5	83,2	399,5	149,5	58,5	44,5	30	0,35	43,5	27,0	0,6	820,1	22,5	38	20	18	0,7
1	14,7	10	336,8	292,3	250,3	53,3	539,4	134,4	61,0	44,5	30	0,35	43,0	28,0	0,6	820,1	22,5	38			0,6
1	14,7	10	334,7	284,8	297,9	46,2	607,8	171,4	66,0	49,9	30	0,35	44,0	26,5	0,6	820,1	22,6	37	22	19	0,6
1	14,7	10	365,4	316,8	296,0	45,7	532,8	156,1	66,0	48,6	30	0,35	44,0	27,0	0,6	820,1	22,6	36			0,5
1	14,7	10	475,5	423,9	309,3	52,9	492,5	182,0	71,7	51,6	30	0,35	44,5	26,0	0,6	820,1	22,8	36	34	29	0,4
1	14,7	10	467,7	414,7	318,7	59,1	450,0	182,1	67,3	53,0	30	0,35	44,0	26,5	0,6	820,1	22,7	35			0,2
1	14,7	10	486,5	434,5	329,3	72,1	434,8	193,3	65,5	52,0	30	0,35	45,0	25,5	0,6	820,1	22,8	35	21	16	0,1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-15-33
OT. 4017

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
CLIENTE	Luis Mayorga		
MUESTRA	BIOGAS		
IDENTIFICACIÓN	Muestra a temperatura ambiente		
FECHA RECEPCIÓN	24-06-2015	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	24-06-2015
OBSERVACIONES	El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución		
Norma de referencia empleada			
ASTM D 1945-03 (2010)			
RESULTADOS OBTENIDOS			
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura (°C)		
	25		
RESULTADOS (Composición)	COMPONENTE	% PESO	% MOLES
	Nitrógeno	84.22	87.86
	Metano	0.74	1.34
	Dióxido de carbono	14.10	9.36
	Etano	0.15	0.14
	Agua	0.79	1.29
RESULTADOS (Propiedades)	Densidad relativa (25°C; 0.72 atm)	1.01	
	Peso molecular promedio [g/mol]	29.22	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	352.58	
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/lb]	318.18	



 Ing. Lucía Montenegro Jefe de Laboratorio de Análisis Instrumental	 Ing. Gabriela Pérez Especialista en Técnicas de Análisis Químico
--	--

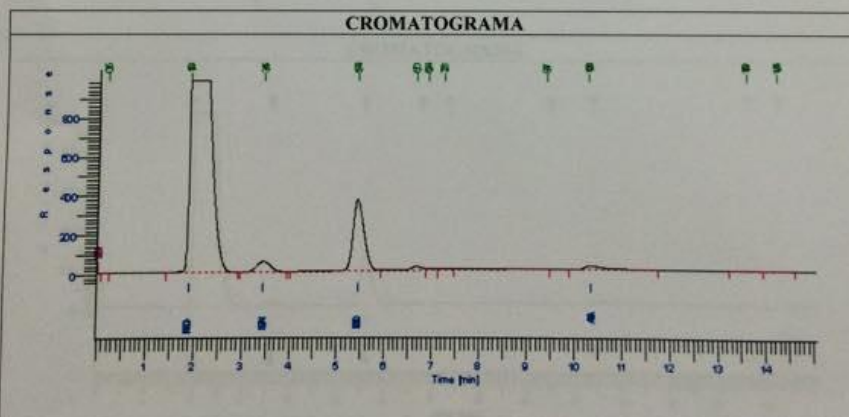
x1= Cantidad de biomasa												kg	5	3	1							
x2= presión Entrada de aire al gasificador												% válv ula	100	50	25							
x3=Humedad de la biomasa												%	20	16	10							
X1 (kg)	x2 (km/h)	x3 %	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	T8 (°C)	M alq (g)	M cen (kg)	Presión		y2	PC	Ambiental		Bulbos		Con s de mas a	
													P1	P2	mga s	kJ/kg	T (°C)	% H U M	Se co	Hu m		
3	57,8	20	307,3	274,6	151,5	80,8	141,0	97,9	54,8	32,7	100,0	0,35	60,0	10,0	2,6	2106,2	20,5	45			2,9	
3	57,8	20	388,0	323,1	355,3	84,9	332,5	244,0	93,3	64,9	100,0	0,35	48,0	22,5	2,6	2106,2	20,8	45	22	21	2,4	
3	57,8	20	963,7	877,6	440,7	86,1	557,3	386,9	158,8	82,6	100,0	0,35	49,0	21,0	2,6	2106,2	21,2	40			1,9	
3	57,8	20	870,4	769,3	348,3	72,4	673,0	436,3	235,3	101,0	100,0	0,35	49,5	21,0	2,6	2106,2	21,7	42	40	32	1,1	
3	57,8	20	876,0	755,3	367,9	85,6	664,6	447,0	283,9	120,7	100,0	0,35	50,0	20,5	2,7	2106,2	22,3	41			0,0	

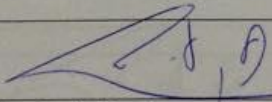
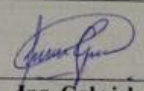


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-15-35
OT. 4023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
CLIENTE	Luis Mayorga		
MUESTRA	BIOGAS		
IDENTIFICACIÓN	Muestra a temperatura ambiente		
FECHA RECEPCIÓN	29-06-2015	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	08-07-2015
OBSERVACIONES	El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución		
Norma de referencia empleada			
ASTM D 1945-03 (2010)			
RESULTADOS OBTENIDOS			
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura (°C)		
	25		
RESULTADOS (Composición)	COMPONENTE	% PESO	% MOLES
	Nitrógeno	77.35	81.59
	Metano	1.68	3.09
	Dióxido de carbono	19.18	12.87
	Etano	0.76	0.75
	Agua	1.03	1.69
RESULTADOS (Propiedades)	Densidad relativa (25°C; 0.72 atm)	1.03	
	Peso molecular promedio [g/mol]	29.55	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	905.50	
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/lb]	818.35	



 Ing. Lucía Montenegro Jefe de Laboratorio de Análisis Instrumental	 Ing. Gabriela Pérez Especialista en Técnicas de Análisis Químico
---	--

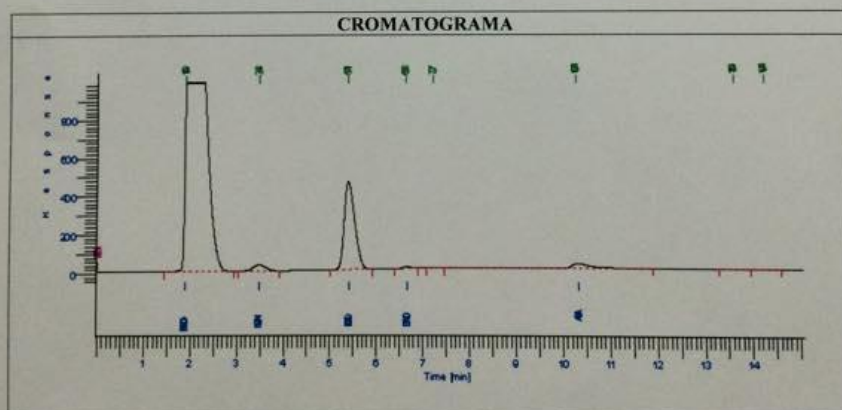
x1= Cantidad de biomasa													kg	5	3	1							
x2= presión Entrada de aire al gasificador													% válvula	100	50	25							
x3=Humedad de la biomasa													%	20	16	10							
X1 (kg)	x2 (km/h)	x3 (%)	t1 (°C)	t2 (°C)	t3 (°C)	t4 (°C)	t5 (°C)	t6 (°C)	t7 (°C)	t8 (°C)	mal q	mc en	Presión		y2	PC	Ambiental		Bulbos				
med	med	inf									(g)	(kg)	P1	P2	mg as	kJ/kg	T(° C)	% HUM	Sec o	Hu m	Cons de masa		
3	32.7	10	514,1	461,4	179,5	32,2	445,0	206,5	65,3	52,7	110	0,4	41,0	29,5	2,5	1056,7	21,9	36,0			2,7		
3	32.8	10	545,8	486,3	252,1	40,4	510,3	204,0	88,9	59,5	110	0,4	41,0	30,0	2,5	1056,7	22,1	35,0	22	19,0	2,3		
3	32.9	10	611,2	542,4	211,6	38,3	522,3	259,5	115,8	68,9	110	0,4	43,0	27,5	2,5	1056,7	22,4	34,0			2,0		
3	32.10	10	580,3	518,0	232,0	70,2	524,8	233,7	123,5	62,3	110	0,4	42,5	28,0	2,5	1056,7	24,6	32,0	34	29,0	1,4		
3	32.11	10	589,2	516,5	249,3	122,5	506,5	243,5	114,4	72,8	110	0,4	42,0	28,0	2,5	1056,7	24,7	29,0			1,0		
3	32.12	10	611,3	526,7	264,7	191,4	530,9	268,2	117,5	84,6	110	0,4	42,5	28,0	2,5	1056,7	24,6	29,0	40	30,0	0,5		
3	32.13	10	714,6	622,2	282,5	208,5	536,3	274,6	128,1	92,3	110	0,4	42,5	28,0	2,5	1056,7	24,7	29,0			0,0		

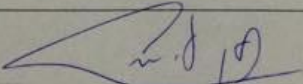
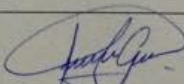


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-15-37
OT. 4027

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
CLIENTE	Luis Mayorga		
MUESTRA	BIOGAS		
IDENTIFICACIÓN	Muestra a temperatura ambiente		
FECHA RECEPCIÓN	01-07-2015	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	08-07-2015
OBSERVACIONES	El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución		
Norma de referencia empleada			
ASTM D 1945-03 (2010)			
RESULTADOS OBTENIDOS			
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura (°C)		
	25		
RESULTADOS (Composición)	COMPONENTE	% PESO	% MOLES
	Nitrógeno	75.41	80.78
	Metano	0.90	1.69
	Dióxido de carbono	22.13	15.09
	Etano	0.23	0.23
RESULTADOS (Propiedades)	Agua	1.33	2.21
	Densidad relativa (25°C; 0.72 atm)		1.04
	Peso molecular promedio [g/mol]		30.01
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]		454.31
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/lb]		410.11



 Ing. Lucía Montenegro Jefe de Laboratorio de Análisis Instrumental	 Ing. Gabriela Pérez Especialista en Técnicas de Análisis Químico
--	---

ANEXO B

Tabla 34.

Segundo levantamiento de datos

			x1= Cantidad de biomasa										kg	5	3	1			
			x2= presión Entrada de aire al gasificador										% válvula	100	50	25			
			x3=Humedad de la biomasa										%	10	16	20			
x1	x2	x3	T(°C)	t1(°C)	t2(°C)	t3(°C)	t4(°C)	t5(°C)	t6(°C)	t7(°C)	t8(°C)	malq (g)	mcen (kg)	Presión		y2 mgas	PC kJ/kg	PC Btu/lb	
														P1	P2				
inf	inf	inf	22,3	343,65	311,37	233,56	54,37	426,1	152,07	71,75	44,26	23	0,33	42,5	25,6	0,65	810,704	348,54	
inf	med	inf	21,1	529,69	599,98	402,42	59,52	488,1	178,09	96,75	60,24	22	0,35	43,1	30,3	0,63	876,855	376,98	
inf	sup	inf	24,3	558,41	550,21	468,58	50,4	440,1	277,5	123,4	67,15	23	0,35	42,7	32,7	0,63	900,581	387,18	
med	inf	med	23,2	715,87	416,9	419,53	131,66	469,6	247,25	157,26	83,65	49	0,3	46,3	33,5	2,65	576,685	247,93	
med	med	med	24,9	680,43	610,18	649,5	95,65	659,50	338,24	164,79	86,63	51	0,31	35,6	32,8	2,64	643,046	276,46	
med	sup	med	24,8	641,00	579,71	480,71	96,61	551,13	259,5	161,01	84,7	53	0,33	41,2	28,4	2,62	664,026	285,48	
sup	inf	sup	24,2	705,88	405,40	465,75	111,28	588,11	287,31	212,82	92,7	152	0,24	49,5	26,7	4,61	2272,94	977,19	
sup	med	sup	22,6	750,08	667,92	513,98	105,73	515,04	361,5	222,27	114,8	156	0,26	50,3	32,5	4,58	2276,29	978,63	
sup	sup	sup	21,2	541,50	419,29	660,42	82,62	601,32	321,84	195,26	92,7	158	0,26	40,8	27,3	4,58	2359,45	1014,38	
inf	inf	med	24,4	585,87	520,00	559,5	88,41	567,70	233,5	103,39	95,15	22	0,25	36,4	29,1	0,73	694,73	298,68	
inf	inf	sup	20,8	657,75	522,96	507,14	120,43	603,75	252,37	167,13	88,13	20	0,4	50,1	27,4	0,58	686,705	295,23	
med	med	inf	23,6	548,87	521,18	237,11	102,39	527,00	245,75	110,36	67,15	57	0,32	39,0	30,2	2,62	1045,1	449,31	
med	med	sup	20,1	578,30	494,76	423,94	98,54	629,33	287,31	190,75	83,97	40	0,18	48,3	22,9	2,78	899,325	386,64	

CONTINÚA 

sup	sup	inf	20,7	513,75	462,78	350,26	85,68	472,9	160,16	101,16	60,24	146	0,34	38,6	26,4	4,51	3087,7	1327,47
sup	sup	med	22,7	611,49	565,78	420,63	91,32	531,39	277,5	152,32	77,25	137	0,32	42,3	32,4	4,54	2668,81	1147,38
med	inf	inf	23,6	559,16	475,22	405	49,52	540,13	181,84	86,50	67,62	66	0,3	50,0	33,0	2,63	1020	438,52
sup	inf	inf	22,4	679,25	543,00	362,61	50,4	472,7	178,09	82,38	74,42	131	0,31	41,7	34,2	4,56	2966,7	1275,45
inf	med	med	24,3	506,50	405,88	449,5	71,97	557,25	206,83	143	71,75	25	0,27	39,4	29,1	0,71	770,441	331,23
sup	med	med	22,5	657,89	412,11	436,54	113,11	469,6	254,81	123,4	83,65	140	0,31	45,8	32,8	4,55	1954,75	840,39
inf	sup	sup	20,2	591,59	477,49	485,69	133,61	613,50	311,35	204,19	88,42	21	0,17	50,1	22,3	0,81	601,759	258,71
med	sup	sup	21,3	669,01	566,23	324,25	80,48	464,2	320,13	157,75	75,93	60	0,14	50,6	19,2	2,80	2120,45	911,63
inf	med	sup	20,3	567,09	506,56	430,11	106,73	539,92	311,94	200,81	100,8	24	0,15	50,4	21,2	0,83	597,387	256,83
med	inf	sup	21,1	516,93	423,83	497,25	125,38	627,88	328,67	225	82,37	51	0,2	49,8	23,4	2,75	519,768	223,46
sup	med	inf	22,9	785,87	621,66	358	131,66	381,7	301,75	157,26	80,5	136	0,28	38,0	28,6	4,58	2121,73	912,18
inf	sup	med	20,7	682,25	553,12	522,91	131,60	555,25	247,25	126,8	92,13	22	0,3	46,5	27,6	0,68	799,144	343,57
med	sup	inf	22,1	587,47	493,70	347,53	50,98	488,04	163,26	96,75	71,06	71	0,32	39,4	27,0	2,61	880,228	378,43
sup	inf	med	20,6	580,54	517,07	424,25	118,51	490,54	216,09	183	81,02	135	0,29	41,4	30,0	4,58	2346,59	1008,85

Tabla 35.

Tercer levantamiento de datos

			x1= Cantidad de biomasa										kg	5	3	1		
			x2= presión Entrada de aire al gasificador										%	100	50	25		
			x3=Humedad de la biomasa										%	10	16	20		
x1	x2	x3	T(°C)	t1(°C)	t2(°C)	t3(°C)	t4(°C)	t5(°C)	t6(°C)	t7(°C)	t8(°C)	malq	mcen	Presión		y2	PC	PC
												(g)	(kg)	P1	P2	mgas	kJ/kg	Btu/lb
inf	inf	inf	22,3	377,49	323,83	237,11	56,97	421,63	173,5	84,24	50,84	22	0,34	41,9	25,4	0,64	838,849	360,64
inf	med	inf	22,7	557,75	512,11	424,25	53,44	472,75	186,39	90,52	67,37	24	0,33	42,8	30,0	0,65	848,664	364,86
inf	sup	inf	23,8	560,54	494,32	450,26	56,97	449,50	245	129,09	66,77	23	0,35	42,5	32,1	0,63	922,05	396,41
med	inf	med	24,8	722,96	475,22	405	134,53	466,50	224,14	152,96	91,57	50	0,3	45,6	33,0	2,65	570,661	245,34
med	med	med	24,9	657,89	607,45	625,56	88,44	623,35	331,75	161,42	90,14	49	0,31	35,3	33,2	2,64	643,302	276,57
med	sup	med	24,6	632,55	514,65	485,1	99,58	536,73	262,23	173,64	89,5	52	0,33	41,4	28,5	2,62	669,26	287,73
sup	inf	sup	22,1	707,45	520,00	463,51	115,72	569,44	299,06	223,25	91,03	150	0,25	49,0	26,0	4,60	2276,15	978,57
sup	med	sup	23,5	726,25	532,55	522,07	100,57	520,00	350,26	230,75	109,9	155	0,26	50,1	31,7	4,59	2280,2	980,31
sup	sup	sup	21,2	521,18	413,6	657,75	74,75	591,66	331,87	162,88	82,83	156	0,24	41,2	27,4	4,60	2360,52	1014,84
inf	inf	med	24,1	569,01	540,4	530,2	86,66	547,40	233,38	103,98	97,77	20	0,26	37,0	28,4	0,72	694,358	298,52
inf	inf	sup	23,1	658,18	426,3	492,5	129,21	612,50	258,82	156,25	87,64	23	0,37	49,6	28,0	0,61	671,609	288,74
med	med	inf	23,6	540,36	524,4	397,61	102,04	522,91	239,35	122,21	70,19	55	0,31	39,5	30,5	2,64	1044,05	448,86
med	med	sup	23,3	566,41	483,4	430,11	90,24	620,75	262,23	181,25	86,97	41	0,19	48,0	22,5	2,77	894,929	384,75
sup	sup	inf	20,5	517,07	477,6	362,61	82,37	465,75	153,5	111,91	72,78	145	0,33	38,5	27,0	4,53	3065,27	1317,83
sup	sup	med	24,8	606,05	570,9	434	102,2	533,08	267,37	140,28	76,47	135	0,31	42,0	33,0	4,56	2696,69	1159,37

CONTINÚA 

med	inf	inf	20,5	532,62	467,3	436,54	48,39	548,16	174,59	84,88	62,13	68	0,3	49,7	32,5	2,63	994,551	427,58
sup	inf	inf	24,2	692,83	552,4	387,19	47,95	498,25	170,21	73,41	72,82	129	0,31	41,4	34,0	4,56	3010,7	1294,37
inf	med	med	24,7	502,63	406,1	448	75	550,75	201,95	136,41	75,98	23	0,25	39,0	28,5	0,73	738,831	317,64
sup	med	med	24,3	650,53	417,1	423,63	109,91	479,25	263,75	122,18	87,58	137	0,3	45,5	32,0	4,56	1948,07	837,52
inf	sup	sup	21,3	589,55	474,8	480,71	142,37	617,36	316,11	191,25	92,31	23	0,18	50,5	22,6	0,80	598,898	257,48
med	sup	sup	21,3	651,53	573,5	338,64	82,71	462,50	334,37	146,96	82,86	62	0,15	50,0	18,6	2,79	2123,08	912,76
inf	med	sup	24,4	580,43	518,1	422,1	96,48	527,50	313,29	213,15	97,09	23	0,14	50,3	21,7	0,84	601,131	258,44
med	inf	sup	24,2	521,66	437,4	509,16	128,56	613,79	316	232,18	76,28	53	0,22	49,5	22,8	2,73	524,932	225,68
sup	med	inf	23,4	792,83	651,3	394	133,4	399,07	295,35	161,18	85,36	140	0,26	38,5	28,3	4,60	2121,2	911,95
inf	sup	med	21,8	689,61	562,8	527,14	135,92	559,50	234,73	122,9	99,72	24	0,32	46,0	28,0	0,66	796,167	342,29
med	sup	inf	23,4	585,78	489,6	388,37	59,11	485,69	169,57	85,48	75,98	67	0,3	39,0	26,5	2,63	864,272	371,57
sup	inf	med	21,1	568,56	521,8	436,64	114,73	497,25	210,32	189,94	74,08	133	0,29	41,5	30,5	4,58	2317,42	996,31

ANEXO C

Tabla 36. Segunda tabulación de datos de termocuplas y poder calorífico

Biomasa	Presión	Humedad	T Pr oce	valor t	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t2	311,37	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t3	233,56	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t4	54,37	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t5	426,13	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t6	152,07	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t7	71,75	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t8	44,26	348,54	810,70
Bio inf	Pres med	Humed inf	t1	529,69	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t2	599,98	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t3	402,42	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t4	59,52	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t5	488,11	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t6	178,09	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t7	96,75	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t8	60,24	376,98	876,86
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t1	558,41	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t2	550,21	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t3	468,58	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t4	50,4	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t5	440,13	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t6	277,5	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t7	123,4	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t8	67,15	387,18	900,58
Bio med	Pres inf	Humed med	t1	715,87	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t2	416,93	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t3	419,53	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t4	131,66	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t5	469,59	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t6	247,25	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t7	157,26	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t8	83,65	247,93	576,69

CONTINÚA 

Bio med	Pres med	Humed med	t1	680,43	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t2	610,18	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t3	649,5	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t4	95,65	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t5	659,50	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t6	338,24	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t7	164,79	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t8	86,63	276,46	643,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t1	641,00	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t2	579,71	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t3	480,71	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t4	96,61	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t5	551,13	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t6	259,5	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t7	161,01	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t8	84,7	285,48	664,03
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t1	705,88	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t2	405,40	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t3	465,75	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t4	111,28	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t5	588,11	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t6	287,31	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t7	212,82	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t8	92,7	977,19	2272,94
Bio sup	Pres med	Humed sup	t1	737,98	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t2	667,92	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t3	513,98	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t4	105,73	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t5	515,04	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t6	361,5	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t7	222,27	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t8	114,83	978,63	2276,29
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t1	541,50	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t2	419,29	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t3	660,42	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t4	82,62	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t5	601,32	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t6	321,84	1014,38	2359,45

CONTINÚA 

Bio sup	Pres sup	Humed sup	t7	195,26	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t8	92,7	1014,38	2359,45
Bio inf	Pres inf	Humed med	t1	585,87	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t2	520,00	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t3	559,5	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t4	88,41	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t5	567,70	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t6	233,5	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t7	103,39	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t8	95,15	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t1	657,75	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t2	522,96	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t3	507,14	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t4	120,43	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t5	603,75	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t6	252,37	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t7	167,13	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t8	88,13	295,23	686,70
Bio med	Pres med	Humed inf	t1	548,87	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t2	521,18	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t3	237,11	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t4	102,39	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t5	527,00	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t6	245,75	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t7	110,36	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t8	67,15	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed sup	t1	578,30	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t2	494,76	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t3	423,94	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t4	98,54	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t5	629,33	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t6	287,31	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t7	190,75	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t8	83,97	386,64	899,32
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t1	513,75	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t2	462,78	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t3	350,26	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t4	85,68	1327,47	3087,70

CONTINÚA 

Bio sup	Pres sup	Humed inf	t5	472,94	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t6	160,16	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t7	101,16	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t8	60,24	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed med	t1	611,49	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t2	565,78	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t3	420,63	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t4	98,12	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t5	531,39	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t6	277,5	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t7	152,32	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t8	77,25	1147,38	2668,81
Bio med	Pres inf	Humed inf	t1	559,16	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t2	475,22	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t3	405	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t4	49,52	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t5	540,13	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t6	181,84	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t7	86,50	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t8	67,62	438,52	1020,00
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t1	679,25	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t2	543,00	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t3	362,61	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t4	50,4	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t5	472,71	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t6	178,09	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t7	82,38	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t8	74,42	1275,45	2966,70
Bio inf	Pres med	Humed med	t1	506,50	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t2	405,88	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t3	449,5	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t4	71,97	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t5	557,25	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t6	206,83	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t7	143	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t8	71,75	331,23	770,44
Bio sup	Pres med	Humed med	t1	657,89	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t2	412,11	840,39	1954,75

CONTINÚA 

Bio sup	Pres med	Humed med	t3	436,54	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t4	113,11	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t5	469,59	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t6	254,81	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t7	123,4	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t8	83,65	840,39	1954,75
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t1	591,59	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t2	477,49	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t3	485,69	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t4	133,61	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t5	613,50	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t6	311,35	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t7	204,19	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t8	88,42	258,71	601,76
Bio med	Pres sup	Humed sup	t1	669,01	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t2	566,23	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t3	324,25	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t4	80,48	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t5	464,15	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t6	320,13	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t7	157,75	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t8	75,93	911,63	2120,45
Bio inf	Pres med	Humed sup	t1	567,09	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t2	506,56	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t3	430,11	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t4	106,73	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t5	539,92	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t6	311,94	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t7	200,81	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t8	100,82	256,83	597,39
Bio med	Pres inf	Humed sup	t1	516,93	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t2	423,83	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t3	497,25	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t4	125,38	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t5	627,88	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t6	328,67	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t7	225	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t8	82,37	223,46	519,77

CONTINÚA 

Bio sup	Pres med	Humed inf	t1	787,63	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t2	656,27	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t3	497,25	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t4	125,38	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t5	404,23	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t6	328,67	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t7	225	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t8	82,37	912,18	2121,73
Bio inf	Pres sup	Humed med	t1	682,25	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t2	553,12	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t3	522,91	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t4	131,60	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t5	555,25	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t6	247,25	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t7	126,8	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t8	92,13	343,57	799,14
Bio med	Pres sup	Humed inf	t1	587,47	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t2	493,70	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t3	347,53	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t4	50,98	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t5	488,04	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t6	163,26	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t7	96,75	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t8	71,06	378,43	880,23
Bio sup	Pres inf	Humed med	t1	580,54	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t2	517,07	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t3	424,25	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t4	118,51	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t5	490,54	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t6	216,09	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t7	183	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t8	81,02	1008,85	2346,59

Tabla 37.

Tercera tabulación de datos de termocuplas y poder calorífico

Biomasa	Presión	Humedad	T Proce	valor t	PC (BTU/lb)	PC (KJ/Kg)
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t1	377,49	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t2	323,83	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t3	237,11	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t4	56,97	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t5	423,63	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t6	173,5	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t7	84,24	348,54	810,70
Bio inf	Pres inf	Humed inf	t8	50,84	348,54	810,70
Bio inf	Pres med	Humed inf	t1	557,75	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t2	512,11	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t3	424,25	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t4	53,44	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t5	472,75	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t6	186,39	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t7	90,52	376,98	876,86
Bio inf	Pres med	Humed inf	t8	67,37	376,98	876,86
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t1	560,54	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t2	494,32	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t3	450,26	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t4	56,97	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t5	449,50	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t6	245	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t7	129,09	387,18	900,58
Bio inf	Pres sup	Humed inf	t8	66,77	387,18	900,58
Bio med	Pres inf	Humed med	t1	722,96	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t2	475,22	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t3	405	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t4	134,53	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t5	466,50	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t6	224,14	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t7	152,96	247,93	576,69
Bio med	Pres inf	Humed med	t8	91,57	247,93	576,69
Bio med	Pres med	Humed med	t1	657,89	276,46	643,05

CONTINÚA 

Bio med	Pres med	Humed med	t2	607,45	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t3	625,56	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t4	88,44	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t5	623,35	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t6	331,75	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t7	161,42	276,46	643,05
Bio med	Pres med	Humed med	t8	90,14	276,46	643,05
Bio med	Pres sup	Humed med	t1	632,55	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t2	514,65	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t3	485,1	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t4	99,58	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t5	536,73	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t6	262,23	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t7	173,64	285,48	664,03
Bio med	Pres sup	Humed med	t8	89,5	285,48	664,03
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t1	707,45	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t2	408,41	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t3	463,51	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t4	115,72	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t5	569,44	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t6	299,06	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t7	223,25	977,19	2272,94
Bio sup	Pres inf	Humed sup	t8	91,03	977,19	2272,94
Bio sup	Pres med	Humed sup	t1	726,25	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t2	532,55	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t3	522,07	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t4	100,57	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t5	520,00	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t6	350,26	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t7	230,75	978,63	2276,29
Bio sup	Pres med	Humed sup	t8	109,91	978,63	2276,29
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t1	521,18	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t2	413,58	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t3	657,75	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t4	74,75	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t5	591,66	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t6	331,87	1014,38	2359,45
Bio sup	Pres sup	Humed sup	t7	162,88	1014,38	2359,45

CONTINÚA 

Bio sup	Pres sup	Humed sup	t8	82,83	1014,38	2359,45
Bio inf	Pres inf	Humed med	t1	569,01	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t2	540,36	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t3	530,2	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t4	86,66	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t5	547,40	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t6	233,38	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t7	103,98	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed med	t8	97,77	298,68	694,73
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t1	658,18	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t2	426,25	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t3	492,5	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t4	129,21	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t5	609,50	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t6	258,82	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t7	156,25	295,23	686,70
Bio inf	Pres inf	Humed sup	t8	87,64	295,23	686,70
Bio med	Pres med	Humed inf	t1	540,36	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t2	524,43	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t3	234,61	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t4	102,04	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t5	522,91	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t6	239,35	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t7	122,21	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed inf	t8	70,19	449,31	1045,10
Bio med	Pres med	Humed sup	t1	566,41	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t2	483,43	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t3	430,11	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t4	90,24	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t5	620,75	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t6	262,23	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t7	186,56	386,64	899,32
Bio med	Pres med	Humed sup	t8	86,97	386,64	899,32
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t1	517,07	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t2	477,62	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t3	362,61	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t4	82,37	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t5	465,75	1327,47	3087,70

CONTINÚA 

Bio sup	Pres sup	Humed inf	t6	153,5	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t7	111,91	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed inf	t8	72,78	1327,47	3087,70
Bio sup	Pres sup	Humed med	t1	606,05	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t2	570,92	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t3	434	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t4	102,2	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t5	533,08	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t6	267,37	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t7	140,28	1147,38	2668,81
Bio sup	Pres sup	Humed med	t8	76,47	1147,38	2668,81
Bio med	Pres inf	Humed inf	t1	532,62	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t2	467,28	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t3	436,54	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t4	48,39	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t5	548,16	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t6	174,59	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t7	84,88	438,52	1020,00
Bio med	Pres inf	Humed inf	t8	62,13	438,52	1020,00
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t1	692,83	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t2	552,43	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t3	387,19	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t4	47,95	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t5	498,25	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t6	170,21	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t7	73,41	1275,45	2966,70
Bio sup	Pres inf	Humed inf	t8	72,82	1275,45	2966,70
Bio inf	Pres med	Humed med	t1	502,63	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t2	406,05	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t3	448	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t4	75	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t5	550,75	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t6	201,95	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t7	136,41	331,23	770,44
Bio inf	Pres med	Humed med	t8	75,98	331,23	770,44
Bio sup	Pres med	Humed med	t1	650,53	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t2	417,07	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t3	423,63	840,39	1954,75

CONTINÚA 

Bio sup	Pres med	Humed med	t4	109,91	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t5	479,25	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t6	263,75	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t7	122,18	840,39	1954,75
Bio sup	Pres med	Humed med	t8	87,58	840,39	1954,75
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t1	589,55	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t2	474,78	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t3	480,71	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t4	142,37	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t5	617,36	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t6	316,11	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t7	191,25	258,71	601,76
Bio inf	Pres sup	Humed sup	t8	92,31	258,71	601,76
Bio med	Pres sup	Humed sup	t1	651,53	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t2	573,47	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t3	338,64	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t4	82,71	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t5	462,50	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t6	334,37	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t7	146,96	911,63	2120,45
Bio med	Pres sup	Humed sup	t8	82,86	911,63	2120,45
Bio inf	Pres med	Humed sup	t1	580,43	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t2	518,14	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t3	422,1	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t4	96,48	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t5	527,50	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t6	313,29	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t7	213,15	256,83	597,39
Bio inf	Pres med	Humed sup	t8	97,09	256,83	597,39
Bio med	Pres inf	Humed sup	t1	521,66	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t2	437,43	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t3	509,16	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t4	128,56	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t5	613,79	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t6	316	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t7	232,18	223,46	519,77
Bio med	Pres inf	Humed sup	t8	76,28	223,46	519,77
Bio sup	Pres med	Humed inf	t1	792,83	912,18	2121,73

CONTINÚA 

Bio sup	Pres med	Humed inf	t2	651,27	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t3	394	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t4	133,4	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t5	399,07	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t6	295,35	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t7	161,18	912,18	2121,73
Bio sup	Pres med	Humed inf	t8	85,36	912,18	2121,73
Bio inf	Pres sup	Humed med	t1	689,61	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t2	562,78	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t3	527,14	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t4	135,92	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t5	559,50	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t6	234,73	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t7	122,9	343,57	799,14
Bio inf	Pres sup	Humed med	t8	99,72	343,57	799,14
Bio med	Pres sup	Humed inf	t1	585,78	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t2	489,61	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t3	388,37	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t4	59,11	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t5	485,69	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t6	169,57	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t7	85,48	378,43	880,23
Bio med	Pres sup	Humed inf	t8	75,98	378,43	880,23
Bio sup	Pres inf	Humed med	t1	568,56	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t2	521,78	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t3	436,64	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t4	114,73	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t5	497,25	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t6	210,32	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t7	189,94	1008,85	2346,59
Bio sup	Pres inf	Humed med	t8	74,08	1008,85	2346,59

ANEXO D

Tabla 38.

Análisis de Shapiro - Will

Shapiro (Normalidad T)

temp. Proce	Biomasa	Presión	Humedad	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
t1	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	361,653	17,024	0,988	0,788	normal
t1	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	579,047	8,877	0,902	0,388	normal
t1	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	654,090	6,715	0,777	0,061	normal
t1	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	540,420	15,150	0,858	0,259	normal
t1	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	494,817	16,995	0,841	0,217	normal
t1	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	571,920	7,392	0,814	0,147	normal
t1	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	551,283	14,228	0,812	0,143	normal
t1	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	679,253	12,136	0,954	0,586	normal
t1	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	588,017	4,539	0,914	0,431	normal
t1	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	538,237	18,757	0,933	0,498	normal
t1	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	721,907	5,585	0,973	0,692	normal
t1	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	518,753	2,544	0,864	0,278	normal
t1	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	561,473	29,508	0,863	0,275	normal
t1	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	682,280	25,366	0,996	0,880	normal
t1	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	559,130	23,665	0,929	0,487	normal
t1	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	588,570	3,473	0,925	0,469	normal
t1	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	639,563	6,417	0,962	0,626	normal
t1	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	667,200	14,848	0,989	0,797	normal

CONTINÚA 

t1	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	677,840	15,742	0,994	0,853	normal
t1	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	574,840	6,011	0,993	0,845	normal
t1	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	710,733	7,090	0,839	0,211	normal
t1	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	792,303	4,434	0,989	0,802	normal
t1	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	651,180	6,410	0,992	0,831	normal
t1	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	738,103	11,915	1,000	0,982	normal
t1	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	499,663	27,324	0,801	0,116	normal
t1	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	612,637	7,229	0,981	0,736	normal
t1	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	528,810	11,065	0,843	0,223	normal
t2	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	317,767	6,237	0,998	0,912	normal
t2	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	529,530	10,242	0,988	0,790	normal
t2	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	492,883	57,797	0,797	0,108	normal
t2	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	571,773	51,696	0,777	0,059	normal
t2	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	406,307	0,598	0,862	0,272	normal
t2	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	512,957	5,885	0,968	0,672	normal
t2	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	530,237	31,170	0,804	0,124	normal
t2	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	569,460	20,513	0,920	0,452	normal
t2	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	482,350	10,850	0,850	0,238	normal
t2	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	473,680	5,786	0,947	0,555	normal
t2	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	430,663	39,522	0,909	0,416	normal
t2	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	433,677	8,607	0,857	0,258	normal
t2	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	523,457	1,979	0,818	0,160	normal
t2	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	606,730	3,861	0,974	0,688	normal
t2	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	493,533	9,549	0,988	0,788	normal

CONTINÚA 

t2	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	495,723	7,337	0,943	0,539	normal
t2	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	561,277	40,674	0,846	0,229	normal
t2	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	579,893	17,768	0,902	0,388	normal
t2	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	553,257	10,694	0,996	0,872	normal
t2	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	520,007	2,561	0,845	0,228	normal
t2	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	406,023	2,144	0,937	0,513	normal
t2	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	651,477	4,693	0,999	0,927	normal
t2	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	416,767	4,513	0,997	0,889	normal
t2	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	630,390	85,494	0,855	0,255	normal
t2	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	454,863	27,581	0,938	0,519	normal
t2	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	576,057	13,593	0,893	0,362	normal
t2	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	422,187	10,363	0,941	0,530	normal
t3	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	236,887	3,221	0,996	0,885	normal
t3	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	552,680	19,964	0,912	0,424	normal
t3	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	506,097	13,106	0,995	0,869	normal
t3	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	411,770	11,247	0,942	0,534	normal
t3	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	451,080	4,105	0,889	0,350	normal
t3	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	442,180	28,129	0,862	0,271	normal
t3	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	464,907	13,199	0,942	0,534	normal
t3	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	544,837	34,380	0,801	0,118	normal
t3	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	488,643	9,751	0,931	0,493	normal
t3	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	416,260	17,599	0,803	0,123	normal
t3	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	416,063	9,801	0,906	0,403	normal
t3	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	506,453	8,192	0,918	0,444	normal

CONTINÚA 

t3	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	236,843	2,113	0,988	0,791	normal
t3	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	639,400	12,400	0,932	0,497	normal
t3	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	427,547	3,215	0,921	0,455	normal
t3	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	353,707	32,025	0,972	0,679	normal
t3	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	489,493	11,621	0,893	0,361	normal
t3	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	331,873	7,233	0,989	0,804	normal
t3	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	357,757	32,136	0,983	0,749	normal
t3	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	430,857	6,236	0,987	0,782	normal
t3	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	468,587	6,944	0,875	0,308	normal
t3	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	423,433	64,363	0,843	0,223	normal
t3	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	447,850	31,440	0,903	0,394	normal
t3	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	518,480	4,121	0,963	0,638	normal
t3	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	359,913	8,627	0,927	0,475	normal
t3	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	428,373	6,932	0,930	0,488	normal
t3	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	666,043	12,126	0,839	0,212	normal
t4	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	54,937	1,818	0,927	0,476	normal
t4	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	89,390	3,330	0,935	0,510	normal
t4	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	123,717	4,788	0,841	0,215	normal
t4	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	59,490	6,035	1,000	0,991	normal
t4	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	76,267	5,051	0,953	0,581	normal
t4	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	102,260	5,249	0,953	0,581	normal
t4	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	56,777	6,282	0,999	0,946	normal
t4	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	131,887	3,898	0,996	0,878	normal
t4	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	133,183	9,407	0,998	0,924	normal

CONTINÚA 

t4	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	51,960	5,235	0,837	0,213	normal
t4	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	129,043	7,163	0,900	0,382	normal
t4	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	125,893	2,451	0,967	0,668	normal
t4	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	101,640	1,011	0,883	0,329	normal
t4	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	93,780	4,693	0,881	0,324	normal
t4	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	94,993	4,280	0,940	0,528	normal
t4	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	58,277	6,918	0,989	0,799	normal
t4	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	98,377	1,563	0,903	0,393	normal
t4	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	81,713	1,134	0,967	0,650	normal
t4	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	52,317	5,578	0,911	0,423	normal
t4	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	118,667	4,017	0,999	0,935	normal
t4	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	113,537	2,221	0,999	0,942	normal
t4	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	128,283	4,445	0,814	0,148	normal
t4	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	109,550	3,753	0,993	0,842	normal
t4	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	102,870	2,625	0,966	0,645	normal
t4	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	84,167	1,673	0,978	0,718	normal
t4	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	97,213	5,496	0,980	0,723	normal
t4	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	82,570	7,795	1,000	0,988	normal
t5	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	423,453	2,769	0,997	0,895	normal
t5	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	562,980	13,838	0,913	0,428	normal
t5	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	607,503	3,253	0,781	0,071	normal
t5	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	486,523	13,053	0,989	0,797	normal
t5	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	558,930	9,137	0,975	0,692	normal
t5	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	537,900	9,552	0,966	0,647	normal

CONTINÚA 

t5	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	440,317	9,091	1,000	0,966	normal
t5	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	557,720	2,207	0,927	0,475	normal
t5	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	618,930	6,362	0,954	0,586	normal
t5	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	546,167	5,327	0,895	0,368	normal
t5	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	478,480	18,140	0,820	0,160	normal
t5	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	625,160	10,283	0,948	0,557	normal
t5	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	520,263	8,380	0,925	0,470	normal
t5	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	642,900	18,255	0,980	0,728	normal
t5	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	623,180	5,365	0,846	0,229	normal
t5	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	493,323	11,248	0,835	0,200	normal
t5	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	555,383	21,104	0,970	0,662	normal
t5	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	466,777	6,035	0,858	0,260	normal
t5	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	478,720	17,325	0,910	0,416	normal
t5	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	493,763	3,363	0,995	0,871	normal
t5	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	598,773	35,874	0,934	0,504	normal
t5	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	399,590	4,403	0,990	0,803	normal
t5	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	476,713	6,254	0,877	0,313	normal
t5	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	552,187	60,096	0,785	0,079	normal
t5	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	472,723	6,868	0,999	0,946	normal
t5	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	531,387	1,695	1,000	0,996	normal
t5	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	602,797	11,944	0,989	0,794	normal
t6	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	158,903	12,650	0,781	0,070	normal
t6	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	232,213	2,125	0,774	0,053	normal
t6	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	255,350	3,253	0,983	0,751	normal

CONTINÚA 

t6	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	179,757	5,977	0,942	0,532	normal
t6	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	203,630	2,772	0,775	0,055	normal
t6	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	319,210	11,443	0,799	0,114	normal
t6	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	268,153	20,175	0,839	0,212	normal
t6	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	250,107	16,986	0,979	0,717	normal
t6	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	318,203	8,105	0,950	0,568	normal
t6	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	177,257	3,987	0,827	0,181	normal
t6	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	237,377	11,916	0,940	0,527	normal
t6	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	327,383	10,798	0,989	0,801	normal
t6	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	242,173	3,266	0,960	0,613	normal
t6	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	338,457	6,818	0,999	0,946	normal
t6	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	275,133	12,556	0,997	0,904	normal
t6	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	169,340	5,968	0,999	0,936	normal
t6	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	252,387	14,748	0,826	0,177	normal
t6	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	325,640	7,647	0,867	0,289	normal
t6	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	182,097	14,317	0,941	0,530	normal
t6	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	216,423	6,277	0,998	0,913	normal
t6	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	292,960	5,888	0,996	0,873	normal
t6	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	313,553	16,873	0,975	0,694	normal
t6	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	260,147	4,715	0,899	0,380	normal
t6	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	357,493	6,276	0,802	0,121	normal
t6	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	163,600	12,190	0,940	0,527	normal
t6	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	275,430	7,250	0,939	0,522	normal
t6	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	321,693	10,251	1,000	0,975	normal

CONTINÚA 

t7	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	72,260	11,733	0,999	0,928	normal
t7	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	104,317	1,133	0,934	0,503	normal
t7	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	165,660	8,768	0,979	0,721	normal
t7	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	92,397	3,782	0,815	0,149	normal
t7	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	142,600	6,000	0,997	0,890	normal
t7	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	200,260	13,174	0,999	0,930	normal
t7	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	127,120	3,223	0,779	0,065	normal
t7	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	124,737	1,960	0,990	0,808	normal
t7	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	198,887	6,778	0,911	0,422	normal
t7	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	85,057	1,364	0,987	0,784	normal
t7	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	158,310	5,945	0,977	0,704	normal
t7	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	226,290	5,363	0,957	0,597	normal
t7	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	113,403	7,747	0,884	0,333	normal
t7	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	174,423	19,676	0,820	0,164	normal
t7	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	186,233	4,689	0,996	0,885	normal
t7	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	91,543	5,684	0,983	0,751	normal
t7	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	172,370	10,781	0,990	0,804	normal
t7	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	156,630	9,161	0,989	0,796	normal
t7	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	81,900	8,260	0,997	0,905	normal
t7	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	183,207	6,632	0,999	0,945	normal
t7	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	214,300	8,309	0,976	0,702	normal
t7	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	178,913	40,264	0,855	0,251	normal
t7	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	123,517	1,399	0,995	0,864	normal
t7	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	228,430	5,389	0,861	0,271	normal

CONTINÚA 

t7	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	105,460	5,688	0,893	0,361	normal
t7	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	146,923	6,116	0,969	0,677	normal
t7	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	186,700	20,899	0,874	0,306	normal
t8	Bio inf	Pres inf	Humed inf	valor t	3	46,940	3,455	0,907	0,404	normal
t8	Bio inf	Pres inf	Humed med	valor t	3	95,253	2,467	0,999	0,930	normal
t8	Bio inf	Pres inf	Humed sup	valor t	3	88,713	1,455	0,880	0,320	normal
t8	Bio inf	Pres med	Humed inf	valor t	3	59,857	7,712	0,998	0,918	normal
t8	Bio inf	Pres med	Humed med	valor t	3	77,163	6,092	0,972	0,693	normal
t8	Bio inf	Pres med	Humed sup	valor t	3	98,293	2,189	0,773	0,051	normal
t8	Bio inf	Pres sup	Humed inf	valor t	3	64,707	3,908	0,791	0,093	normal
t8	Bio inf	Pres sup	Humed med	valor t	3	95,797	3,802	0,997	0,889	normal
t8	Bio inf	Pres sup	Humed sup	valor t	3	90,530	1,966	0,979	0,718	normal
t8	Bio med	Pres inf	Humed inf	valor t	3	62,990	4,266	0,970	0,662	normal
t8	Bio med	Pres inf	Humed med	valor t	3	85,670	5,193	0,887	0,340	normal
t8	Bio med	Pres inf	Humed sup	valor t	3	81,927	5,439	0,995	0,866	normal
t8	Bio med	Pres med	Humed inf	valor t	3	69,257	1,828	0,805	0,125	normal
t8	Bio med	Pres med	Humed med	valor t	3	91,243	5,253	0,967	0,649	normal
t8	Bio med	Pres med	Humed sup	valor t	3	87,373	3,622	0,991	0,822	normal
t8	Bio med	Pres sup	Humed inf	valor t	3	71,857	3,788	0,967	0,649	normal
t8	Bio med	Pres sup	Humed med	valor t	3	85,550	3,601	0,958	0,604	normal
t8	Bio med	Pres sup	Humed sup	valor t	3	79,727	3,512	0,973	0,683	normal
t8	Bio sup	Pres inf	Humed inf	valor t	3	75,060	2,619	0,955	0,592	normal
t8	Bio sup	Pres inf	Humed med	valor t	3	80,690	6,451	0,998	0,916	normal
t8	Bio sup	Pres inf	Humed sup	valor t	3	92,697	1,665	1,000	0,996	normal

CONTINÚA 

t8	Bio sup	Pres med	Humed inf	valor t	3	83,973	1,507	0,984	0,759	normal
t8	Bio sup	Pres med	Humed med	valor t	3	85,463	1,982	0,982	0,746	normal
t8	Bio sup	Pres med	Humed sup	valor t	3	112,777	2,559	0,924	0,466	normal
t8	Bio sup	Pres sup	Humed inf	valor t	3	62,257	9,674	0,967	0,669	normal
t8	Bio sup	Pres sup	Humed med	valor t	3	77,360	0,950	0,990	0,808	normal
t8	Bio sup	Pres sup	Humed sup	valor t	3	90,053	6,330	0,869	0,291	normal

ANEXO E

Tabla 39.

Medidas de resumen del poder calorífico

Medidas de resumen de Poder Calorífico

Biomasa	Humedad	Presión	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Mediana
Bio inf	Humed inf	Pres inf	PC	3	823,22	14,33	205,39	810,70	838,85	820,10
Bio inf	Humed inf	Pres med	PC	3	862,38	14,12	199,24	848,66	876,86	861,62
Bio inf	Humed inf	Pres sup	PC	3	910,33	10,87	118,17	900,58	922,05	908,35
Bio inf	Humed med	Pres inf	PC	3	700,15	9,71	94,28	694,36	711,36	694,73
Bio inf	Humed med	Pres med	PC	3	754,90	15,81	250,01	738,83	770,44	755,44
Bio inf	Humed med	Pres sup	PC	3	793,20	7,85	61,66	784,30	799,14	796,17
Bio inf	Humed sup	Pres inf	PC	3	672,86	13,25	175,68	660,28	686,70	671,61
Bio inf	Humed sup	Pres med	PC	3	603,74	7,98	63,62	597,39	612,69	601,13
Bio inf	Humed sup	Pres sup	PC	3	604,64	7,60	57,69	598,90	613,25	601,76
Bio med	Humed inf	Pres inf	PC	3	1006,83	12,75	162,53	994,55	1020	1005,93
Bio med	Humed inf	Pres med	PC	3	1048,63	7,04	49,52	1044,05	1056,73	1045,10
Bio med	Humed inf	Pres sup	PC	3	879,71	15,19	230,64	864,27	894,63	880,23
Bio med	Humed med	Pres inf	PC	3	576,79	6,18	38,14	570,66	583,01	576,69
Bio med	Humed med	Pres med	PC	3	638,22	8,59	73,77	628,30	643,30	643,05
Bio med	Humed med	Pres sup	PC	3	671,78	9,27	85,94	664,03	682,05	669,26
Bio med	Humed sup	Pres med	PC	3	891,66	9,71	94,31	880,74	899,32	894,93
Bio med	Humed sup	Pres sup	PC	3	2116,57	9,09	82,59	2106,19	2123,08	2120,45
Bio sup	Humed inf	Pres inf	PC	3	2985,96	22,50	506,47	2966,70	3010,70	2980,49
Bio sup	Humed inf	Pres med	PC	3	2126,26	8,31	69,05	2121,20	2135,85	2121,73

CONTINÚA 

Bio sup	Humed inf	Pres sup	PC	3	3074,68	11,64	135,59	3065,27	3087,70	3071,06
Bio sup	Humed med	Pres inf	PC	3	2331,07	14,67	215,33	2317,42	2346,59	2329,21
Bio sup	Humed med	Pres med	PC	3	1947,92	6,91	47,77	1940,93	1954,75	1948,07
Bio sup	Humed med	Pres sup	PC	3	2683,94	14,09	198,57	2668,81	2696,69	2686,32
Bio sup	Humed sup	Pres inf	PC	3	2269,01	9,72	94,48	2257,94	2276,15	2272,94
Bio sup	Humed sup	Pres med	PC	3	2281,85	6,54	42,81	2276,29	2289,06	2280,20
Bio sup	Humed sup	Pres sup	PC	3	2356,19	6,60	43,57	2348,59	2360,52	2359,45

ANEXO F

Cuadro 6. Memory Map Description

BIT	NAME	DESCRIPTION
D[31:18]	14-Bit Thermocouple Temperature Data	These bits contain the signed 14-bit thermocouples temperatura value.
D17	Reserved	This bit always reads 0.
D16	Fault	This bit reads at 1 when any of the SCV, SCG or OC faults are active. Default value is 0.
D[15:4]	12-Bit Internal Temperature Data	These bits contain the signed 12-bit value of the reference junction temperature.
D3	Reserved	This bit always reads 0.
D2	SCV Fault	This bit is a 1 when the termocuple is short-circuited to VCC. Default value is 0
D1	SCG Fault	This bit is a 1 when the termocuple is short-circuited to GND. Default value is 0
D0	OC Fault	This bit is a 1 when the termocuple is open (no connections). Default value is 0

Fuente:(Maxim Integrated Products, 2012)

ANEXO G

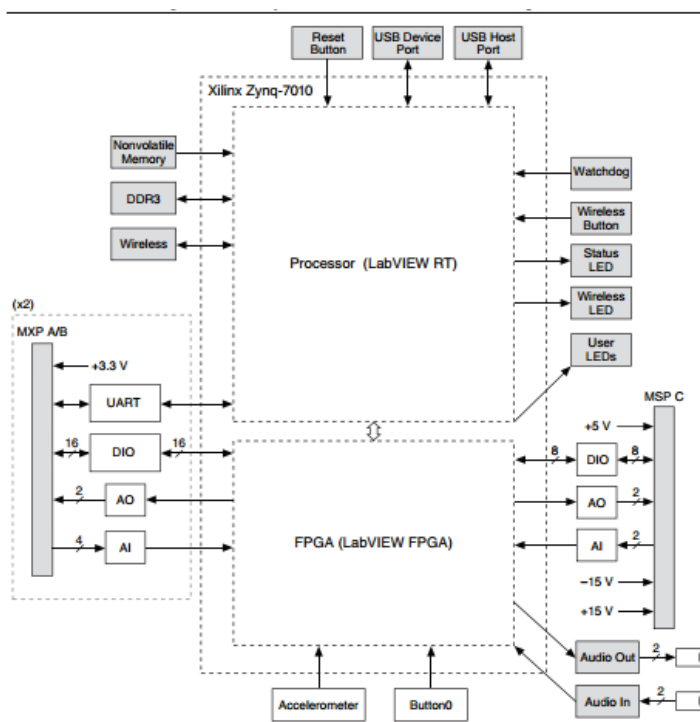


Figura 55. Diagrama de bloques (Hardware) NI myRIO-1900

Fuente: (National Instruments, 2013)

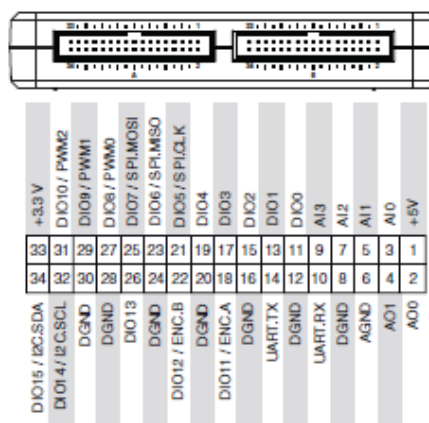


Figura 56. Señales Primario/Secundario en MXP conectores A y B

Fuente: (National Instruments, 2013)

Tabla 40.

Descripciones de Señales en MXP Conectores A y B

Nombre de señal	Referencia	Dirección	Descripción
+5V	DGND	Salida	+5V salida de potencia
AI <0.3>	AGND	Entrada	0-5V, referencia, canales de entrada simple terminación analógica
AO <0.1>	AGND	Salida	0-5V, referencia, canales de salida simple terminación analógica
AGND	N/A	N/A	Referencia por entrada y salida analógica
+3.3V	DGND	Salida	+3.3V salida de potencia
DIO <0.15>	DGND	Entrada o Salida	Líneas digitales de uso general 5V-3.3V de salida, compactible a entrada
UART.RX	DGND	Entrada	UART recibe la entrada. Líneas UART son eléctricamente idéntica a DIO líneas
UART.TX	DGND	Salida	UART transmite la salida. Líneas UART son eléctricamente idéntica a DIO líneas.
DGND	N/A	N/A	Referencia para señales digitales, +5V y 3.3V

Fuente: (National Instruments, 2013)

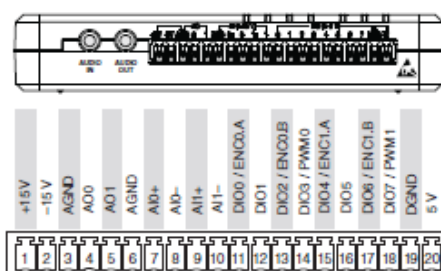


Figura 57. Señales Primaria/Secundaria en MSP Conector C

Fuente: (National Instruments, 2013)

Tabla 41.

Descripción de señales en MPS Conector C y Conectores de Audio

Nombre de señal	Referencia	Dirección	Descripción
+15V/-15V	AGND	Salida	+15V/-15V salida de potencia
AI0+/AI0-; AI1+/AI1-	AGND	Entrada	± 10 V, canal de entrada diferencial analógica
AO <0.1>	AGND	Salida	± 10V, referencia, canales de salida simple terminación analógica
AGND	N/A	N/A	Referencia por entrada y salida analógica y +15V/-15V salida de potencia
+5V	DGND	Salida	+5V salida de potencia

**DIO
<0.7>**

DGND

**Entrada o
Salida**

**Líneas
digitales con**

CONTINÚA 

**3.3V salida,
3.3V/5V de
salida,
compactible
a entrada**

DGND	N/A	N/A	Referencia por líneas digitales y +5V salida de potencia
AUDIO IN	N/A	Entrada	Conector de entrada de audio izquierdo y derecho de estéreo
AUDIO OUT	N/A	Salida	Conector de salida de audio izquierdo y derecho de estéreo

Fuente: (National Instruments, 2013)

ANEXO H



If you can conceive it, we can measure and control it

VLC-110 / VLC-110S
'S' TYPE LOAD CELL

APPLICATIONS

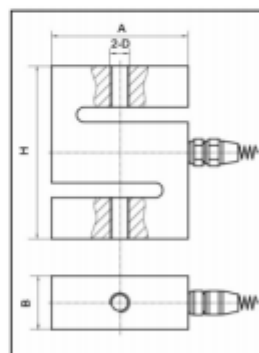
Mechanical scale conversion,
Tank, bin and hopper weighing,
Truck scale conversion,
Tension / compression measurement



STANDARD CAPACITY
50, 100, 150, 250, 500, 750 lb
1k, 1.5k, 2k, 3k, 5k, 10k, 15k, 20klb

WIRING	
RED	Input (+)
BLACK	Input (-)
GREEN	Output (+)
WHITE	Output (-)

SPECIFICATIONS	
Rated output	2.95 ~ 3.05 mV/V
Non-linearity	0.03% F.S.
Hysteresis	0.03% F.S. (VLC-110) 0.05% F.S. (VLC-110S)
Non-repeatability	0.02% F.S.
Creep (in 1 hr)	0.03% F.S.
Zero Balance	± 1%
Temp. effect span	15 PPM / °C
Temp. effect zero	26 PPM / °C
Operating Temp. range	-20°C ~ +60°C
Compensated Temp. range	-10°C ~ +40°C
Input resistance	385 ± 15Ω
Output resistance	350 ± 3Ω
Safe overload	150% F.S.
Ultimate overload	300% F.S.
Excitation voltage	10VDC/AC
Max. Excitation voltage	15VDC/AC
Insulation resistance	≥2000MΩ
Environmental protection	IP67
Material	Alloy tool steel (VLC-100) Stainless steel (VLC-100S)
Cable Length	20FT



DIMENSION (inch)				
Capacity	A	B	H	D
50 ~ 150 lb	2.00	0.50	2.50	3/8-28UNF-2B
250 lb	2.00	0.75	3.00	3/8-24UNF-2B
500 ~ 1500 lb	2.00	0.75	3.00	3/8-20UNF-2B
2 ~ 3klb	2.00	1.00	3.00	3/8-20UNF-2B
5 ~ 10klb	3.00	1.00	4.25	3/8-16UNF-2B
15klb	4.00	1.25	5.50	1-14UNF-2B
20klb	5.00	2.00	7.00	1-1/2-12UNF-2B

* Specifications are subject to change without prior notice

Figura 58. Datos característicos de la celda de carga

ANEXO I

