PROPUESTA PARA LA REPARACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AUOTMATIZACION DE UN GASIFICADOR DE 20 KW EN EL JARDIN BOTANICO DE BOGOTA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autor

FERNEY URREA GALAN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Ingeniería en (Control/ Telecomunicaciones)

Bogotá D.C. Septiembre, 2022

PROPUESTA PARA LA REPARACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AUOTMATIZACION DE UN GASIFICADOR DE 20 KW EN EL JARDIN BOTANICO DE BOGOTA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autor
FERNEY URREA
20131073223
furreag@correo.udistrital.edu.co

Modalidad
Monografía

Presentado para optar al título de: Tecnólogo en electrónica

Director

Profesor Aldemar Fonseca

Co- Director

Profesor German López Martínez

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Ingeniería en (Control/ Telecomunicaciones)

Bogotá D.C. Septiembre, 2022

Dedicatoria

Se lo dedico a la comunidad de ciudad bolívar a mi madre profesoras y profesores cada una de las personas mencionadas hizo un aporte que contribuyo a que esta meta hoy en día sea una realidad

Índice

Dedicatoria i
Índice ii
Índice de Figuras iii
Índice de Tablas vi
Glosario vii
Lista de Abreviaturas y Siglas viii
Resumen ix
1. Introducción 1
2. Planteamiento del problema 2
3. Justificación 3
4. Objetivos 3
4.1. Objetivo General 3
4.2. Objetivos específicos 3
5. Marco de referencia ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.1. Antecedentes 4
5.2. Marco teórico 8
5.3. Marco Legal 12
6. Metodología 17
7. Resultados 30
8. Conclusiones y Recomendaciones 32
9. Referencias 35
10. Anexos 36

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas De Funcionamiento Gasificadores……..... 5

Figura 2.Gasificador Tecnología ENAMORA……..... 7

Figura 3. Alquitrán……..... 8

Figura 4.Efecto Offset…….. 9

Figura 5 Amplificación Señal……..... 10

Figura 6 Amplificador Operacional……. 11

Figura 6 Filtrado Señal ……..... 12

Figura 7 Conversión Señal……..... ..12

Figura 8 Efecto Seebeck……..... …… 13

Figura 9 Efecto Peltier……...13

Figura 10 Termopar…….....14

Figura 11 Gasificador_1……...……18

Figura 12 Gasificador_2……18

Figura 13 Desarmado Gasificador……..20

Figura 14 Toma Muestra Alquitrán……20

Figura 15. Espectrómetro Infrarrojo……....21

Figura 16. Gel De sílice……...21

Figura 17. Muestra Recubierta……....22

Figura 18. Montaje Sistema Alerta……...22

Figura 19. Programación Sistema Alerta Arduino_1……....23

Figura 20. Programación Sistema Alerta Arduino_2……23

Figura 21. Simulación Proteus…….....24

Figura 22. Diseño Placa PCB…….....25

Figura 23. Torre de Enfriamiento……...26

Figura 24. Tarjeta Control……..27

Figura 25. Medición Relés……28

Figura 26. Medición Salidas……..29

Figura.27 Circuito PWM……29

Figura 28. Tarjeta Motor 1 y 2……...30

Figura 29. Medición Capacitancia……30

Figura 30. Medición Transistores……..…..31

Figura 31. Retiro De Elemento……..31

Figura 32. Display Sistema Gasificación……...32

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores Eficiencia Motores De Combustión Interna ……...7

Tabla 2. Bloques Funcionales Amplificador Operacional…….. 11

Tabla 3. Características Materiales RTD…….....14

Tabla 4. Elementos sistema gasificación…….19

Tabla 5. Componentes Sistema De alerta…….23

Índice de Anexos

Resultados Espectro Infrarrojo ……..26

Lista de Abreviaturas y Siglas

Sigla/Abreviatura	**Significado**
CO 2	Dióxido De carbono
SO 2	Dióxido De Azufre
NOX	Oxido Nitrógeno
GTEP	Reservas No Descubiertas
N2	Nitrógeno
CH4	Hidrocarburo Gaseoso
H2	Hidrogeno
H2S	Sulfuro De Hidreogeno
MJ/kg	Mega julios de energía necesaria para hacer un kilogramo de producto
RPM	Revoluciones Por Minuto
KW	Kilo Vatio
RTD	Resistancie Temperature Detector

Resumen

La biomasa ha sido presentada como una alternativa promisoria de energía, no solo por su potencial mundial, sino porque es una fuente de CO2 neutral, su termo conversión genera bajas emisiones de SO2 y NOX y es la única fuente de energía renovable capaz de sustituir a los combustibles fósiles en los diferentes mercados de energía. En el mundo el potencial de energía a partir de la biomasa se estima en 70 Gtep/año y en la actualidad ella proporciona entre el 7-14 % de la energía consumida, con posibilidades de incremento entre un 6-9 % en los próximos 20 años

De los procesos de conversión térmica de la biomasa la gasificación presenta grandes perspectivas, ya que ofrece entre otras ventajas, una mayor eficiencia de conversión en comparación con la pirolisis y la combustión. En la práctica la gasificación puede convertir de un 60 % a un 90 % de la energía de la biomasa en energía del gas.

La gasificación de la biomasa es la conversión térmica de la misma en un gas, el cuál puede utilizarse para la producción de electricidad con el empleo de motores de combustión interna con un determinado nivel de eficiencia, que depende de las características de la biomasa y los motores utilizados.

El presente trabajo presenta una propuesta de reparación en cuanto al funcionamiento en el sistema de automatización de un gasificador propiedad del Jardín Botánico de Bogotá, por tal razón se plantea como objetivo general presentar una propuesta para solucionar el daño que se está presentando además de medir las variable principales que intervienen en el proceso de gasificación para su posterior sistematización para lograr la corrección del daño y de esa manera a poder lograr un adecuado funcionamiento del gasificador

la gasificación permite obtener altos rendimientos eléctricos a partir de biomasa, debido a que la gasificación de biomasa es un conjunto de reacciones térmicas que se produce en un ambiente pobre en oxígeno, y que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina o en un motor, tras ser debidamente acondicionados.

Palabras claves: Gasificación,Biomasa,Energia, combustión interna

1. Introducción

Actualmente en el Jardín Botánico de Bogotá se encuentra el gasificador power pallet PP20 que suministra energía a la planta interna del jardín el proceso mediante el cual se genera la electricidad que se necesita es un proceso termoquímico que convierte la biomasa sólida en un gas combustible bajo condiciones de alta temperatura y en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua, etc). Dependiendo del tipo de agente gasificante se obtienen diferentes calidades de gases. Si es aire se logra gas pobre y si es oxígeno se obtiene gas rico, con mayor poder calorífico.

El proceso descrito anteriormente se conoce como gasificación que es una tecnología amigable con el medio ambiente debido a que reduce la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y elimina los residuos, evitando emisiones de metano y la contaminación de las napas. Además, Los proyectos de gasificación de biomasa, al igual que otros destinados a la producción de energías renovables, pueden acceder a la certificación de bonos de carbono.

Cabe mencionar que La gasificación es una forma limpia de conversión de residuos en energía eléctrica o térmica, con una eficiencia energética que puede alcanzar rendimientos del 20 al 30%, dependiendo de la planta, la calidad de la biomasa y del agente gasificante

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el jardín botánico se cuenta con Dos sistemas de Gasificación de 20 kW eléctricos nominales Power Pallet PP20 los cuales presentan fallas eléctricas, electrónicas y mecánicas que comprometen el funcionamiento normal del equipo según el concepto técnico del jardín botánico los alquitranes son considerados como una barrera para la tecnología de gasificación, ya que son causantes de daños en las partes móviles de los sistemas, esto sumado a los altos costos de limpieza del gas de síntesis para eliminarlos.

2. Justificación

Los factores que hacen necesario la realización del proyecto son profundización en el campo de energías renovables específicamente en el campo del aprovechamiento de la biomasa par ser utilizado como combustible en la generación de energía eléctrica.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar y proponer la implementación de un sistema de detección de alquitranes en los gases de escape en las diferentes fases del proceso de gasificación en el sistema de gasificacion Power Pallet PP20 junto con un sistema de limpieza de gases accesible, que se encuentra en las instalaciones del Jardín Botánico de Bogotá .

3.2. Objetivos específicos

Realizar un chequeo técnico al sistema de gasificación verificando el funcionamiento de los componentes principales

Analizar las propiedades químicas del alquitrán presente en los gasificadores mediante espectroscopia infrarroja

Diseñar y proponer la instalación de un sistema de alarma que transmita al usuario la presencia de alquitrán

Proponer un sistema de purificación de los gases generados en el proceso de gasificación

Realizar una interpretación analítica de las mediciones realizadas

3.3. Antecedentes

En el artículo “Proceso de gasificación de biomasa: una revisión de estudios teórico – experimentales” se muestra como una de las alternativas para investigar el proceso de gasificación de biomasa es la caracterización del proceso a partir de datos experimentales obtenidos en plantas piloto, industriales o sistemas a escala de laboratorio. estudian el efecto en el poder calorífico y la tasa de producción de gas pobre al variar la relación combustible- aire en una planta de generación de energía eléctrica utilizando un gasificador de lecho fijo en equicorriente alimentado con residuos de madera acoplado aun conjunto motor- generador demostrando que la humedad de la biomasa, el flujo de aire, el tamaño de la partícula, la posición de la entrada de aire en el gasificador y el volumen dela zona de reducción influyen en la calidad del gas pobre obtenido, obteniendo rendimientos energéticos del proceso del 80% con una eficiencia global del sistema produciendo energía eléctrica que varía entre 10 y 11%.

Además relacionan diversos modelos como el de Alta finí et al. En el cual simula el proceso de gasificación de biomasa en un gasificador de lecho fijo en equicorriente asumiendo que el gas obtenido no contiene alquitranes. Consideran pérdidas de calor del 1% y se estudia cómo influye la humedad de la biomasa (oscilando entre 0 y 30%), así como en la relación combustible – aire, en la composición y el poder calorífico del gas pobre obtenido. A medida que aumenta la cantidad de humedad en la biomasa se incrementa la relación aire/combustible para lograr mantener constante la temperatura de reacción en torno a los 800 ºC lo que incrementa el contenido de N2 y CO2 en el gas pobre reduciendo a su vez el contenido de CO (lo que disminuye el poder calorífico del gas pobre) .

Se menciona también como para simular el comportamiento de una planta de gasificación en lecho fluido circulante utilizando carbón, Li et al. desarrollaron un modelo basado en equilibrio químico. El modelo plantea balances de materia y energía introduciendo un factor empírico que permite corregir la cinética relacionando los porcentajes de conversión del carbón reales y teóricos. El poder calorífico del gas pobre obtenido disminuye a medida que se incrementa la cantidad de aire como consecuencia del incremento en el porcentaje de conversión del carbón con el consiguiente aumento de CO2 y disminución de la concentración de CO, CH4 y H2 .

En el articulo “Biomasa-gasificación” mencionan los diferentes elementos principales presentes en el proceso entre los cuales están:

Etapas y reacciones de la gasificación:

- Una primera etapa de calentamiento hasta 100 oC, que provoca el secado de la biomasa por evaporación del agua contenida en la misma, y que absorbe el calor sensible para elevar la temperatura, además del necesario para la evaporación del agua

- La segunda etapa, que también absorbe calor, es la de pirólisis (ruptura por calor), en la que se rompen las moléculas grandes dando lugar a otras de cadena más corta que, a la temperatura del reactor, están en fase gaseosa.

* En los reactores "updraft" la tercera etapa es la reducción, por combinación del vapor de agua producido en la primera etapa, con el dióxido de carbono que viene arrastrado por la corriente del gasificante, desde la cuarta etapa (oxidación)

• La última etapa es la oxidación de la fracción más pesada (carbonosa) de la biomasa al entrar en contacto con el agente gasificante (aire, oxígeno, o vapor de agua).

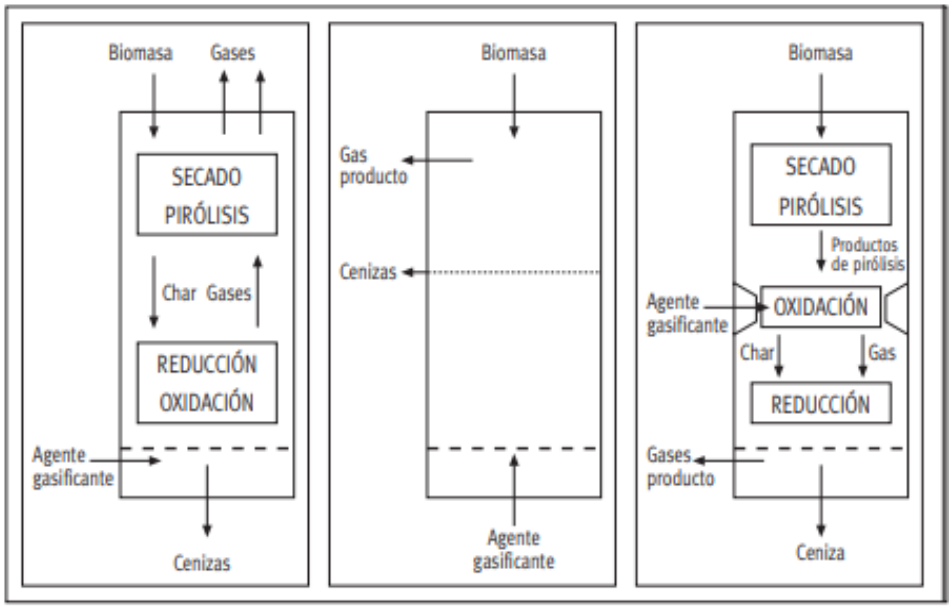


Fig1. Etapas De funcionamiento

Agentes gasificantes:

según el agente gasificante que se emplee se producen efectos distintos en la gasificación, y el syngas — producto final— varía en su composición y poder calorífico. Si se gasifica con aire, parte de la biomasa procesada se quema con el oxígeno presente y el resto de la biomasa sufre la reducción. No obstante, el 50% del syngas es nitrógeno y, en términos de poder calorífico, el gas ronda los 5,5 MJ/Nm3 . Este syngas es apropiado para motores de combustión interna convencionales, ya que como materia prima para la síntesis del metanol es un gas pobre. La gasificación con vapor de agua u oxígeno, mejoran el rendimiento global y aumenta la proporción de hidrógeno en el syngas.

Es el sistema más adecuado de producir syngas si se desea emplearlo como materia prima para producir metanol o gasolina sintética. Si bien el aire es gratuito y el vapor de agua se produce a partir del calor contenido en el gas de síntesis, el oxígeno tiene un coste energético y económico a tener en cuenta.

Biomasa: las tecnologías comerciales de gasificación permiten procesar prácticamente todo tipo de combustibles de origen biomásico, con una limitación de su densidad mínima de 200 a 250 kg/m3. Densidades menores crean problemas en el manejo de la biomasa en los conductos verticales. Asimismo, complican la gasificación en lecho fluidizado, pues la biomasa es arrastrada por el gas de síntesis, con la consecuente pérdida de eficiencia y disponibilidad.

Catalizadores: dependiendo de la tecnología que se emplea, y de las condiciones de gasificación (relación biomasa/gasificante, tiempo de residencia, etc.) se pueden usar Gasificación 11 Catalizadores para inducir ciertas reacciones y que se produzca prioritariamente algún componente.

Catalizadores de reformado de níquel o cobalto, gasificando a menos de 550 oC facilitan elcraqueo de las fracciones pesadas, es decir, la reducción de la formación de alquitranes.

Tecnología

Frente al aporte tecnológico nos mencionan la siguiente Lecho fluidizado de presión compensada (ENAMORA)

El proceso en la planta de gasificación de ENAMORA comienza en una nave abierta pero cubierta, donde se almacena la biomasa (generalmente cáscara de almendra, que es muy común en la comarca).Un tornillo sin fin envía la biomasa hacia una tolva de alimentación que, a través de una cinta transportadora, alimenta a un molino que reduce las partículas mayores y homogeneiza la granulometría de la biomasa al tamaño deseado en cada caso.

Del molino, el material ya homogéneo pasa a una tolva nodriza, desde donde se alimenta al sistema de carga del gasificador. Éste está formado por dos tolvas sucesivas, aisladas mediante válvulas de clapeta, que impiden la entrada de aire al reactor. La biomasa se introduce en el gasificador en su tercio inferior, de forma que se vierta sobre el lecho fluido. El lecho se crea insuflando aire caliente como agente gasificante, a través de una matriz situada en la base del reactor.

El syngas obtenido es enfriado en un intercambiador, a su salida del reactor. El calor desprendido en sección de refrigeración y limpieza de syngas. dicho proceso, y en la misma gasificación, es aprovechado para calentar el agente gasificante (aire principalmente). El syngas, una vez

refrigerado pasa a sistema de filtrado, que separa el agua, naftalenos y cenizas arrastradas. Para la limpieza de los gases no se precisa aportación externa de agua.

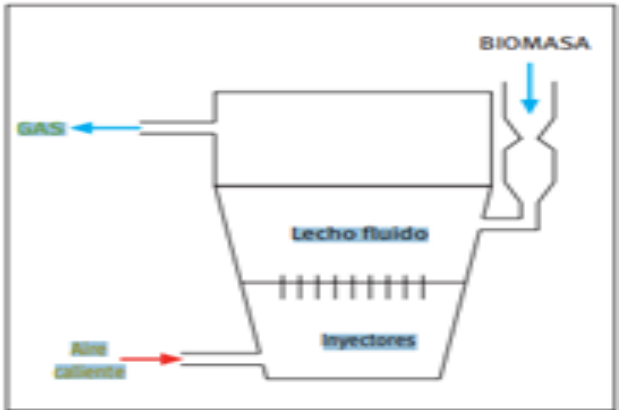


Fig.2 Gasificador Tecnología ENAMORA

A continuación, el gas es acondicionado para su posterior alimentación a un motor de combustión interna GUASCOR que, a su vez, genera energía eléctrica que es exportada a la red.

En el articulo "Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna. Eficiencia del proceso" se establece que las investigaciones realizadas para la evaluación del rendimiento térmico en los motores de combustión interna que funcionan con gas pobre para generar electricidad, muestran diferentes resultados, en dependencia de las características de los motores utilizados, en la siguiente tabla se presentan los indicadores.

Biomasa	Motor/ rpm	RC	Gas.(%)	MM	Pot (kW)	PI (APMS)	Ppo (%)	η_T (%)	η_G (%)
Madera [8]	Diesel/1500	11,5:1	100	SIG	12-16(1)	35	nd	28-32	21-24(2)
Madera [9]	Diesel/1500	17:1	100	SIG	2,3(3)	10	20	19,05(4)	nd
Madera[10]	Diesel/ nd	nd	100	SIG	15-20(1)	nd	20	28(4)	25(2)
Cáscara de arroz [11]	Otto /1800	12:1	100	MGN	40,7(4)	30	37,38	nd	nd
Cáscara de coco [12]	Diesel/1500	18,5:1	81	No	11,44(3)	nd	21	14,7(5)	11,69(2)
Madera[13]	Diesel/1500	17:1	100	SIG	17,5(1)	6	16,7(6)	nd	16,6(7)
Madera[14]	Diesel/1500	17,5:1	65	No	4(3)	27	20	27	nd
			60	SIG				24	nd
Madera[15]	Diesel/1800	12,5:1	100	SIG	5,3(1)	15	47	nd	nd
Madera[16]	Gas/ 1500	12:1	100	No	75	28	14	20,7	-
Madera[17]	Gas/ 1200 3400	10:1	100	No	3,55-3,68	-	6-9	23,2-26,2	-
Madera[18]	Diesel/1500	17,5:1	35-70	SIG	4,2	19-27	20	22,25-24,25	-
RPF [19]	Gas/ 1800	-	100	No	20	-	34	22	-
Madera[20]	Gas/ 1500	11:1	100	No		25-35	-	34	-
Madera[21]	Diesel/1500	17,5:1	100	SIG	2.5	12-15	38,12	18-22	-
Madera[22]	Gasolina/ 1800	9,7:1	100	No	9,60-13,10	-	54-67	20,3-29,5	16-25
Madera[23]	Diesel/1500	17,5:1	10-72	SIG	5,2	23	-		16-18
RIAO [24]	Gas/ 1500	12:1	100	No	70	-	30	19,5	-

Tab. 1 Indicadores De eficiencia Motores Combustión Interna

3.4. Marco teórico

Alquitranes: Son compuestos orgánicos condensables de carácter aromático que pueden ser compuestos aromáticos heterocíclicos, hidrocarburos aromáticos ligeros como benceno y tolueno, hidrocarburos poliaromáticos ligeros (PAH de dos a tres anillos) o hidrocarburos poliaromáticos pesados (PAH pesados de más de tres anillos). La formación de estos compuestos depende de la temperatura alcanzada. Los alquitranes, pueden crear problemas de escorificación, polimerización de alquitranes, contaminación de la corriente de purificación o combustión de aerosoles, reduciendo la eficiencia global del proceso de gasificación .

Estos problemas pueden requerir de reparaciones o paradas no programadas, las cuales incurriría en un coste asociado. Además, la presencia de alquitrán limita o impide el uso del gas en motores de combustión interna o turbinas de gas para la generación de energía eléctrica.

La cantidad y composición de los alquitranes dependen de la biomasa empleada, de las condiciones de operación del reactor y de las reacciones secundarias que suceden en el gasificador. Según la temperatura de reacción los alquitranes se clasifican en tres categorías primarias, secundarias y terciarias

Fig. 3 Alquitran

OFFSET

El offset en un sensor se define como un corregimiento en el eje y de la curva de salida, el cual se caracteriza por ser siempre igual en ciertas condiciones de operación. De manera alternativa el offsetconstituye la salida que presenta un sensor cuando este debería ser cero

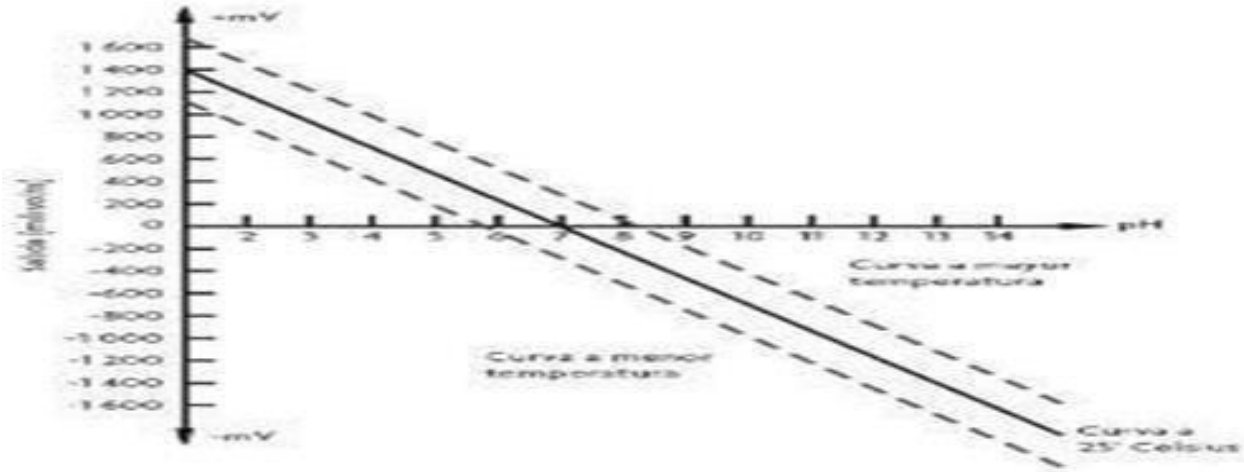


Fig 4 Efecto Offset

Resolución

La resolución de un sensor se define como el cambio mas pequeño en la variable física que le es posible registrar.

Error estático

Cuando una variable física es censada o cuantificada siempre existe la posibilidad de cometer un error en la medición. En general, los errores estáticos en los sensores se deben a problemas en las lecturas

Amplificación

Es el proceso de aumentar la magnitud de una señal por ejemplo, llevar una señal de 5 – 10 mv a una señal de 0 – 5 v donde A se denomina factor de amplificación.

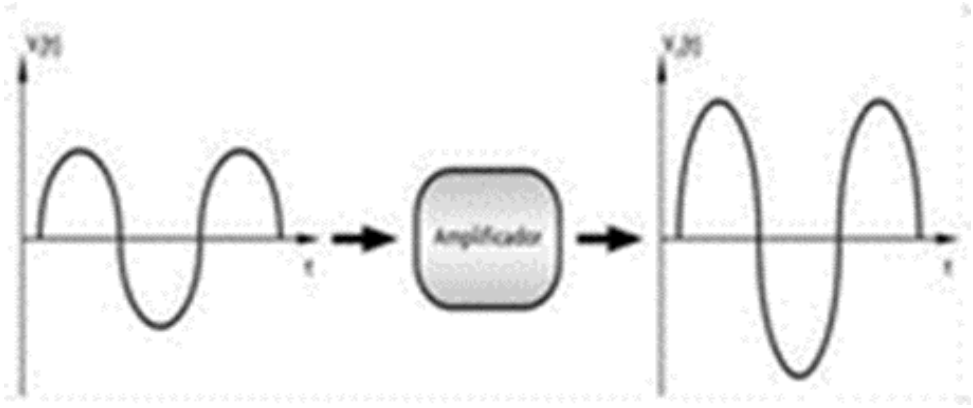


Fig. 5 Amplificación Señal

Amplificador Operacional.

Según lo que se menciona en el artículo “instrumentación electrónica de comunicaciones” el amplificador operacional es un amplificador diferencial de ganancia muy alta que se utiliza como bloque constructivo para el diseño de una amplia gama de circuitos electrónicos. Se representa mediante un triángulo y las características que lo definen son:

- Ganancia diferencial infinita (1).

- Ganancia en modo común nula (1).

$$vo = \lim_{A_d \to \infty} (v_+ - v_-) \tag{1}$$

- Impedancia de entrada infinita (2).

$$i_+ = i_- = 0 \tag{2}$$

- Impedancia de salida nula:

V_o Independiente de I_o

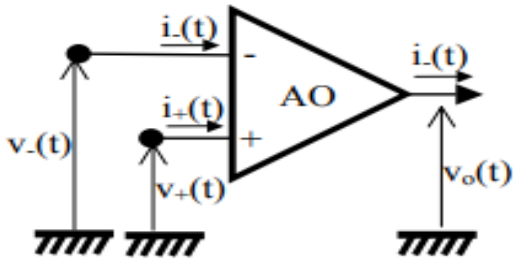
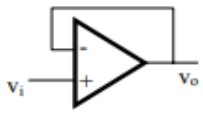
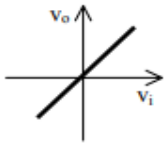
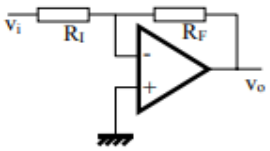
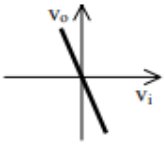
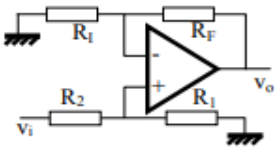
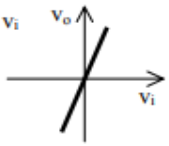
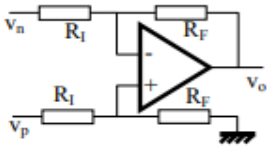


Fig 6.Amplificador Operacional

Características De Operación

Como se muestra en la tabla 2 se relacionan los bloques funcionales del amplificador no operacional

Amplificador seguidor 	$v_o=v_i$ $Z_i=\infty$ $Z_o=0$	
Amplificador inversor 	$v_o=(-R_F/R_I)\ v_i$ $Z_i=R_I$ $Z_o=0$	
Amplificador no inversor 	$v_o=(1+R_F/R_I)(R_1/(R_1+R_2)\ v_i$ $Z_{id}=2R_I$ $Z_o=0$	
Amplificador diferencial 	$v_o=(R_F/R_I)(v_p-v_n)$ $Z_{id}=2R_I$ $Z_o=0$	

Tab 2. Bloques funcionales

Filtrado

Es el proceso mediante el cual se desprecian componentes no deseadas de una señal. Existen diferentes configuraciones de filtros , de acuerdo con las componentes que desean conservar o eliminar de la señal

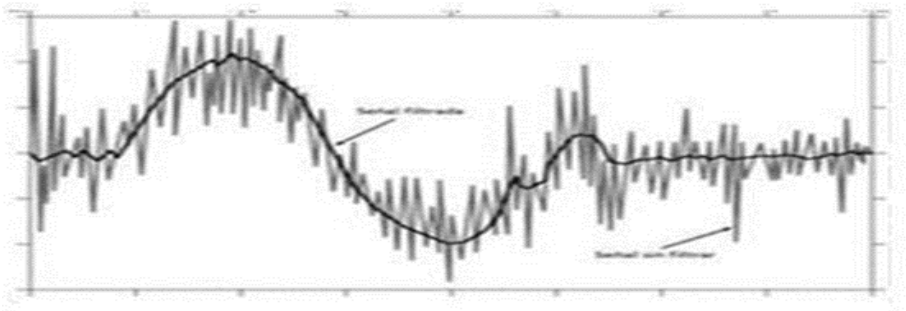


Fig. 7. Filtrado Señal

Conversión

Un caso común de aplicación de una conversión es aquel en que una señal continua o analógica, en términos de electrónica, se requiere en forma discreta o digital, para su posterior procesamiento por un dispositivo como un micro controlador

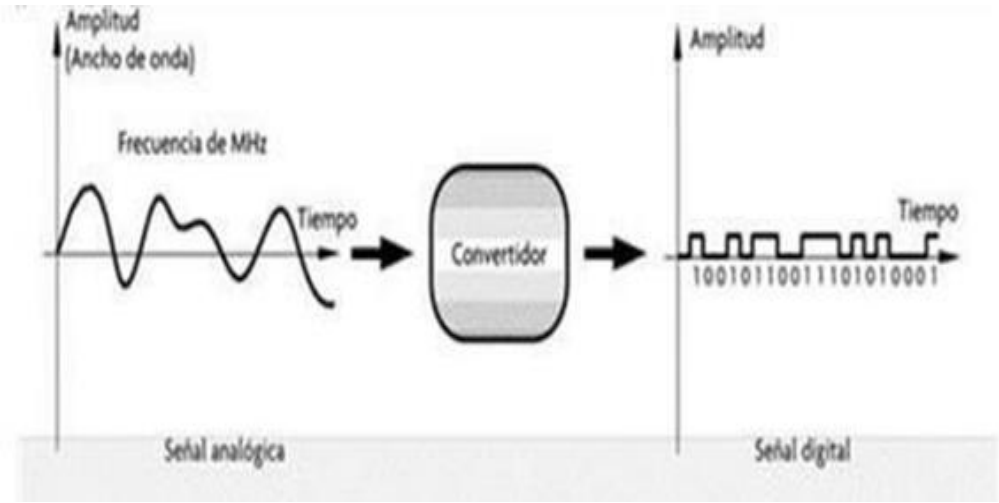


Fig. 8 Conversión Señal

SENSORES DE TEMPERATURA

Un termopar es un dispositivo para la medición de la temperatura, basado en efectos termoeléctricos. Es un circuito formado por dos conductores de metales diferentes o aleaciones de metales diferentes, unidos en sus extremos y entre cuyas uniones existe una diferencia de temperatura, que origina una fuerza electromotriz. El principio de funcionamiento de los sensores termoeléctricos se basa en los descubrimientos de Thomas Johann Seebeck (1822), Jean C.A. Peltier (1834) y William Thompson(1847), denominados efecto Seebeck, efecto Peltier y efecto Thompson.

El efecto Seebeck consiste en la aparición de una diferencia de potencial entre dos puntos distintos de un conductor eléctrico que se encuentran de manera simultánea a diferentes temperaturas. En un termopar, el efecto Seebeck se manifiesta por la aparición de una corriente eléctrica que sólo dependede la diferencia de temperaturas entre las uniones.

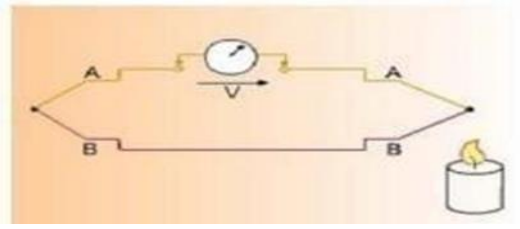


Fig 9 Efecto Seebeck

El efecto Peltier, se fundamenta en el calentamiento o enfriamiento de una unión entre dos metales A y B distintos al pasar corriente por ella. Este efecto, sólo depende del tipo de metal y de la temperatura T1 yT2 de las uniones.

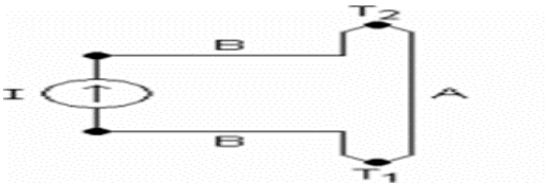


Fig. 10 Efecto Peltier

El efecto Thompson, se caracteriza por la absorción o liberación de calor por parte de un conductorsometido a un gradiente de temperatura, por el que circula una corriente. Se libera calor cuando la corriente circula del punto más caliente hacia el más frío.

En la figura 10 se muestra un termopar constituido por un conductor de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y níquel). Cuando las uniones están a temperaturas T1 y T2 se produce una tensión V1, la cual corresponde a la suma de las caídas de potencial en cada una de las junturas. Por lo tanto, el termopar es básicamente un dispositivo de medida diferencial, se necesita una temperatura de referencia conocida para una de las uniones (normalmente es la del punto de agua/hielo de 0°C), así la temperaturade la otra unión será deducida del voltaje de salida

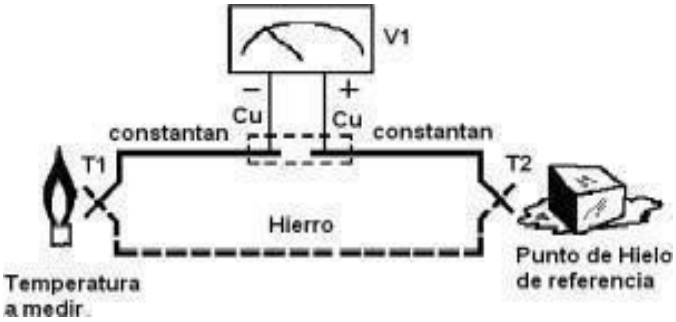


Fig. 11 termopar con referencia a 0º

SENSORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS

Este grupo lo constituyen las RTD y los termistores. Las RTD son sensores basados en elementos conductores mientras que los termistores se fundamentan en semiconductores. Los dispositivos RTD más comunes están construidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, aunque también se utilizan otros materiales cuyas características se recogen en la Tabla 1. Típicamente tienen una resistencia entre 20. y 20k. La ventaja más importante esque son lineales dentro del rango de temperatura entre –200ºC y850ºC.

Material	Rango Temp. (ºC)	Variación (% / ºC) a 25ºC
Platino	-200 a 850	0.39
Níquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a 260	0.38
Níquel-acero	-200 a 260	0.46

Tab.2 Características Materiales RTD

Los termistores son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia que puede ser positivo o negativo, si su coeficiente es negativo se denominan NTC

(Negative Temperature Coefficient), mientras que si es positivo se denomina PTC (Positive Temperature Coefficient). El fundamento de los termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debida a la variación con ésta del número de portadores. Al aumentar la temperatura, lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia, yde ahí que presente coeficiente de temperatura negativo.

SENSORES DE GASES

Estos sensores se conectan de forma eléctrica a un controlador situado a cierta distancia en una zona segura y libre de gas con una pantalla e indicadores de alarma, y se suele denominar sistema fijo. La complejidad de cualquier sistema de detección de gas depende del uso que se le quiera dar a los datos.La grabación de datos permite que la información se use para identificar y ayudar en la puesta en marcha de medidas de seguridad.

Las unidades de control incluyen un medidor en panel frontal o LCD para indicar la concentración de gas en cada sensor, y normalmente también tendrán relés internos para controlar funciones como la alarma, los fallos y el cierre.

Ubicación de sensores

Hay consideraciones sencillas que ayudan a determinar la ubicación del detector:

- Para detectar gases más ligeros que el aire (Por ejemplo , metano y amoniaco), los detectores deben montarse en un nivel superior y usar preferiblemente un embudo colector

- Para detectar gases mas pesados que el aire (Por ejemplo, Butano y Dioxido de azufre) los detectores deben montarse en un nivel inferior.

Modelos de detectores

Sensor Catalítico

Consiste en un pequeño elemento sensor llamado a veces “perla”, “pellistor” o “sigestor”.Constan de una bobina de alambre de platino calentada eléctricamente, cubierta por una base de cerámica, por ejemplo de aluminia, y finalmente con una capa exterior de catalizador de paladio o rodio dispersa en un sustrato de torio.

Este tipo de sensores funcionan basándose en el principio de que cuando una mezcla de gas o aire combustible pasa sobre la superficie del catalizador caliente, se produce la combustión, el calor desprendido incrementa la temperatura de la “perla”. Esto a su vez altera la resistencia de la

bobina de platino y se puede medir usando la bobina como un termómetro de temperatura en un circuito de puente eléctrico.

Conductividad Térmica

Esta técnica es adecuada para la medición de altas concentraciones de mezcla de gases. Se usa principalmente para la detección de gases con una conductividad térmica mucho mayor que el aire, por ejemplo el metano y el hidrogeno.

El elemento sensor caliente se expone a la muestra y ele elemento de referencia se pone en un compartimiento cerrado. Si la conductividad térmica del gas es mayor que el de referencia, la temperatura del elemento sensor disminuye. Si la conductividad térmica del gas es menor que el de referencia la temperatura del elemento sensor incrementa. Estos cambios de temperatura son proporcionales a la concentración de gas presente en el elemento de muestra.

Detector Infrarrojo

Muchos gases combustibles tienen franjas de absorción en la zona infrarroja del espectro electromagnético de la luz. Sin embargo desde los años 80 los avances electrónicos y ópticos han hecho posible diseñar equipos con suficiente bajo consumo de energía y pequeño tamaño para que esta técnica se pueda usar también en los productos de detección de gases industriales.

Esta técnica funciona bajo el principio de absorción de infrarrojos de doble longitud de onda, según el cual la luz atraviesa la mezcla en dos longitudes de onda, una de las cuales se ajusta al pico de absorción del gas que se pretende detectar, mientras que la otra no. Las dos fuentes de luz se pulsan alternativamente y se guían a lo largo de un camino óptico común para que salgan a través de una “ventana” y a continuación a través del gas se muestra.

Posteriormente, un retro reflector refleja otra vez los haces, regresando una vez más a través del gas para volver a la unidad. Aquí un detector compara las fuerzas de las señales de los haces de referencia y muestra y, por medio de una resta se proporciona una medida de concentración del gas.

Detector Infrarrojo De camino Abierto

Los antiguos diseños usaban haces de doble longitud de onda, la primera coincidiendo con el pico de la franja de absorción del gas en cuestión y un segundo haz de referencia que se encuentra cerca en una zona sin absorber. El instrumento compara continuamente las dos señales que se transmiten a través de la atmosfera, mediante un transmisor separado y un receptor.

El diseño de 3ra generación más reciente usa un filtro de paso de doble franja que tiene dos longitudes de onda de referencia (uno a cada lado del gas) que compensa totalmente la interferencia de cualquier tipo de niebla o lluvia.

Los detectores de camino abierto miden realmente el número total de moléculas (es decir la cantidad de gas) que hay en el haz.

Detector Electroquímico

Se pueden utilizar sensores electroquímicos específicos de gas para detectar la mayoría de gases tóxicos comunes, incluidos CO, H2S, CL2, SO2 etc. En una amplia variedad de aplicaciones de seguridad.

Cuentan con electrodos activos que reaccionan con el gas y electrodos de referencia, en un medio conductivo. El electrodo activo reacciona con el gas y altera su potencial en relación con el electrodo de referencia. La reacción genera una diferencia de potencial; pasando corriente entre los electrodos, siendo la corriente medida proporcional a la concentración de gas especificado.

3.5. Marco Legal

LEY 1715 DE 2014

LEY 1753 DE 2015

LEY 2099 DE 2021

4. Metodología

Reconocimiento de la planta de gasificación: Inicialmente se procedió a realizar una visita al jardín botánico con el objetivo de conocer el sistema de gasificación además de los elementos que lo conforman.

Fig 11. Gasificador_1

Fig 12 Gasificador_2

Los elementos principales que conforman el sistema están relacionados en la tabla 4

Sistema Gasificación	Funcionamiento
Sistema de control sistematizado	Detecta y controla gas/aire mezcla, rejilla del hogar y sistema de manejo de cenizas, combustible encendido de alimentación y bengala
Motor	El PP20 es impulsado por cuatro robustos cilindros GM Vortec 3.0L motor industrial
Cabeza de generación	20kW Mecc Alternativo generador industrial con regulación automática de voltaje (AVR). El generador de 12 hilos es fácilmente reconfigurable en el sitio para 120V a 480V CA. 50 Hz o 60 Hz en modo simple, dividido o 3 fases.
Tolva	Remolino premezclado quemador asegura limpio puesta en marcha.
Pyro - Reactor	Pirolisis impulsada por calor residual y sistema de precalentamiento de aire para una combustión eficiente y agrietamiento de alquitrán.
Filtro de gas	lecho empacado filtro con espuma lavable elementos.
Gasificador GEK	Compacto tiro descendente de varias etapas gasificador para gas eficiente producción.
Base Deslizante	Todos los componentes van montados en un Patín listo para montacargas.
Eliminación automática de cenizas	Rejilla controlada por PCU sinfín de agitación, desplazamiento y cenizas con 24 h. vasija de cenizas.

Tab 4. Elementos_Sistema_Gasificacion

TOMA DE MUESTRAS ALQUITRÁN

En un frasco de vidrio se recogió una muestra del alquitrán presente en el gasificador por lo cual fue necesario hacer el siguiente proceso:

1. Desarmar parte del gasificador y con ayuda de un bisturí raspar el tubo

Fig.13 Desarmado y Raspado

2. Recoger en un frasco de vidrio

Fig.14 Recogida Muestra

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Mediante espectroscopia infrarroja se realizó el siguiente proceso de análisis con la muestra recogida

1. Se utilizó un espectrómetro para analizar la muestra

Fig 15. Espectrómetro Infrarrojo

2. Se aplicó gel de sílice al instrumento de medición el cual es un agente desecante que remueve la humedad en espacios cerrados.

Fig 16. Gel De sílice

3.La muestra tomada fue recubierta con el gel para poder realizar un mejor análisis en un recipiente adecuado para tal fin

Fig 17. Muestra Recubierta

REALIZACIÓN SISTEMA DE ALARMA

Utilizando el software de programación arduino se diseñó un sistema que al detectar el color negro presente en la muestra de alquitrán recogida genera un sonido de alerta.

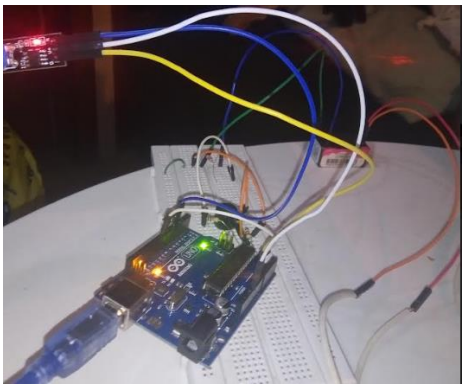


Fig 18. Montaje Sistema Alerta

Después mediante programación en el software de arduino siguiendo la practica establecida en el libro “ Taller De Arduino ” [7] se logró poner en funcionamiento el sistema para poder alertar al usuario mediante el sonido de un buzzer.

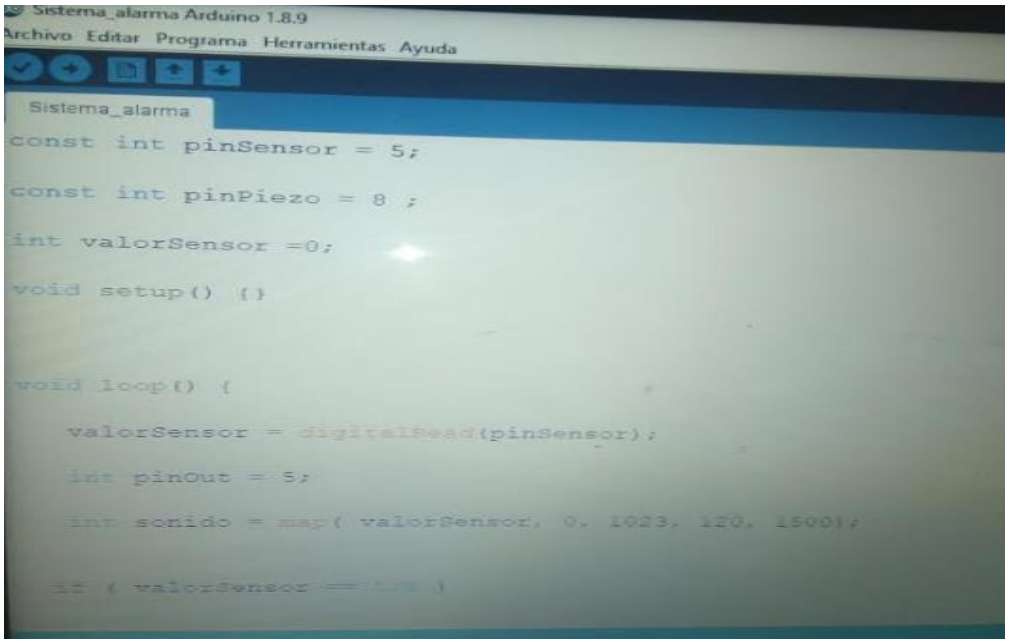


Fig 19. Programación Arduino_1

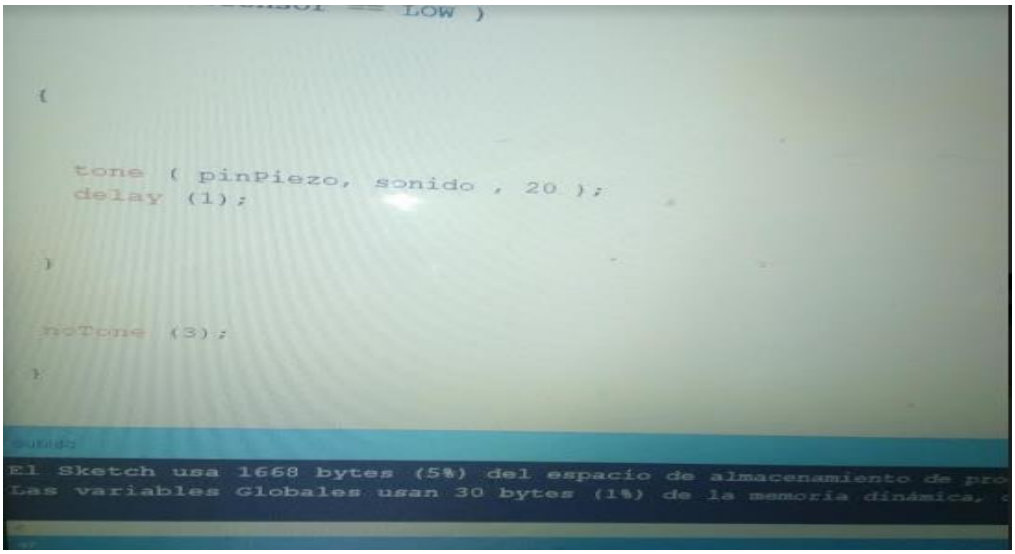


Fig 20. Programación Arduino_2

Los elementos principales que conforman el sistema de alarma se presentan en la tabla 5.

Componente	Cantidad
Tarjeta Arduino	1
Fuente convertidora de A.C a D.C	1
Transistor Mosfet 2N3904	1
Sensor de línea	1
Buzzer	1
Resistencias	2

Tab 5. Componentes

Después mediante el uso del software PROTEUS se procedió a realizar el diseño de la placa PCB realizando la simulación y posterior diseño de la placa

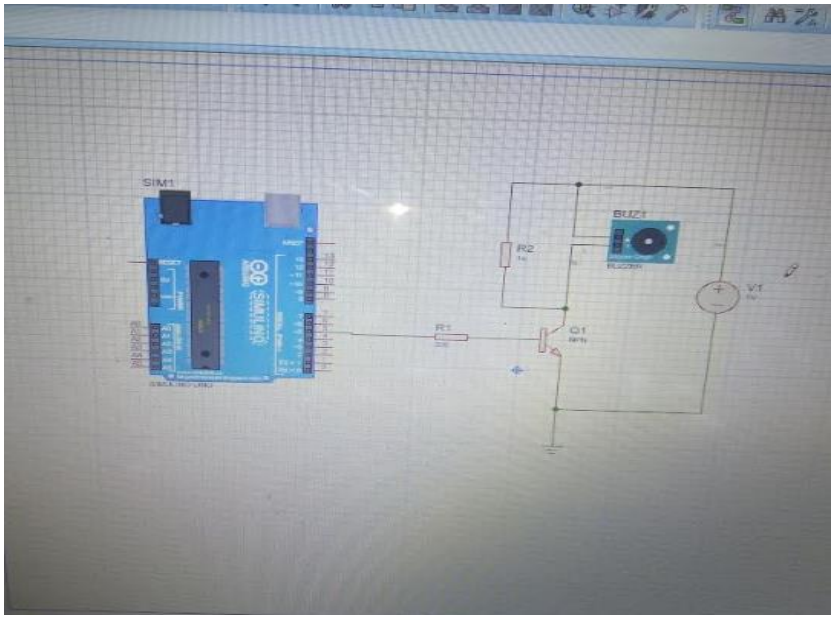


Fig.21 Simulación Proteus

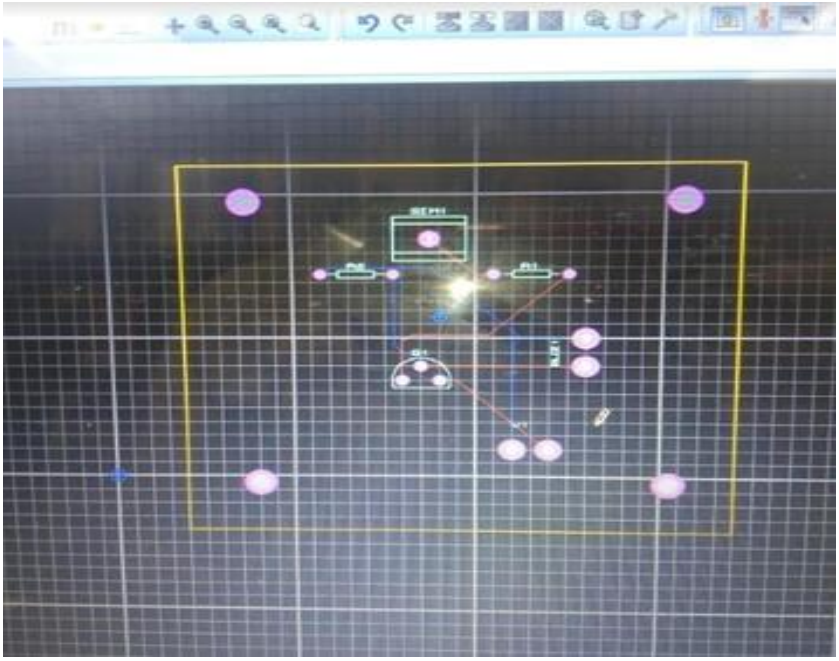


Fig 22. Diseño Placa PCB

En la implementación del sistema de alerta se utilizó la Fuente A.C D.C la cual realiza una conversión del voltaje de la red pública que en Colombia es de 110 V a 60 HZ a un voltaje D.C de 12 V debido a que el circuito nos exige una alimentación de 9V se implementó un divisor de voltaje utilizando la fórmula de divisor de voltaje (3).

$$V_0 = V_x \frac{R2}{R1+R2}$$

Divisor De Voltaje (3)

Sistema de limpieza de gases SCRUBBERS:

Para el caso en concreto se propone seguir el proceso establecido en el artículo "Implementación de un sistema de recuperación de subproductos para un horno piloto de coquización"[6]

Etapa de separación: condensación del alquitrán

En este paso, el gas de coque se somete a un enfriamiento con el cual se logra la condensación de las fracciones pesadas llamadas alquitranes, en un intercambiador de calor de doble tubo que utiliza agua como refrigerante. La temperatura del gas disminuye de 850°C a 80°C mientras que el agua de refrigeración se calienta de 20°C a 90°C y es llevada a una torre de enfriamiento de bandejas de acero perforadas donde se enfría por convección natural y se reincorpora al intercambiador mediante un circuito cerrado como se evidencia en la figura 23

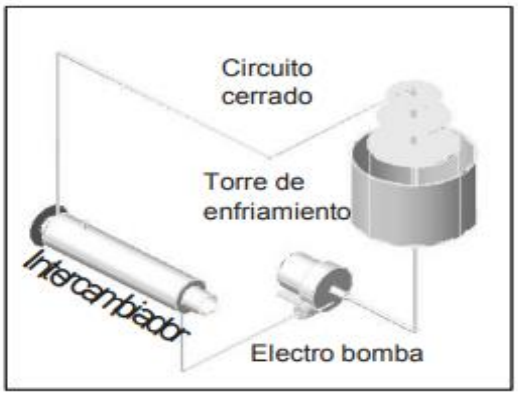


Fig. 23 Torre de Enfriamiento

El gas frío llega a un tanque de almacenamiento, el cual contiene en la parte superior un barrilete con un volumen establecido de agua, el cual permite la separación de las fracciones livianas. El gas atraviesa el agua produciéndose una turbulencia que ocasiona el desprendimiento de las fracciones pesadas, que se depositan en la parte inferior del tanque (Figura 3). El alquitrán de coquización es un líquido de color negro, viscoso que contiene hidrocarburos derivados del benceno, naftalina, antraceno, trazas de hidrocarburos alifáticos y brea (Díaz, 2002). De los aceites se extraen principalmente los fenoles, cresoles, xiloles, naftaleno y antraceno. Los Benzoles son también productos condensables de la carbonización, de ellos se extrae el benceno, el tolueno y varios hidrocarburos de gran aplicación industrial.

En este paso en mi opinión se puede una vez se ha almacenado gran cantidad de alquitrán en el intercambiador de calor se podría retirar este elemento para hacer una separación del

alquitrán una vez se ha retirado hacer una limpieza con bicarbonato de sodio para absorber luego de esto pasar una aspiradora y finalmente aplicar alcohol una vez este elemento este limpio volver a instalarlo al sistema de enfriamiento.

CHEQUEO TÉCNICO

PCU GASIFICADOR NO.1:

El PCU Process Control Unit (Unidad de control de proceso) es el cerebro que controla toda la operación del gasificador. Está conformado por un microprocesador Atmel ATmega 1280, que controla 8 salidas tipo FET (Transistor de efecto de campo) controladas por relé.
Estas salidas son:

1. Feedstock Auger : Alimentador.
2. Grate Shaker : Agitador de rejilla o zaranda.
3. Flare Igniter : Encendedor, control de flama.
4. Engine Ignition Coil : Bobina de ignición del motor.
5. Engine Starter Motor: Motor de arranque del gasificador.
6. Oxygen Sensor Power: Señal de voltaje para el sensor de oxígeno.
7. Warning Alarm: Alarma de advertencia por falla.
8. Auxiliary (not in use): Contacto auxiliar (Sin usar).

Fig 24. Tarjeta Control

El correcto funcionamiento del motor depende de que las señales que salen por estos relés sean las correctas.

Fig 25. Medición Relés

Se procedió a verificar uno por uno la salida de los relés, probando entre los terminales 85 y 86 el valor de resistencia de la bobina, obteniendo un valor de 91,6 Ohms el cual es correcto e indica que la bobina del relé ni está abierta (resistencia infinita) ni esta en corto (resistencia cero). Igualmente se probaron todos los contactos de los relés entre los terminales 30 y 87ª obteniendo una lectura de resistencia de cero, Contacto normalmente cerrado (NC) que es lo esperado.

Igualmente se probó el comportamiento del semiconductor asociado a cada una de las salidas. Este semiconductor se prueba con multímetro en la función diode. Se debe obtener un voltaje entre 280 - 500mV, voltaje inferior a este indicara que la salida se encuentra en corto circuito y si no se obtiene ningún valor (OL) indicara que la salida está en circuito abierto (ver referencia: fluke.com). Se probaron todas las salidas y el valor obtenido fue entre 416 y 423 mV lo cual es correcto y confirma que todas ni están en corto circuito (posible razón para que los fusible de protección actúen y se fundan con mucha frecuencia) ni están en circuito abierto (No envían señal a los servomotores que controlan).

Fig.26 Medición Salidas

Concluido que las salidas están correctas, se procedió a revisar el circuito PWM (pulse width modulation).Este circuito es el encargado de controlar la velocidad de giro y el par motor en todos los servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada un cierto período. En este circuito se encontraron novedades tanto en la tarjeta del motor 1 como en la del motor 2.

Fig.27 Circuito PWM

Fig 28. Tarjeta Motor 1 y 2

En la tarjeta del motor 1 se encontró que los capacitores estaban inflados (señal típica de sobrevoltaje) y con su valor de capacitancia infinito, valor OL (Condensador en circuito abierto):

Fig 29. Medicion Capacitancia

Se probaron los transistores entre los terminales source y drain obteniendo 1470mV, lo cual es correcto e indica que el transistor ni esta en corto lectura cero, ni está abierto lectura infinita (0L).

Fig 30. Medicion Transistores

Dado que las tarjetas vienen con dos condensadores en paralelo que dan redundancia, procedimos a desmontar un condensador de la tarjeta del PCU del gasificador No.2 que estaban en perfecto estado para montarlo en el PCU del gasificador del motor No.1 y así intentar energizar las tarjetas.

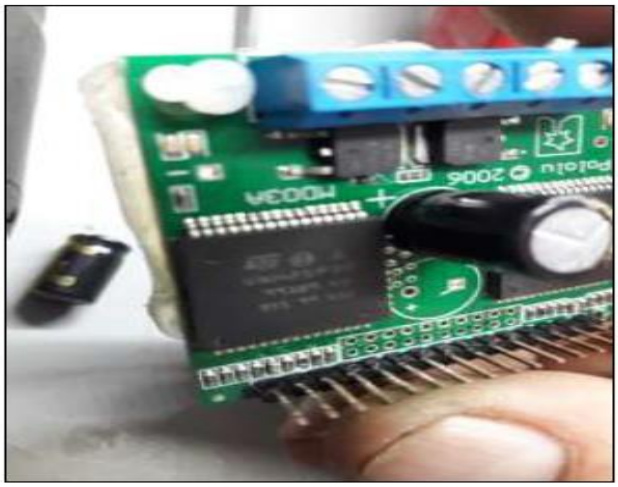


Fig 31. Retiro De Elemento

Como resultado de este cambio fue posible energizar las tarjetas:

Fig 32. Display Sistema Gasificacion

INTERPRETACIÓN MEDICIONES

Analizando los resultados de los exámenes de espectrometría infrarroja la literatura [8] nos indica que en el eje de las X´s se encuentra indicada la intensidad de la radiación infrarroja, en número de onda (cm-1) y en el eje de las Y´s se encuentra indicada la intensidad de radiación infrarroja absorbida.

En la región comprendida entre los 4000-2500 cm-1 .

Se observa que esta presente el enlace estiramiento N-H aparece entre la región de 3400 y 3300 cm-1

En la región comprendida entre los 2500-2000 cm-1 .

En esta región, también llamada de los dobles enlaces, principalmente aparece el enlace de Vibración C=C

En la región comprendida entre los 2000-1550 cm-1 .

Las bandas principales se deben al grupo carbonilo C=O (1830-1650 cm-1) y al doble enlace C=C, siendo la primera mucho más intensa que la segunda y una de las más fáciles de reconocer en el espectro.

Debido a que en la medición se muestra un pico en 1607.74 se podría asimilar que esta presente el enlace C=C.

Frente a las mediciones de los componentes principales del sistema de gasificación podemos establecer que

* Tarjeta PCU operativa, se debe instalar un condensador de 360 uFaradios 35V en la tarjeta PWM

* La tarjeta conserva el programa original de tal manera que no hay necesidad de reinstalar el software

* Las entradas tactiles operan correctamente despues de la reparacion que se hizo a la tarjeta PWM

* Las 8 salidas analogas de control del sistema operan correctamente sin cortos ni ciruitos abiertos los fusibles estan completos y sin falla

* Cableado en general esta en muy buen estado sin cortos a tierra o circuitos abierto

4. Conclusiones y Recomendaciones

Se observa que al implementar el sistema de alarma se pude implementar de manera independiente dos formas:

1. la primera con un buzzer el cual es un sistema confiable para personas oyentes

2.. la segunda forma con una LCD el cual es un sistema confiable para personas no oyentes

La muestra de alquitrán estudiada corresponde al alquitran de hulla El alquitrán es una sustancia líquida, viscosa, oscura y de olor fuerte, derivada del carbón mineral (CM).

Está formado por la mezcla de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), bases orgánicas nitrogenadas y fenoles, contiene elevadas proporciones de tolueno, xileno y naftaleno, que pueden separarse por destilación fraccionada.

Del proceso de destilación del Alquitrán de hulla se producen la creosota y el residuo de alquitrán de hulla. El alquitrán de hulla y el residuo de alquitrán de hulla son generalmente líquidos espesos de color negro o pardo oscuro, o son semi-sólidos con olor a humo. Los productos volátiles del residuo de alquitrán de hulla son compuestos emitidos por el mismo cuando se calienta.

La tarjeta PCU correspondiente al gasificador No.1 está operando correctamente tanto sus salidas analogicas, como el procesador, el control PWM de los servos y los displays. El software de instalación no está corrupto y lo único que se debe instalar de nuevo son los dos capacitores de 35V 330 uFaradios del circuito PWM.

5. Referencias

[1] A.Leib "DETECTORES DE GAS" http://dsi.anep.edu.uy/images/bomberos/Detectores%20de%20Gas[1].pdf

[2] J.Drake "INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES" Universidad de Cantabria, Santander, España

[2] J.Perez, D.Borge "Proceso de gasificación de biomasa: una revisión de estudios teórico – experimentales" Universidad Antioquia, Medellín Colombia

[3] IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) " Biomasa – gasificación" Madrid, España

[4] L.Jaen, G.Faure "Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna. Eficiencia del proceso" Universidad De Oriente, Santiago de Cuba , Cuba

[5] N.Bravo, V.Belasco "MODELACIÓN DE LAS REACCIONES DE CONVERSIÓN DE ALQUITRANES GENERADOS EN LA GASIFICACIÓN DE CASCARILLA DE CAFÉ EN UN REACTOR SECUNDARIO DE LECHO FIJO Y CALENTAMIENTO INDIRECTO" Fundacion Universidad de America , Bogota , Colombia

[6] M.Triviño, W.Gutierrez "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE
SUBPRODUCTOS PARA UN HORNO PILOTO DE COQUIZACIÓN" Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín, Medellín, Colombia;

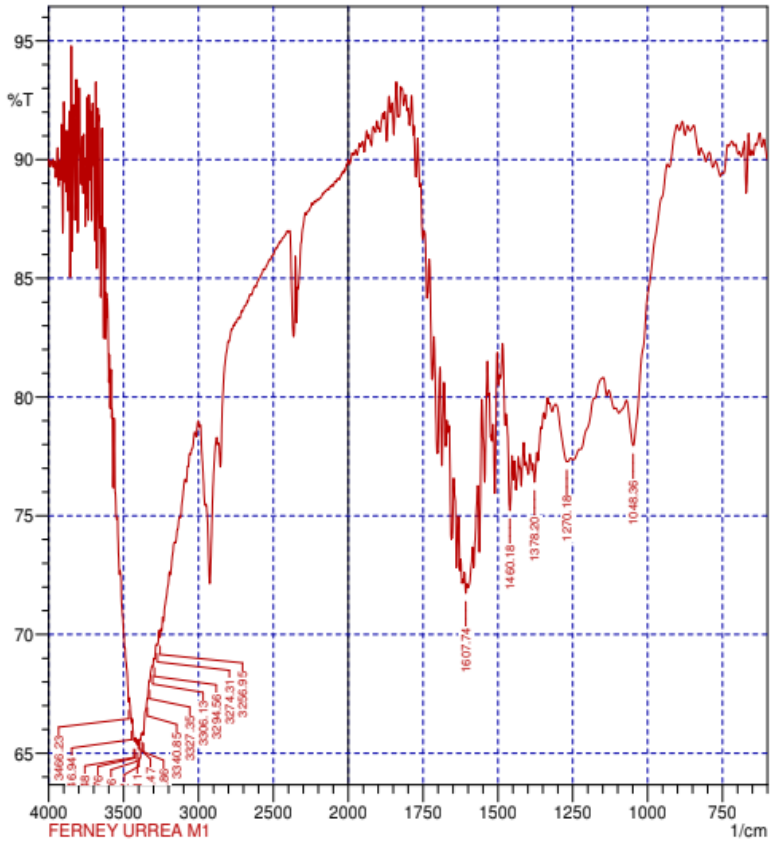
[7] Tojeiro , J (2014) *TALLER DE ARDUINO* Barcelona , España, Alfaomega Grupo Editor

[8] Serrano, J ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA 1-Fundamentos. Universidad pública en cartagena, españa

6. Anexos

Anexo 1 Resultado Espectro Infrarrojo

SHIMADZ



No.	Peak	Intensit	Corr. Int	Base (H	Base (L)	Area	Corr. Ar
1	1048.36	77.947	3.532	1070.54	934.55	10.63	0.815
2	1270.18	77.277	0.721	1307.79	1257.64	5.355	0.098
3	1378.2	76.416	0.955	1383.02	1369.52	1.536	0.037
4	1460.18	75.218	2.979	1472.71	1452.46	2.292	0.152
5	1607.74	71.736	0.619	1612.56	1603.88	1.233	0.014
6	3256.95	69.869	0.316	3261.77	3251.16	1.642	0.012
7	3274.31	69.551	0.247	3281.06	3262.73	2.869	0.018
8	3294.56	68.945	0.157	3297.45	3282.02	2.465	0.009
9	3306.13	68.622	0.157	3309.99	3298.42	1.883	0.007
10	3327.35	68.01	0.091	3329.28	3310.95	3.029	0.004
11	3340.85	67.277	0.073	3341.82	3330.24	1.965	0.005
12	3367.86	65.767	0.335	3372.68	3342.78	5.291	0.017
13	3378.47	65.816	0.03	3380.4	3373.64	1.225	0.001
14	3388.11	65.549	0.115	3391	3381.36	1.762	0.004
15	3398.72	65.159	0.419	3405.47	3391.97	2.495	0.02
16	3411.26	65.372	0.226	3418.97	3406.44	2.304	0.009
17	3424.76	65.503	0.108	3427.65	3419.94	1.414	0.003
18	3432.48	65.53	0.303	3442.12	3428.62	2.454	0.016
19	3446.94	66.285	0.345	3462.37	3443.08	3.395	0.024
20	3466.23	67.163	0.378	3483.59	3463.34	3.403	0.018

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
60 AÑOS
1948 - 2008

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
Facultad de Ciencias y Educacion
Laboratorio de Quimica
Coordinador: Adis Ayala Fajardo
Analista: Javier Andres Matulevich Pelaez