



Intituto Tecnologico de Tuxtla Gutiérrez

Reporte final de residencia profesional

Red de sensores inalámbricos aplicados a una planta de producción de Biodiesel.

Ingeniería Electrónica

Mario Alberto Aguilar Rodríguez, numero de control: 06270036

Eric Suarez Castellanos, numero de control: 06270073

Empresa donde se realizó la residencia

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Asesor

Dr. Héctor Ricardo Hernández de León

Revisor

Ing. Leonel Torres Miranda

Tuxtla Gutiérrez; Chiapas, Junio del 2010.



CONTENIDO

1.0 introducción	4
2.0 justificación.....	5
2.1 ventajas socioeconómicas.....	5
2.2 ventajas medioambientales	5
2.3 ventajas en el motor	7
2.4 emisiones	8
3.0 objetivos.....	9
3.1 objetivo general.....	9
3.2 objetivos específicos.....	9
4.0 alcances y limitaciones.....	10
5.0 Fundamento teórico.....	11
5.1 Biodiesel.....	12
5.2 proceso.....	12
5.3 productos necesarios.....	12
5.4 aceites y grasas	14
5.5 transesterificacion.....	14
5.6 Lavado	16
5.6.1 lavado con niebla	16
5.6.2 lavado con burbujas	16
5.6.3 lavado por agitación	18
5.7 ventajas y desventajas del biodiesel.....	20
5.8 sensores.....	22
5.8.1 pt100.....	22
5.8.2 PH.....	28
5.9 Protocolo inalámbrico zigbee.....	30
5.9.1 Módulos inalámbricos xbee y xbee pro (max stream).....	36
5.9.2 Modo de operación API.....	38
5.9.3 Modo IDLE	40
5.10 Micro controlador PIC	48
5.10.1 PIC 18f4550.....	49
5.11 Electroválvula.....	51
5.12 Bomba periférica.....	52



5.13 Agitador y calentador.....	52
6.0 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	53
6.1 Procesos para obtención de biodiesel	56
6.1.1 Tipo de proceso	56
6.1.2 Tamaño del prototipo.....	56
6.1.3 Suministro de la sustancia	56
6.2 Reactor.....	56
7.0 Construcción y pruebas del prototipo	59
7.1 Construcción del prototipo.....	59
7.2 El reactor y sus partes	60
7.3 Pruebas de funcionamiento del prototipo	65
7.3.1 Tablas y graficas de las pruebas	66
8.0 Metodología.....	69
9.0 Conclusiones.....	70
10.0 Recomendaciones.....	70
11.0 Referencias.....	71



1.0 INTRODUCCION

El aprovechamiento de productos naturales o residuos vegetales para generar energía es cada vez más común, en especial cuando nos referimos a la preservación del medio ambiente. Uno de esos combustibles biodegradables renovables es el biodiesel, pues el uso del biodiesel disminuye las emisiones contaminantes causantes del efecto invernadero; se trata de un combustible producido a partir de un aceite vegetal o grasa animal, de calidad similar al gasóleo para su uso como biocarburante.

El proceso de producción de biodiesel implica el sensado y control de diversas variables, como pueden ser la temperatura, PH, control de flujo de químicos entre otros.

El control de procesos pretende disminuir costos al reducir el número de errores con el empleo de una red de sensores inalámbricos, que ayudara a tener mejor control en la información que se recopile con ellos así como un mejor desempeño en el tiempo de medición.

Una red de sensores inalámbricos es usada para controlar diversas condiciones de distintos puntos. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser auto configurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que les permite obtener una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas.

Este proyecto tiene como finalidad ofrecer al usuario una forma innovadora de interacción entre el usuario y el proceso de producción, gracias a su tamaño, flexibilidad, múltiples funcionalidades, aplicaciones y bajo costo, haciendo posible la recolección de información.

No es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible. Importantes fabricantes de vehículos europeos efectuaron pruebas con resultados satisfactorios en automóviles, camiones y ómnibus .

2.0 JUSTIFICACIÓN

El biodiesel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable.

Las ventajas del biodiesel con respecto al diesel de petróleo se tipifican de la siguiente manera:

2.1 Ventajas socioeconómicas:

- Ahorro de combustibles agotables. En la medida en la que se sustituye el empleo de derivados del petróleo por biocombustibles de origen renovable.
- Diversificación energética.
- Desarrollo agrícola. Una fuente renovable de producción de combustibles alternativos con origen en la agricultura permite a la sociedad disponer de una fuente de empleo adicional y de un aprovechamiento de terrenos que en algunos casos no pueden ser usados para otros cultivos por restricciones políticas o condiciones del terreno.

2.2 Ventajas medioambientales:

- Una de las ventajas más importante, está relacionada con la emisión neta de CO₂ (figura 3.2). La emisión de CO₂, a pesar de no estar regulada, es de gran preocupación, por ser un gas que contribuye al efecto invernadero del planeta. Además, el sector transporte destaca por contribuir más que ningún otro sector a las emisiones de CO₂. El empleo de biodiesel, juega un papel muy importante en este aspecto, puesto que cuando se emplea como combustible, el CO₂ emitido por el motor se contrarresta durante el crecimiento del cultivo agrícola del que procede, a través de la fijación por fotosíntesis. Esto cierra el ciclo de vida del CO₂, eliminándose por tanto su emisión neta.

Numerosos estudios han comprobado, al emplear biodiesel, una reducción en la formación de monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar o parcialmente quemados y núcleos de hollín. La justificación a este hecho radica en la presencia de oxígeno en la molécula de biodiesel, que aumenta la disponibilidad de comburente en el cilindro, favoreciendo una combustión más completa. Según la tabla 3.2 al sustituir biodiesel por diesel de petróleo se consigue una disminución del 48% de monóxido de carbono.

Tabla 1.1 Emisiones promedio de Biodiesel comparadas con las de Diesel

TIPO DE EMISION REGULADAS	B 100	B 20
Hidrocarburos Totales	-67%	-20%
Monóxido de Carbono	-48%	-12%
Partículas	-47%	-12%
NO _x	10%	2%

- El biodiesel es un combustible biodegradable, lo cual ayuda a minimizar el impacto en caso de derrame accidental, además de ser muy indicada su utilización en motores de lanchas y barcos.



Fig. 1.1 Ciclo del CO₂

2.3 Ventajas en el motor:

- El biodiesel tiene un mayor número de cetanos, lo cual mejora el proceso de combustión, permite aumentar la relación de compresión del motor (conlleva un aumento del rendimiento de éste) y produce menos ruido.
- Presenta un mayor poder lubricante, con lo que se disminuye la necesidad de incluir aditivos en el combustible para mejorar esta propiedad.

Aunando a las ventajas propias del biodiesel, la presente propuesta representa una conjunción de distintos conocimientos, para la obtención de un dispositivo mecatrónico y una posible solución al problema agrícola de diferentes plantíos la cual, podría convertirse en un gran potencial en la producción de biodiesel.

El incremento en los precios internacionales del petróleo y las perspectivas de su baja disponibilidad o de agotamiento entre los próximos 50 o 100 años, hace necesaria la búsqueda constante de fuentes alternas de energéticos. De la misma forma, la degradación de la calidad de vida en las grandes ciudades industriales, a causa de los altos índices de contaminación alcanzados en la biosfera y en la atmósfera de nuestro planeta, ha impulsado la búsqueda constante de combustibles amigables con el Medio Ambiente.

En Europa y Estados Unidos, la producción de biodiesel derivado de aceites de origen vegetal ha tomado un lugar estratégico, en respuesta al incremento exagerado del precio del petróleo y a la perspectiva mundial de agotamiento de éste en un corto plazo. En México, ha sido poco el interés para utilizar los recursos renovables como fuentes alternativas de energía.

El proceso de producción de biodiesel involucra, como reactivos, el aceite vegetal comestible, metanol o etanol y sosa cáustica. Además de necesitar un lugar en el cual llevar a cabo las reacciones de los reactivos con el aceite vegetal (reactor) , el gran avance tecnológico de las últimas décadas permite llevar a cabo una medición y control más precisa y mejorar el aprovechamiento de estos recursos.

La instalación de sensores en el reactor permite registrar las variables mas importantes en el proceso almacenar esa información y enviarla a una computadora donde se puede ver el comportamiento del proceso, así como alterar su funcionamiento.

El tiempo invertido por las personas encargadas de la realización del proceso para medir las diferentes variables en forma manual es bastante extenso, lo cual ocasiona errores en el proceso, además de alentar el mismo.

En la siguiente tabla se resumen las características típicas del biodiesel y del diesel petrolífero

Datos físico - químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico ac. Grasos C ₁₂ -C ₂₂	Hidrocarburo C ₁₀ -C ₂₁
Poder calorífico inferior, Kcal./Kg. (aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, CST (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso específico, g/cm ³	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0,2
Punto ebullición, °C	190 - 340	180 - 335
Punto inflamación, °C	120 - 170	60- 80
Punto escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetanos	48 - 60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

2.4 Emisiones

- Monóxido de carbono (CO): la emisión durante la combustión del biodiesel en motores diesel es del orden del 50% inferior (comparada con aquella que produce el mismo motor con combustible diesel) . Es conocida la toxicidad del monóxido de carbono sobre todo en las ciudades.
- Dióxido de azufre (SO₂): no se produce emisión de dióxido de azufre por cuanto el biodiesel no contiene azufre. El dióxido de azufre es nocivo para la salud humana así como para la vegetación.
- Material particulado: esta emisión con el empleo del biodiesel se reduce del 65% respecto del combustible diesel. Las partículas finas son nocivas para la salud.
- Productos orgánicos aromáticos: el biodiesel no contiene productos aromáticos (benceno y derivados) siendo conocida la elevada toxicidad de los mismos para la salud.
- Balance de dióxido de carbono (CO₂): el dióxido de carbono emitido durante la combustión del biodiesel es totalmente reabsorbido por los vegetales. Por lo tanto el biodiesel puede ser considerado un combustible renovable.

Empleando el biocombustible obtenido a partir del aceite de soja en una proporción del 20% con petrodiesel los resultados obtenidos son:

	Cambio % en las emisiones
NO _x	+ 2,0 %
Particulado fino	- 10,1%
Hidrocarburos	- 21,1%
CO	- 11,0%

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Construir un prototipo a nivel laboratorio para generar biodiesel además del Análisis del comportamiento de las variables características en cada uno de los procesos de producción de Biodiesel mediante la operación de los sensores de tipo industrial de forma inalámbrica.

3.2 Objetivos específicos

1. Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos basado en una red de sensores inalámbricos.
2. Medir y monitorear las variables características en cada uno de los procesos de producción de Biodiesel (pH, presión, temperatura, consumo de agua, vacío, catalizador, entre otras) que intervienen en el proceso.
3. Diseñar y construir un prototipo de generación de biodiesel para efectos de pruebas.
4. Comprobar la operación del modelo en tiempo real a través de la implementación del reconocimiento de estados funcionales en línea por medio

de la instalación de por lo menos 2 sensores (pH y Temperatura).

5. Determinar la mejor combinación de aceite vegetal-alcohol-catalizador de donde se obtenga la mayor conversión.
6. Automatizar el proceso.

4.0 ALCANCES Y LIMITACIONES

La correcta operación del proyecto se podría fomentar en otras instituciones tecnológicas para adentrarse en la búsqueda de nuevas formas y métodos para la generación de combustibles con tecnologías avanzadas que ayuden a la conservación del medio ambiente.

En este proyecto encontramos algunas limitaciones las cuales fueron:

- ❖ El tiempo de adquisición del material a utilizar en el proyecto fue un poco lento por lo cual no se pudo avanzar a un ritmo constante
- ❖ Dificultad en el manejo de los componentes químicos para la generación de biodiesel
- ❖ No se pudo encontrar un modo eficiente de distribuir los componentes de manera automática debido al tiempo
- ❖ El sensor de pH se tuvo que ubicar de manera alámbrica debido al elevado costo de los sensores
- ❖ Alto costo de los materiales así como de los químicos presentes en la producción de biodiesel
- ❖ Poco material para realizar pruebas

5.0 FUNDAMENTO TEÓRICO

La red de sensores inalámbricos ha crecido de una forma muy rápida, que los ha convertido en una tecnología de gran auge. En 1997 el Instituto de Ingenieros eléctricos y electrónicos IEEE desarrolla el estándar 802.11 o WLAN1 el cual tiene una gran tasa de transferencia de datos que alcanza aproximadamente 2 [Mbps]. Actualmente en el mercado los protocolos de comunicación inalámbrica más populares son el 802.11.b con una tasa de transferencia de 11 [Mbps] y el 802.11.a con una tasa de 54 [Mbps].

Es así que las redes inalámbricas están en constante crecimiento de tal forma que día a día han ido reemplazando en algunas aplicaciones específicas, como sistemas de control, mediciones de variables ambientales y sistemas de seguridad entre otras, a la tecnología de redes cableadas dada su flexibilidad y fácil instalación. Su desarrollo y tecnología ha sido capaz de integrar en éstas a pequeños dispositivos llamados sensores. Esto nos lleva a conocer una tecnología reciente, innovadora, capaz de solucionar problemas de forma rápida y confiable. Es así que las redes de sensores inalámbricas revolucionan la forma que entendemos y manejamos los sistemas físicos, desde las alas de un avión hasta complejos eco-sistemas. La disponibilidad de sensores de bajo consumo, actuadores, procesadores embebidos y transmisores permite la aplicación del sensado inalámbrico distribuido a una gran variedad de aplicaciones incluyendo monitoreo ambiental (aire, agua, suelo, variables químicas), vigilancia militar, instrumentación de planta, seguimiento de inventario, aplicaciones médicas y por último la agricultura.

Actualmente una de las necesidades más importantes de esta variedad de aplicaciones es contar con la información lo más rápido posible, es así que las redes de sensores inalámbricas proveen una latencia de procesamiento muy baja, es decir, son capaces de transmitir los datos tan rápidos como sean capturados por el sensor a través de la red, enrutando así los paquetes hasta el nodo destino, permitiendo así una respuesta oportuna al estímulo.

Así se tiene que las redes de sensores inalámbricas son actualmente una tecnología de punta aplicada a las necesidades actuales en el mercado, que requieran soluciones rápidas y de fácil implementación. Las redes de sensores inalámbricas es una tecnología en constante desarrollo, es así que distintas asociaciones, empresas y universidades están dedicando tiempo e invirtiendo recursos en el desarrollo de la "Tecnología del Futuro".

5.1 Biodiesel

El Biodiesel es un combustible elaborado a partir de aceites vegetales o grasas animales que conlleva a la reducción, hasta en un 70 por ciento, de las emisiones contaminantes si se emplea en motores de combustión interna.

Es un combustible oxigenado, lo cual implica reducciones importantes en las emisiones

- Hidrocarburos no quemados: -70%
- Monóxido de carbono: -50%
- Materias particulada: -50%
- NOx: Constante o ligero aumento

5.2 El proceso

Las grasas animales y vegetales son triglicéridos, formados por glicerina y ácidos grasos. Al hacer biodiesel se transforman los aceites en ésteres, separando la glicerina, que se hunde hasta el fondo. El biodiesel flota encima y puede aspirarse con un sifón.

Este proceso se llama transesterificación. Consiste en sustituir a la glicerina por un alcohol mediante una reacción química con lejía como catalizador.

5.3 Productos necesarios

El alcohol puede ser metanol, que forma metilésteres, o etanol, que forma etilésteres. La mayor parte del metanol procede del petróleo, aunque puede producirse a partir de la madera. El etanol suele proceder de las plantas (aunque también puede producirse a partir de petróleo) y puedes destilarlo tú mismo. Todavía no existe un método "casero" de producir metanol. Pero el proceso de biodiesel con etanol es más difícil que con metanol, no es para principiantes.

El etanol (o alcohol etílico, C_2H_5OH) también tiene varios nombres bien conocidos, como vino o cerveza. El metanol es venenoso. En realidad los dos son venenosos, pero en distinta medida; el metanol es más peligroso. Pero no te asustes, no es peligroso si tienes cuidado, es fácil manejarlo sin peligro. Todo lo que se explica aquí es seguro.



El metanol también es llamado alcohol metílico, alcohol de madera, nafta de madera, metil hidrato, carbinol, metilol, metil hidróxido, hidroximetano, monohidroximetano, o MeOH (CH₃OH o CH₄O). Todos son lo mismo. Pero "metilcarbinol" o "metil carbinol" se usa tanto para el metanol como para el etanol.

Normalmente se puede conseguir metanol al por mayor de los distribuidores de combustibles líquidos. Con un poco de paciencia en la mayoría de los países se puede conseguir un suministro de metanol por \$ 2-3 el galón (3,78 lts).

El metanol también se vende como combustible para barbacoa, pero comprueba su composición. El combustible para barbacoa a veces es gasolina. Asegúrate de que lo que compras es metanol, si no el proceso no funcionara.

El alcohol etílico desnaturalizado y el alcohol isopropílico no sirven para producir biodiesel.

La lejía, o catalizador, puede ser hidróxido de sodio (sosa caustica, NaOH) o hidróxido de potasio (KOH). Los productores domésticos experimentados y los productores comerciales, normalmente usan KOH, que además puede proporcionar fertilizante de potasio como subproducto.

Con KOH el proceso es el mismo, salvo porque hacen falta 1,4 veces más catalizador exactamente (1,4025).

Puedes comprar NaOH y KOH a proveedores para la fabricación de jabones y a proveedores de productos químicos.

El NaOH se vende en las droguerías como limpiador de desagües. Tiene que ser NaOH puro. Agita el bote para comprobar si se ha apelmazado por la humedad. Tienes que conservar la lejía protegida del aire y la humedad.

No utilices productos con los granos azules o púrpuras, ni de cualquier otro color, porque solo tienen la mitad de NaOH, y contienen aluminio. Esos productos no sirven para hacer biodiesel. Los granos deben ser translúcidos.

5.4 Aceites y grasas

Las grasas y los aceites están compuestos de ésteres: monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos (siendo estos últimos los más comunes) y de ácidos de cadena larga, llamados ácidos grasos.

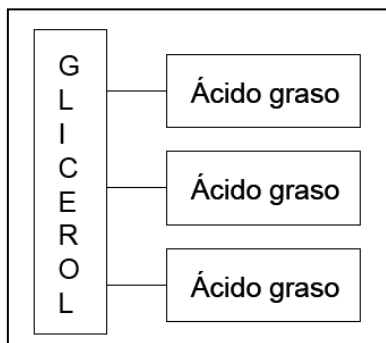


Figura 5.1 Composición de un aceite o grasa

La mayoría de los aceites y grasas son triglicéridos mixtos, pues tienen dos o tres ácidos grasos diferentes. La diferencia que existe entre los aceites y las grasas radica en los enlaces de los ácidos grasos presentes en la molécula. Las grasas tienen ácidos grasos en los que predominan los enlaces sencillos (saturados) y los aceites tienen ácidos grasos con varios enlaces dobles (insaturados).

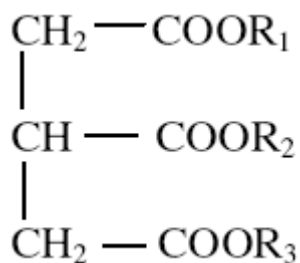


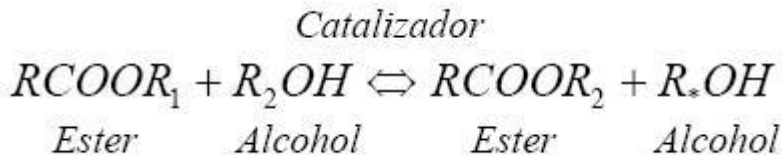
Figura 5.4.1 Fórmula genérica de los triglicéridos

5.5 Transesterificación

A través del proceso de transesterificación de los aceites vegetales y su reacción con un alcohol (normalmente, metanol), se obtienen los ésteres metílicos derivados, que son compuestos oxigenados con características similares en su comportamiento a las del diesel, principalmente en lo referente a la viscosidad, temperatura de ebullición, residuo carbonoso, número de ceteno, etcétera.

Transesterificación o alcoholisis, es el desplazamiento del grupo alcoxi (grupo

alquilo unido a un átomo de oxígeno, RO_x donde R es el grupo alquilo) de un tipo de éster por otro alcohol, en un proceso similar a la hidrólisis, excepto, que el alcohol es usado en lugar de agua. La reacción de transesterificación está representada por la ecuación general de la figura.



Si el alcohol usado en este proceso es el metanol, se le llama metanólisis. La metanólisis de un triglicérido se aprecia en la figura 1.4. Sin embargo para que la reacción ocurra en un tiempo razonable y se logre una mayor conversión, es necesario adherir un catalizador a la mezcla del aceite vegetal y metanol, amén que sin él no se logre la reacción. Los catalizadores pueden ser ácidos homogéneos (H₂SO₄, HCl, H₃PO₄, RSO₃), ácidos heterogéneos (Zeolitas, Resinas Sulfónicas, SO₄/ZrO₂, WO₃/ZrO₂), básicos heterogéneos (MgO, CaO, Na/NaOH/Al₂O₃), básicos homogéneos (KOH, NaOH) o enzimáticos (Lipasas: Candida, Penicillium, Pseudomonas); de todos ellos, los catalizadores que se suelen utilizar a escala comercial son los catalizadores homogéneos básicos, sosa cáustica (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH), ya que actúan mucho más rápido y además permiten operar en condiciones moderadas .

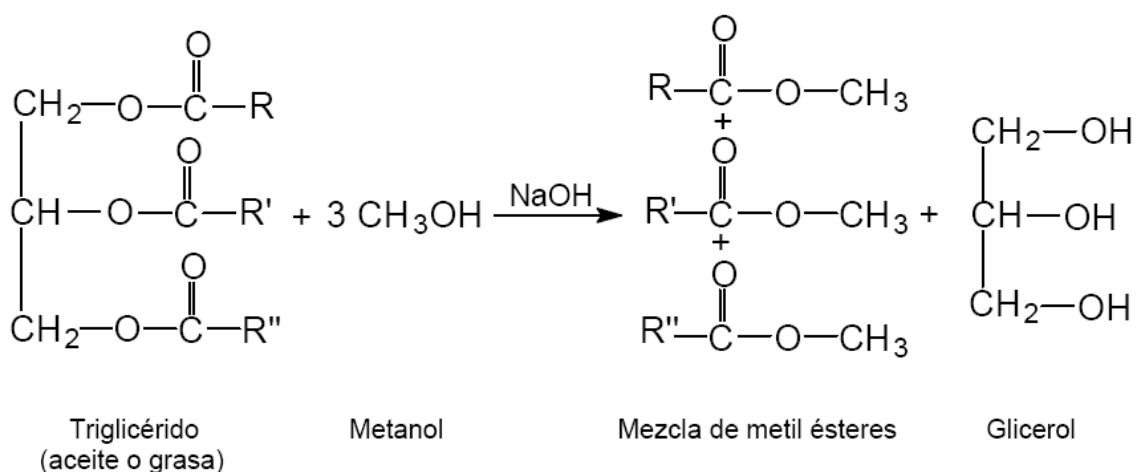


Figura 5.5.1 Reacción de transesterificación de triglicérido con metanol

5.6 Lavado

Hay que lavar el biodiesel para quitarle el jabón, el metanol, la lejía, la glicerina y otras impurezas.

Existen tres tipos diferentes de lavado.

- Lavado con niebla
- Lavado con burbujas
- Y lavado por agitación

5.6.1 Lavado con niebla

El lavado con niebla consiste en rociar una nube de gotitas minúsculas que caen sobre la superficie sin perturbar el líquido y lo atraviesan arrastrando al fondo las impurezas. Funciona, por lo menos lava el biodiesel, aunque es lento y necesita mucha agua, que no suele reutilizarse

5.6.2 Lavado con burbujas

El lavado con burbujas fue desarrollado en la Universidad de Idaho y es popular entre los productores caseros. Hacen falta una pequeña bomba de aire (suelen utilizarse las de acuario) y una piedra difusora. Se ponen agua y biodiesel en el tanque de lavado. Tiene que haber entre 1/4 y 1/2 más de agua que de biodiesel. El agua está en el fondo, donde se encuentra la piedra difusora, y el combustible flota encima. Las burbujas de aire (mejor que sean muchas y muy pequeñas) suben atravesando primero el agua y luego el biodiesel. Cada gota queda cubierta por una fina película de agua y la eleva a través del biodiesel, lavándolo por el camino. Cuando la burbuja estalla en la superficie deja caer la gotita de agua que la acompañaba, que vuelve al fondo atravesando de nuevo el biodiesel y lavándolo más.

Para que quede bien limpio hacen falta tres o cuatro lavados consecutivos de entre seis y ocho horas de duración cada uno (el primero suele ser más corto), con un reposo intermedio de al menos una hora entre lavado y lavado, aunque algunos lo dejan reposar mucho más. Después del reposo el agua se saca por un desagüe del fondo para sustituirla por agua limpia. Al final del último lavado el agua debe estar cristalina, con un pH de 7 aproximadamente.

Algunas piedras difusoras baratas se desmenuzan por culpa del biodiesel, especialmente las de color azul.

Las cerámicas son mejores y duran indefinidamente.



Primer lavado: agua lechosa.



segundo lavado: agua turbia.



tercer lavado: agua transparente con pH 7, biodiésel cristalino

Ventajas del lavado con burbujas:

Es fácil, funciona y no da preocupaciones; pon agua, enciende la bomba y vuelve más tarde.

Inconvenientes:

Tarda mucho. Hay formas mejores y más rápidas (mira más abajo). También oxida el combustible.

El lavado con burbujas es delicado y puede ocultar una reacción incompleta, que se haría evidente agitando la mezcla. Siempre es bueno hacer una prueba antes de lavar, agitando un bote con biodiesel y algo de agua para ver si luego se separan bien.

Otro problema es que el lavado con burbujas oxida el combustible. Cada aceite tiene sus características. Algunos son aceites secantes, como el de linaza, que se usa en pinturas. Cuando se seca se polimeriza y forma un sólido parecido al plástico. Con las altas temperaturas que hay en los motores de combustión interna la polimerización se acelera. Ocurre cuando el oxígeno atmosférico rompe los enlaces dobles de los aceites insaturados. Todos sabemos lo que hace una bomba para acuario: bombea oxígeno en el agua; en el lavado con burbujas bombea oxígeno en el biodiesel.

5.6.3 Lavado por agitación

En el lavado por agitación como su nombre lo dice se trata de lavar el biodiesel agregándole agua y agitar la mezcla con un motor y una hélice y después remover el resto a continuación se explican los pasos a seguir para obtener un lavado correcto

- 1) Con una hélice movida por un motor, mezcla el agua y el biodiesel hasta que tengan un aspecto homogéneo (5 min.).
- 2) deja que repose durante una hora.
- 3) Saca el combustible con un sifón y repite los pasos 1, 2 y 3 otras dos veces.
- 4) Deja que se seque en un recipiente abierto bien ventilado. La poca agua que aún queda tiene que evaporarse. Puedes calentar hasta 48° C para que se seque con mas facilidad.

Dependiendo del volumen del lote, y del tamaño y la potencia de los motores, se puede reducir el tiempo total de proceso a menos de 24 horas.



Lavado por agitación de un lote de 60 litros -- Adición de 20 litros de agua para el primer lavado.



Una taladradora con un mezclador de pintura puede remover los 80 litros.



El mezclador de pintura. Tres lavados en un solo día dejan el biodiésel limpio y cristalino, sin emulsiones ni pérdida de rendimiento.



Lavado por agitación, primer lavado --
Mezcla perfecta de agua y biodiésel
inmediatamente después de una intensa
agitación con un mezclador de pinturas.



Tercer lavado -- Agua
limpia con pH 7,
biodiésel cristalino, no
hay pérdida de
rendimiento

Ventajas del lavado por agitación:

Es rápido y efectivo, no oculta las reacciones incompletas y no oxida el combustible.

Inconvenientes:

No tiene inconvenientes si se hace todo bien desde el principio. Algunos principiantes tienen dificultad con esto, todo parece ir bien hasta que empieza el lavado y llegan los problemas; se forma espuma, o se convierte en una emulsión que no puede separarse. Luego se desaniman. No te rindas, sigue adelante. Es cuestión de práctica. Asegúrate de que la valoración y las medidas son correctas, se tan meticuloso como puedas, comprueba que los productos sean de buena calidad y se encuentren en buenas condiciones, de que pones suficiente metanol, de que la temperatura es correcta y el tiempo de agitación suficiente.

5.7 Ventajas y desventajas del Biodiesel

Ventajas:

- El biodiesel disminuye de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diésel.
- La producción de biodiesel supone una alternativa de uso del suelo que evita los fenómenos de erosión y desertificación a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas que, por razones de mercado, están siendo abandonadas por los agricultores.
- El biodiesel supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.
- Por su mayor índice de octano y lubricidad reduce el desgaste en la bomba de inyección y en las toberas.
- No tiene compuestos de azufre por lo que no los elimina como gases de combustión.
- El biodiesel también es utilizado como una alternativa de aceite para motores de dos tiempos, en varios porcentajes; el porcentaje más utilizado es el de 10/1.

- El biodiesel también puede ser utilizado como aditivo para motores a gasolina (nafta) para la limpieza interna de estos.

Desventajas:

- Debido a su mejor capacidad solvente con respecto al petrodiesel, los residuos existentes son disueltos y enviados por la línea de combustible, pudiendo atascar los filtros, caso que se da únicamente cuando se utiliza por primera vez después de haber estado consumiendo diésel mineral.
- Tiene una menor capacidad energética, aproximadamente un 3% menos, aunque esto, en la práctica, no es tan notorio ya que es compensado con el mayor índice ceteno, lo que produce una combustión más completa con menor compresión.
- Ciertas hipótesis sugieren que se producen mayores depósitos de combustión y que se degrada el arranque en frío de los motores, pero esto aún no está documentado.
- Otros problemas que presenta se refieren al área de la logística de almacenamiento, ya que es un producto hidrófilo y degradable, por lo cual es necesaria una planificación exacta de su producción y expedición. El producto se degrada notoriamente más rápido que el petrodiesel.
- Hasta el momento, no está claro el tiempo de vida útil del biodiesel; algunos sostienen que posee un tiempo de vida muy corto (meses), mientras que otros afirman que su vida útil llega incluso a 10 años o más. Pero todos concuerdan que depende de su manipulación y almacenamiento.

5.8 Sensores

5.8.1 Pt100

Los sensores de temperatura RTD (Resistive Temperature Detector) son los sensores de temperaturas más estables y precisas, Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

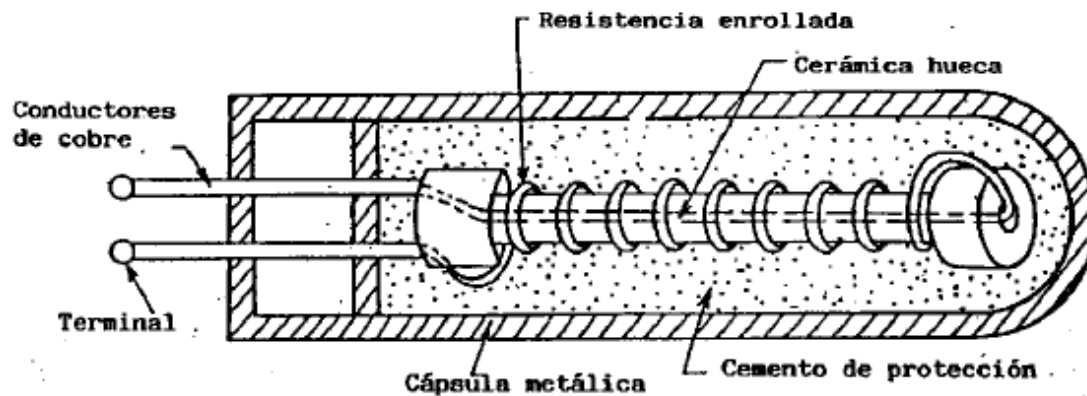


Figura 5.8.1 estructura interna de un pt100

La ecuación que relaciona su resistencia con la temperatura es:

$$R = R_0(1 + \alpha_1\Delta T + \alpha_2\Delta T^2 + \dots)$$

Donde: R_0 = Resistencia a la temperatura de referencia (habitualmente 0 °C). $\Delta T = T^a - T$ referencia α_1, α_2 . = coeficientes de temperatura. (También suelen expresarse como A, B, C, etc.)

Una aproximación bastante utilizada es la dada por la Ecuación Callendar-Van Dusen:

$$R = R_0 [1 + AT + BT^2 + C(T-100)^3]$$

Los coeficientes A, B y C se encuentran estandarizados por normas como la DIN 43760. En la siguiente figura, observar la relación NO LINEAL, es decir, Sensibilidad NO constante.

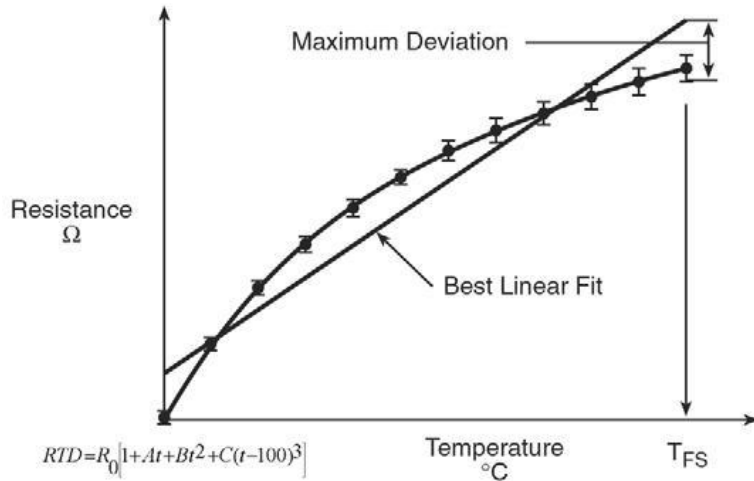


Figura 5.8.2 Curva de calibración típica de una RTD (Ecuación Callendar- Van Dusen). Observar su alinealidad. El coeficiente C es cero para temperaturas superiores a 0° C.

Los RTD suelen ir asociados a montajes eléctricos tipo puente, que responden a la variación de la resistencia eléctrica por efecto de la temperatura para originar una señal analógica de 0-20mA ó 4-20mA que es la que se utiliza en el sistema de control correspondiente como señal de medida.

Tabla 5.1

El material utilizado para la fabricación de los RTD, pueden ser los siguientes:

METALES	RESISTIVIDAD (ρ)	COEFICIENTE TÉRMICO (α)	INTERVALO ÚTIL DE TEMPERATURA		DIÁMETRO MÍNIMO DEL HILO	PRECISIÓN USUAL
	Ωm	K ⁻¹	°C		mm	°C
Platino	10,6·10 ⁻⁸	3,9·10 ⁻³	-200	950	0,05	0.01
Niquel	6,84·10 ⁻⁸	7·10 ⁻³	-150	300	-	0.50
Cobre	1,68·10 ⁻⁸	4,3·10 ⁻³	-200	120	-	0.10

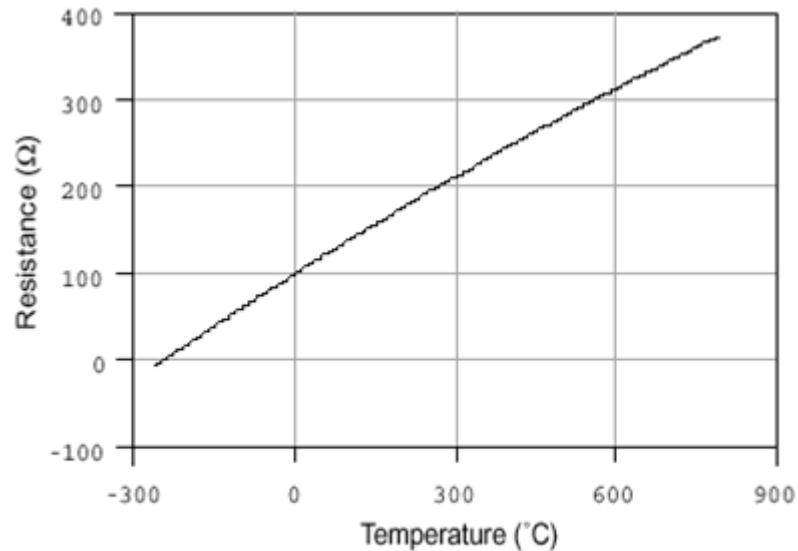
A continuación se muestra una tabla de comparación de los sensores de temperatura RTD con otros tipos de sensores existentes en el mercado.

Ventajas	Rtd	Termistor	Sensoric	Termopar
	Más estable	Alto rendimiento	El ms lineal	Autoalimentado
	Más preciso	Rápido	El de mayor rendimiento	Robusto
	Mas lineal termopar	Medida 2 hilos	Económico	Económico
				Amplia variedad Formas físicas
				Amplia gama de temperaturas
Desventajas	Rtd	Termistor	Sensoric	Termopar
	Caro	No lineal	Limitado at<250°c	No lineal
	Lento	Rango de t. Limitado	Lento	Baja tensión
	Precisa fuente al.	Precisa fuente al.	Precisa fuente al.	Precisa referencia
	Peq. Cambio resistencia.	Frágil	Config. limitada	Menos estable
	Medida 4 hilos	Autocalentable	Autocalentable	Menos sensible
	Autocalentable			

Tabla 5.8.1 comparación de RTD

La RTD más popular, conocida como PT100 está constituida por un hilo de platino cuya resistencia nominal es de 100 °C a 0° C. La utilización del platino consigue la mayor precisión y estabilidad hasta 500° aprox. Coeficiente más significativo $\alpha = 0^{\circ}00385$.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



. Resistance-Temperature Curve for a 100 Ω Platinum RTD, $\alpha = 0.00385$

Figura 5.8.3 incremento de resistencia

El material del cual está formado el sensor tiene un coeficiente de temperatura de resistencia α , el cual determina la variación de resistencia del conductor por cada grado centígrado, esto se expresa de la siguiente manera

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

Donde:

R_0 = resistencia en Ω (ohms) a 0°C

R_t = resistencia en Ω (ohms) a $t^\circ\text{C}$

t = temperatura actual

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de $0.003850\Omega \times (1/\Omega) \times (1/^\circ\text{C})$ en la escala práctica de temperaturas internacionales (ITS-68).

La mejor linealidad y el rango de temperatura que estas soportan van desde -260 hasta 1000°C .

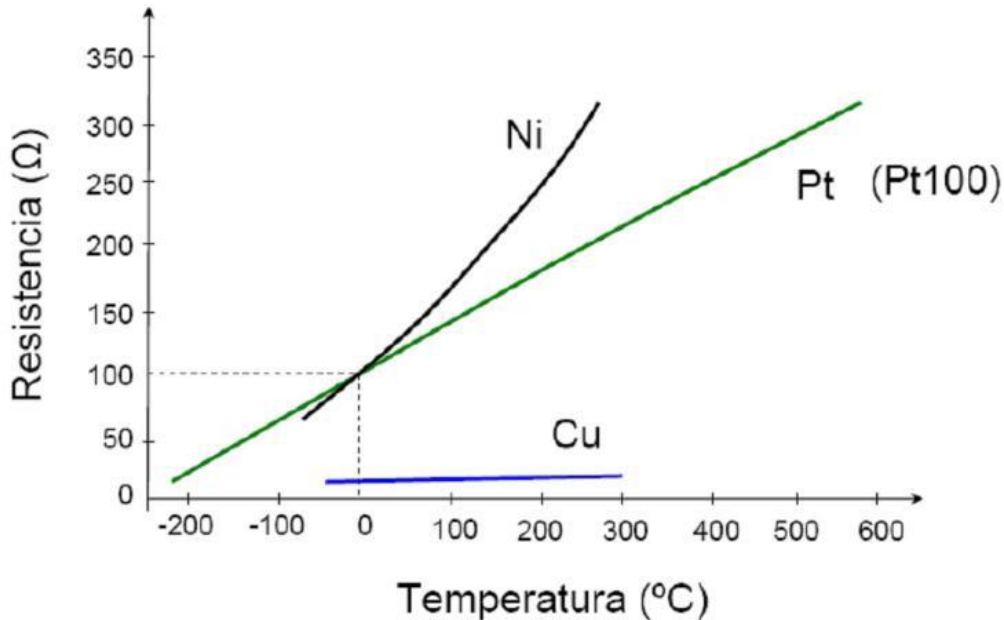


Figura 5.8.4 incremento de resistencia según temperatura

En el caso de los sensores RTD, PT100, existen tres formas de poderlos conectar (para un PT100 de dos hilos, de tres o de cuatro hilos). El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables R_c . El PT100 requerido para este proyecto es el PT100 de 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

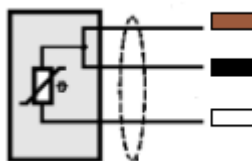
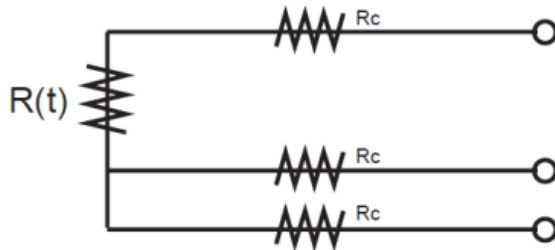


Figura 5.8.5 Configuración de colores de los cables de conexión.

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.



En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Autocalentamiento y corriente del Pt100 Se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente I llamada "corriente de excitación" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo. Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ($P=I^2 \cdot R$) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura.

Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor. Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 son del orden de 0.5°C por mW generado cuando la Pt100 está en aire sin circular y 0.05°C con la misma Pt100 en agua.

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

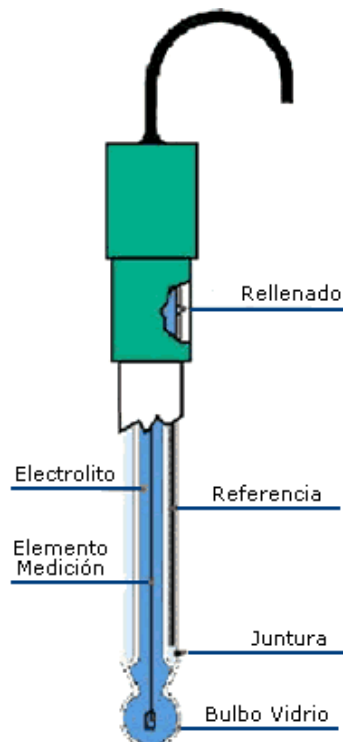
5.8.2 PH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH es la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa "potencial de hidrógeno" (pondus Hydrogenii o potentia Hydrogenii; del latín pondus, n. = peso; potentia, f. = potencia; hydrogenium, n. = hidrógeno). Este término fue acuñado por el químico danés Sørensen, quien lo definió como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno.

Las tecnologías disponibles para la medición de pH pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Electroquímicos y Ópticos.
- Sensores electroquímicos

Son aquellos que utilizan dispositivos que transducen la actividad química del ión de hidrógeno en una señal eléctrica. En esta categoría se destacan aquellos sensores que cuentan con Electrodo de Ion Selectivo (ISE por sus siglas en inglés): de vidrio, de membrana líquida y de metal-óxido de metal. Una sección aparte merecen los ISFET (Ion Selective Field Effect Transistor).



Los ISEs pueden pensarse como una "celda electroquímica", donde uno de sus electrodos es la referencia y el otro se inserta en la solución a la cual se le quiere medir el pH. Ese segundo electrodo cuenta con una membrana, que para el caso del pH, es sensible al ión hidrógeno. Como cualquier celda electroquímica, entre los electrodos se genera una diferencia de potencial según la ecuación de Nernst, que es lo que efectivamente se mide y que está relacionada directamente con la medida de pH de la solución.

$$E = E_0 + \frac{RT}{F} \ln [H^+]$$

Donde: R es la constante de los gases y vale 8,31 °K-1mol⁻¹, T es la temperatura en °K, F es la constante de Faraday que vale 96485 C y E₀ es una constante que

agrupa una serie de potenciales: en primer lugar el valor del voltaje de referencia, pero también otros que aparecen en la pila y que escapan al alcance de este trabajo. Sin embargo se quiere mencionar que estos potenciales varían con el tiempo y es lo que provoca que se requiera una calibración periódica. Asimismo E_0 depende de la temperatura. Modelo de “celda electroquímica” para un sensor de pH basado en el electrodo de membrana de vidrio selectivo al ión H^+ .

El modelo de sensor, basado en el electrodo de vidrio formando parte de una celda electroquímica, es el más ampliamente difundido y es el que aparece en los textos de enseñanza a nivel superior. Tiene la ventaja de ser relativamente sencillo, a pesar de que hay fenómenos que no logra explicar. No entraremos en esos aspectos ya que exceden el alcance de este trabajo pero se deja constancia que existen modelos más complejos, aunque no tan difundidos, basados en la ecuación de Boltzman que parecerían modelar de forma más adecuada el funcionamiento del sensor.

En la realización de estudios prologados, la deriva de los sensores es el parámetro más relevante. Como la característica pH-Voltaje va variando con el tiempo es necesario calibrar, y por lo tanto suspender el estudio, para mantener las medidas dentro de un precisión aceptable.

Los ISE requieren calibración y limpieza periódica. Para mantener una precisión de 0,1 unidades de pH es necesario.

El sensor de pH de vidrio Es un estándar a nivel industrial y de laboratorio. Su principio de funcionamiento se conoce desde principios de siglo XX y su uso está ampliamente generalizado y sus resultados ampliamente validados, al punto que el patrón de la medida de pH se basa en un electrodo de vidrio. El electrodo entra en contacto con el analito a través de una membrana de vidrio sensible al ión hidrógeno. Las características de esta membrana hacen que el sensor tenga una resistencia de salida muy grande (decenas o centenas de $M\Omega$) y sea necesario mantenerlo húmedo. Logran una precisión muy buena (0,01) y tienen tiempos de vidas relativamente cortos (1 año). Los costos varían entre 30 y 300 dólares.



Los electrodos de membrana líquida son similares al electrodo de vidrio excepto que la membrana es un polímero orgánico saturado con un intercambiador iónico líquido. Por más detalles puede consultarse. Los electrodos de estado sólido consisten en metales cuya superficie está recubierta parcialmente por una capa de óxido del mismo metal. Entre ellos, el más utilizado es el electrodo de antimonio. Es resistente, adecuado para el registro continuo y operaciones de control. Su intervalo de utilización es de pH 2 a 8. Otros electrodos metal-óxidometálico bastante utilizados son los de telurio, tungsteno, y molibdeno.

5.9 Protocolo inalámbrico ZigBee

Las redes inalámbricas (Wireless Network) son aquellas que se comunican por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas.

Tienen ventajas como la rápida instalación de la red sin la necesidad de usar cableado, permiten la movilidad y tienen menos costos de mantenimiento que una red convencional.

Ventajas de utilizar Redes Inalámbricas (en general):

- **Movilidad:** El uso de redes inalámbricas permiten a los usuarios conectarse a éstas y les permite desplazarse (roaming) libremente. Ejemplo: red telefónica celular.
- **Flexibilidad:** Permiten atender a uno o muchos usuarios utilizando la misma infraestructura (reducción de costo).

- Flexibilidad: Permiten la implementación de una red en aquellos escenarios en los que cablear la red resulta ser muy difícil.
- No requiere derecho de paso
- Facilidad para salvar obstáculos naturales
- Instalación más rápida

- Gran flexibilidad en velocidades de transmisión
- Inversión distribuida en el tiempo
- Rápida recuperación ante desastres y reubicación
- Potencialmente más económicas
- Menos sujetas a robo y vandalismo

Limitaciones al utilizar redes inalámbricas (en general):

- Se requiere licencia del órgano regulador (n algunos casos).
- En las bandas de uso libre no hay protección contra la interferencia
- Los obstáculos entre el transmisor y el receptor pueden bloquear la transmisión
- El ancho de banda disponible es proporcional a la frecuencia de la portadora
- Más susceptibles a errores de transmisión y a brechas de seguridad.

Las redes inalámbricas se clasifican de acuerdo a su área de cobertura: personales (WPAN – algunos metros), de área local (WLAN – cientos de metros) o metropolitanas

(WMAN - kilómetros), etc., como se puede apreciar en la figura siguiente:

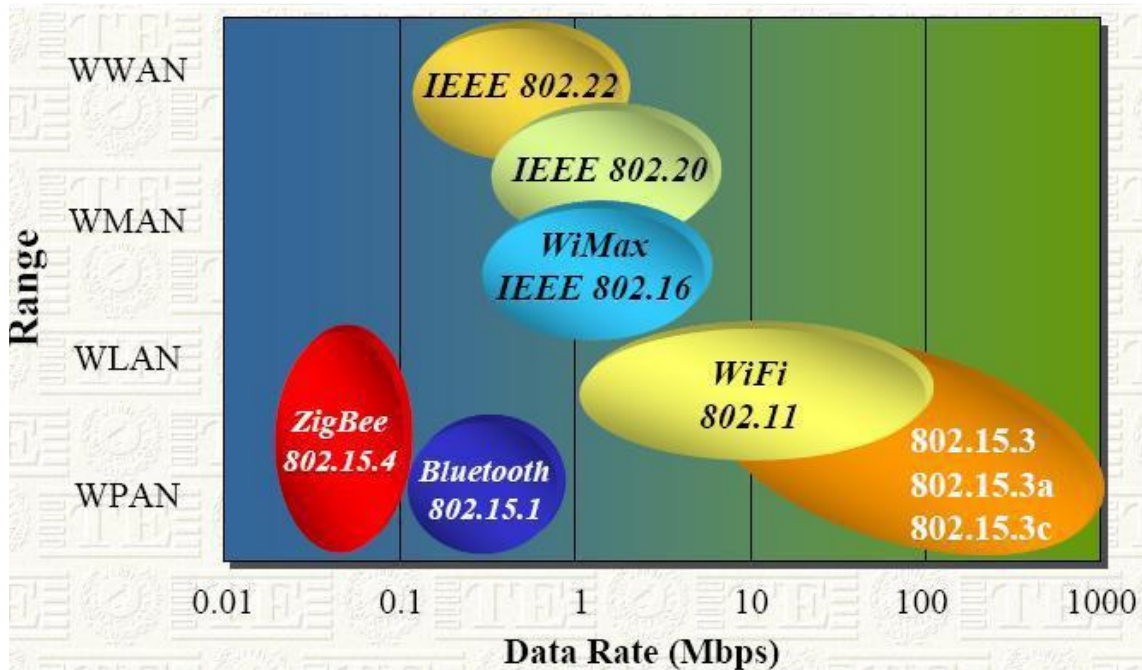


Figura 5.9.1 comparación de zigbee con otras formas de comunicación

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Sin embargo, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas optarán prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo.

El desarrollo de la tecnología se centra en la sencillez y el bajo coste más que otras redes inalámbricas semejantes de la familia WPAN, como por ejemplo Bluetooth. El nodo ZigBee más completo requiere en teoría cerca del 10% del hardware de un nodo Bluetooth o Wi-Fi típico; esta cifra baja al 2% para los nodos más sencillos.

ZigBee es muy similar al Bluetooth pero con algunas diferencias:

- Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos.
- Menor consumo eléctrico que el de Bluetooth. En términos exactos, ZigBee tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3uA en reposo, frente a los 40mA transmitiendo y 0.2mA en reposo que tiene el Bluetooth. Este menor consumo se debe a que el sistema ZigBee se queda la mayor parte del tiempo dormido, mientras que en una comunicación Bluetooth esto no se puede dar, y siempre se está transmitiendo y/o recibiendo.
- Tiene una velocidad de hasta 250 Kbps, mientras que en Bluetooth es de hasta 1 Mbps.
- Debido a las velocidades de cada uno, uno es más apropiado que el otro para ciertas cosas. Por ejemplo, mientras que el Bluetooth se usa para aplicaciones como los teléfonos móviles y la informática casera, la velocidad del ZigBee se hace insuficiente para estas tareas, desviándolo a usos tales como la Domótica. los productos dependientes de la batería, los sensores médicos, y en artículos de juguetería, en los cuales la transferencia de datos es menor.

Tipos de dispositivos.

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

- Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC). El tipo de dispositivo más completo. Debe existir uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.
- Router ZigBee (ZigBee Router, ZR). Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.
- Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED). Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías.

En la siguiente imagen se puede apreciar las diversas aplicaciones que se le puede dar a este tipo de protocolo:



Figura 5.9.2 aplicación de zigbee

Las redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica los cuales permiten formar redes ad hoc sin infraestructura física preestablecida ni administración central.

Las redes de sensores es un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental.

Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser auto configurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que les permite obtener una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas.

Áreas de aplicación.

Pasando de largo las aplicaciones militares, éstas tienen usos civiles interesantes como vemos a continuación:

- Entornos de alta seguridad: Existen lugares que requieren altos niveles de seguridad para evitar ataques terroristas, tales como centrales nucleares, aeropuertos, edificios del gobierno de paso restringido. Aquí gracias a una red de sensores se pueden detectar situaciones que con una simple cámara sería imposible.
- Sensores ambientales: El control ambiental de vastas áreas de bosque o de océano, sería imposible sin las redes de sensores. El control de múltiples variables, como temperatura, humedad, fuego, actividad sísmica así como otras. También ayudan a expertos a diagnosticar o prevenir un problema o urgencia y además minimiza el impacto ambiental de la presencia humana.
- Sensores industriales: Dentro de fábricas existen complejos sistemas de control de calidad, el tamaño de estos sensores les permite estar allí donde se requiera.
- Automoción: Las redes de sensores son el complemento ideal a las cámaras de tráfico, ya que pueden informar de la situación del tráfico en ángulos muertos que no cubren las cámaras y también pueden informar a conductores de la situación, en caso de atasco o accidente, con lo que estos tienen capacidad de reacción para tomar rutas alternativas.
- Medicina: Es otro campo bastante prometedor. Con la reducción de tamaño que están sufriendo los nodos sensores, la calidad de vida de pacientes que tengan que tener controlada sus constantes vitales (pulsaciones, presión, nivel de azúcar en sangre, etc.), podrá mejorar substancialmente.
- Domótica: Su tamaño, economía y velocidad de despliegue, lo hacen una tecnología ideal para domotizar el hogar a un precio asequible.

5.9.1 Módulos inalámbricos Xbee y Xbee PRO (MaxStream)

Una red ZigBee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo Coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points).

El Coordinador.

Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutamiento de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

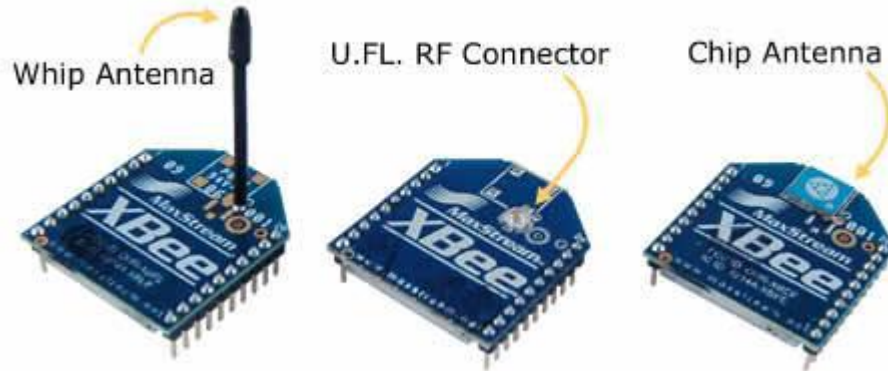
Los Routers.

Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para transmitir un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red ZigBee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros routers o de End points.

End Device.

Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

Los módulos Xbee son módulos de radio frecuencia que trabajan en la banda de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4 (ZigBee) fabricados por MaxStream.



Módulos Xbee con alcance en interiores de hasta 30 m. En exteriores el alcance es de hasta 100 m. con antena dipolo En la imagen anterior se muestran los 3 diferentes tipos de Xbee.

Dimensiones:

Ancho: 24.38 mm

Largo: 27.61 mm

Alto de antena: 25 mm

Cada módulo ZigBee, al igual que ocurre con las direcciones MAC de los dispositivos Ethernet, tiene una dirección única. En el caso de los módulos ZigBee cada uno de ellos tiene una dirección única de 64bits que viene grabada de fábrica. Por otro lado, la red ZigBee, utiliza para sus algoritmos de ruteo direcciones de 16 bits. Cada vez que un dispositivo se asocia a una red ZigBee, el Coordinador al cual se asocia le asigna una dirección única en toda la red de 16bits. Por eso el número máximo teórico de elementos que puede haber en una red ZigBee es de $2^{16} = 65535$, que es el n° máximo de direcciones de red que se pueden asignar.

Estos módulos Xbee, pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto a punto, punto-a-multipunto o peer-to-peer.

También existen los llamados módulos Xbee PRO de la Serie 1 que se diferencian en la capacidad de alcance, permitiendo en algunos casos doblar la distancia de transmisión, ya que poseen una mayor potencia en la señal. Con los módulos Xbee PRO de la Serie 2, es posible crear redes más complejas, como las llamadas MESH. Estas permiten acceder a un punto remoto,

utilizando módulos intermedios para llegar como routers. Además los módulos automáticamente generaran la red entre ellos, sin intervención humana alguna, permitiendo la reparación de la red en caso de que algún nodo falle. Al mismo tiempo la red por sí sola resuelve la mejor ruta para un determinado paquete.

La figura siguiente se muestra las conexiones mínimas que necesita el módulo Xbee para poder ser utilizado. Luego de esto, se debe configurar según el modo de operación adecuado para la aplicación requerida por nosotros.

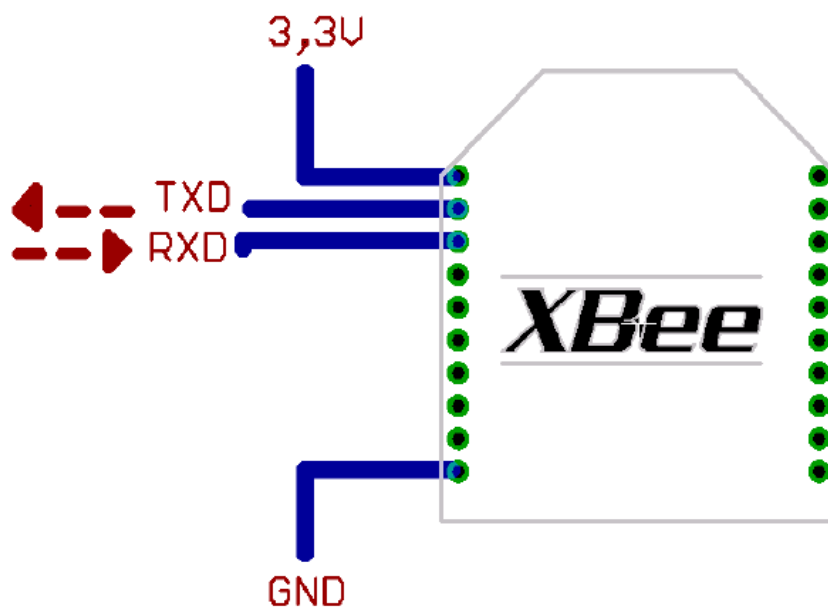


Figura 5.9.3 diagrama básico de Xbee

5.9.2 Modo de operación API

Este modo es más complejo, pero permite el uso de frames con cabeceras que aseguran la transmisión de los datos, al estilo TCP. Extiende el nivel en el cual la aplicación del cliente, puede interactuar con las capacidades de red del módulo.

Cuando el módulo Xbee se encuentra en este modo, toda la información que entra y sale, es empaquetada en frames, que definen operaciones y eventos dentro del módulo.

Cuando el módulo Xbee se encuentra en este modo, toda la información que entra y sale, es empaquetada en frames, que definen operaciones y eventos dentro del

módulo.

- Frame de información RF transmitida.
- Frame de comandos (equivalente a comandos AT).

Mientras que un Frame de Recepción de Información incluye:

- Frame de información RF recibida.
- Comando de respuesta.
- Notificaciones de eventos como Reset, _ ODEM_ do, Disassociate, etc.

Esta API, provee alternativas para la configuración del módulo y ruteo de la información en la capa de aplicación del cliente. Un cliente puede enviar información al módulo Xbee. Estos datos serán contenidos en un frame cuya cabecera tendrá información útil referente el módulo. Esta información además se podrá configurar, esto es, en vez de estar usando el modo de comandos para modificar las direcciones, la API lo realiza automáticamente. El módulo así enviará paquetes de datos contenidos en frames a otros módulos de destino, con información a sus respectivas aplicaciones, conteniendo paquetes de estado, así como el origen, RSSI (potencia de la señal de recepción) e información de la carga útil de los paquetes recibidos.

Entre las opciones que permite la API, se tienen:

- Transmitir información a múltiples destinatarios, sin entrar al modo de Comandos.
- Recibir estado de éxito/falla de cada paquete RF transmitido.
- Identificar la dirección de origen de cada paquete recibido.

5.9.3 Modo IDLE

Cuando el módulo no se está en ninguno de los otros modos, se encuentra en éste. Es decir, si no está ni transmitiendo ni recibiendo, ni ahorrando energía ni en el modo de comandos, entonces se dice que se encuentra en un estado al que se le llama IDLE.

Direccionamiento de los módulos

Los módulos permiten 2 tipos de direccionamiento. La de 16 bit y la de 64 bits. La principal diferencia es que en la de 64 bit, es posible obtener una mayor cantidad de direcciones y por lo tanto, una mayor cantidad de nodos o equipos funcionando en la misma red. Son a través de estas direcciones que los módulos se comunican entre sí.

La dirección de origen de 16 bits del módulo se define arbitrariamente con el comando MY (ATMY – 16 bit Source Address).

La de destino con los comandos DL (ATDL – Destination Address Low) y DH (Destination Address High). Direccionamiento de 16 bit.

El comando MY, define un número de 16 bit como dirección del módulo dentro de la red.

El rango se encuentra entre 0x0 y 0xFFFFE (la dirección 0xFFFF y 0xFFFFE son para habilitar la dirección de 64-bit, por lo que si se desea utilizar direccionamiento de 16 bits, estos valores no deben ser usados). Para definirla se ingresa ATMY y el número en formato hexadecimal, pero sin el „0x“. Por ejemplo si a un módulo se le quiere asignar la dirección 0x3BF1 (15345 en decimal), entonces se debe ingresar el comando ATMY3BF1.

El comando DL, permite definir un número de 16 bit como dirección del módulo de destino dentro de la red al cual se va a realizar la comunicación. El rango debe estar entre 0x0 y 0xFFFFE (las direcciones 0xFFFFE y 0xFFFF se utilizan para direccionamiento de 64 bits). Así para habilitar el direccionamiento de 16 bit, se debe utilizar una dirección menor a 0xFFFFE con el comando MY, de igual modo para DL y se debe dejar en cero el comando DH=0 (ATDH0). No se permite usar la dirección 0xFFFFE ni 0xFFFFE para el direccionamiento de 16 bits.

Cuando se utiliza direccionamiento de 64 bit, para asignar una dirección de destino, se utilizan los comandos DL y DH. Éstos son de 32 bit cada uno (para el direccionamiento de 16 bit, DL se maneja como uno de 16, mientras que DH se mantiene en cero) y juntos (DL+DH) forman el número de 64 bit que debe corresponder con el número serial de otro módulo formado por SL+SH. Así para _ ODEM_ dor_ l algún dato, DL debe ser igual a SL y DH debe ser igual a SH, donde SL+SH corresponden al número

serial de un módulo destino configurado para direccionamiento de 64 bits.

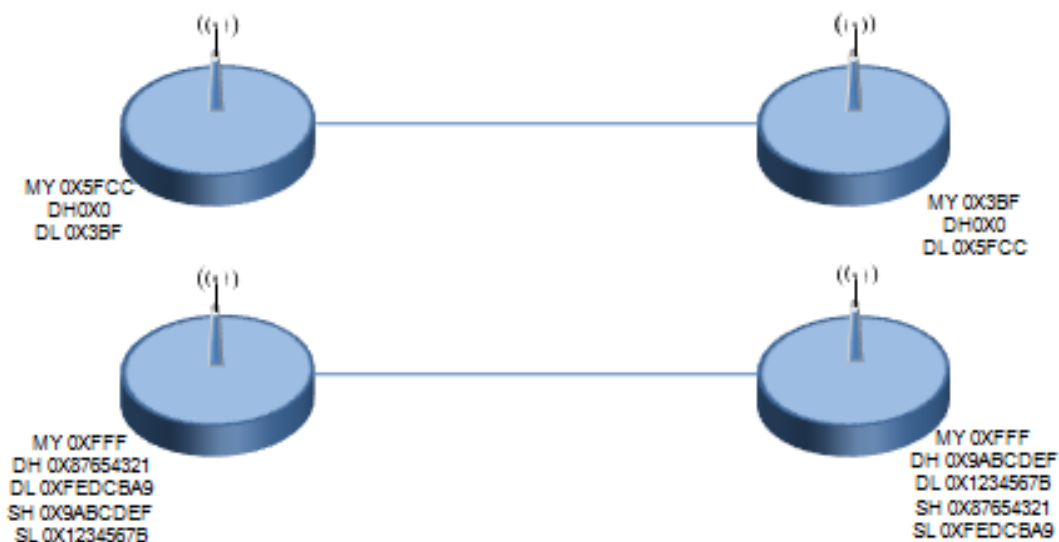
Esta es la conexión que viene por defecto y es la forma más sencilla de configurar el módem. Básicamente todo lo que pasa por el puerto UART (DIN, pin 3), es enviado al módulo deseado, y lo recibido en el módulo, es enviado devuelta por el mismo puerto UART (DOUT, pin2).

Existen básicamente 4 tipos de conexión transparente. La diferencia principal radica en el número de nodos o puntos de acceso, y la forma en que éstos interactúan entre sí.

Punto a Punto.

Es la conexión ideal para reemplazar comunicación serial por un cable. Sólo se debe configurar la dirección. Para ello se utilizan los comandos MY y el DL. La idea, es definir arbitrariamente una dirección para un módulo, usando el comando MY, el cual se va a comunicar con otro que tiene la dirección DL, también definida arbitrariamente. Con esto cada módulo define su dirección con MY, y escribe la dirección del módulo al cual se desea conectar usando DL.

En este modo, el módulo receptor del mensaje envía un paquete al módulo de origen llamado ACK (viene de Acknowledgment) que indica que el mensaje se recibió correctamente.



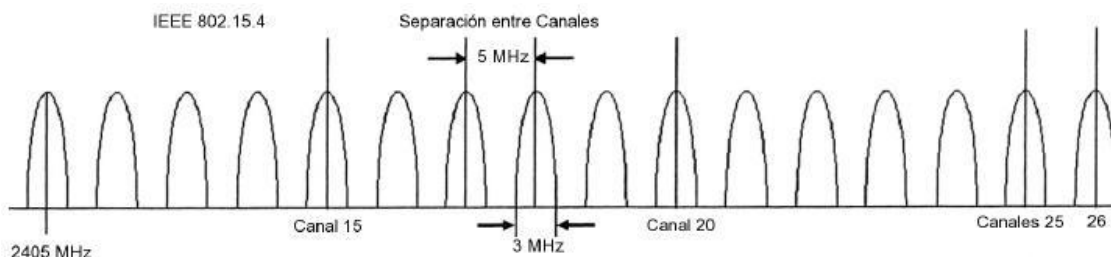
En la figura anterior se muestra que la primera conexión es una punto a punto utilizando direccionamiento de 16 bits, mientras que la segunda utiliza direccionamiento de 64 bits. Una vez configurado, el módem se encuentra listo para funcionar. Así todo lo que se transmite por el pin DIN de un módulo, es recibido por el pin DOUT del otro. Para que el modo Punto a Punto funcione, los módulos deben pertenecer a la misma PAN ID y al mismo canal. Más adelante se explica cómo configurar la PAN ID y el Canal.

Esta conexión, permite prestaciones extras. Se diferencia del Broadcast, en que permite transmitir información, desde la entrada serial de un módulo (DIN, pin 3) a uno o varios módulos conectados a la misma red de manera más controlada, ya que se necesitan las direcciones de los otros módulos, por lo que existe mayor seguridad. Para esto se necesitan dos comandos más aparte de MY y DL. Se utilizará el direccionamiento de 16 bits.

El primer comando es el ID de la PAN (Personal Area Network- Red de Área Personal).

Todos los módulos que tengan idéntico PAN ID, pertenecerán a la misma red. El comando para configurar este valor es ID, es decir, ATID, y su rango va entre 0x0 y 0xFFFF. Por ejemplo si queremos ajustar el PAN ID como 0x3332, se debe ingresar ATID3332. Este parámetro también es arbitrario, al igual que MY y DL.

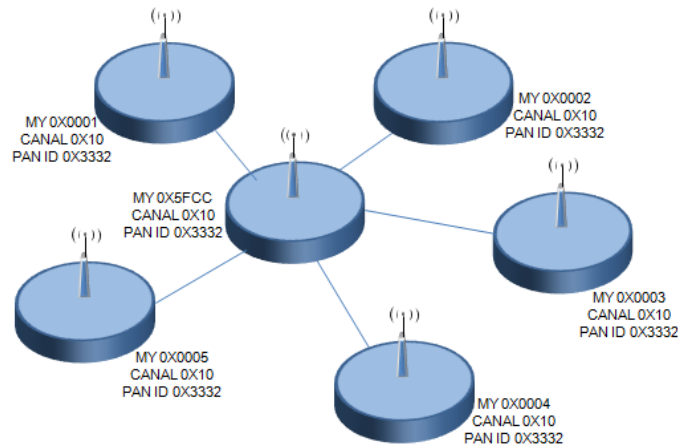
El otro comando corresponde al canal por el cual se va a comunicar. Según la Figura 7, se disponen de 16 canales según el protocolo IEEE 802.15.4. Este estándar indica que entre cada canal, deben existir 5 MHz de diferencia, partiendo de la frecuencia base 2.405 GHz, se llegan hasta los 2.480 GHz.



La elección del canal debe ser cuidadosa, ya que otras tecnologías como WI-FI o Bluetooth utilizan el mismo espectro de frecuencias, por lo que se podría producir interferencia.

Con todo lo anterior, es posible configurar una PAN y hacer una conexión punto a

multipunto. La red se vería como:



Así en cada nodo se configura una dirección MY distinta, pero utilizando el mismo canal y el mismo PAN ID, que en la figura corresponden al canal 15 (0x10) y al ID 0x3332 de la PAN.

Para que cada módulo reciba la información, debe ser estrictamente necesario que tengan tanto el mismo canal, como el mismo PAN ID. Incluso si se trabaja en Broadcast o punto a punto los módulos deben coincidir en ello. Los módulos vienen por defecto configurados con el canal 0x0C y el PAN ID 0x3332 por defecto.

Broadcast

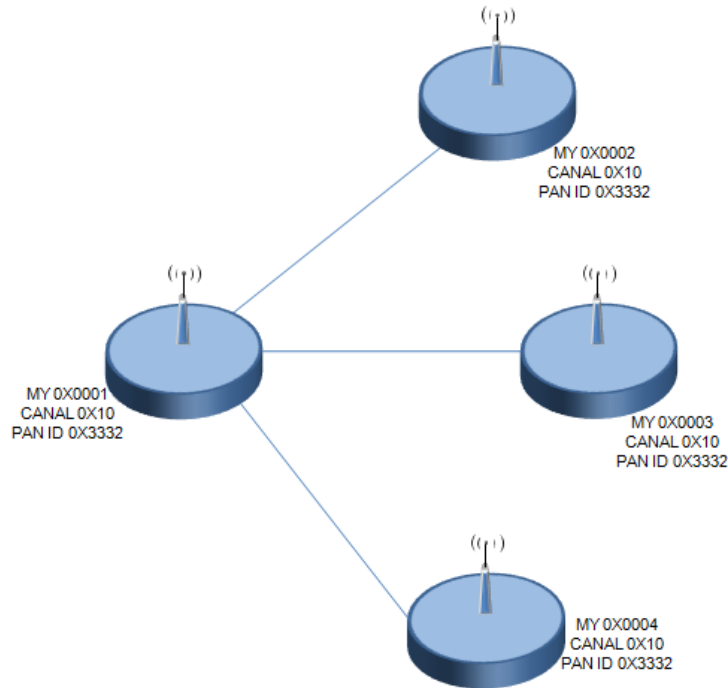
Esta configuración permite el envío de información desde un nodo a varios nodos en una misma red PAN. La información recibida es la misma para todos los nodos. Para que un módulo entregue datos a todos los nodos, es necesario ajustarlo con la dirección de Broadcast. Cualquier módulo que reciba un paquete con una dirección de destino de Broadcast será aceptado.

La dirección de Broadcast es:

DL=0x0000FFFF

DH=0x00000000

Esta dirección puede ser configurada en todos los nodos de la red, ya sea que estén en direccionamiento de 16 o 64 bits. Así se puede ingresar ATDH0 y ATDL0000FFFF en todos los módulos para que el modo broadcast esté habilitado. Para que este modo funcione, los módulos deben pertenecer a la misma PAN ID y al mismo canal. La siguiente figura muestra una red de Broadcast en cada nodo:



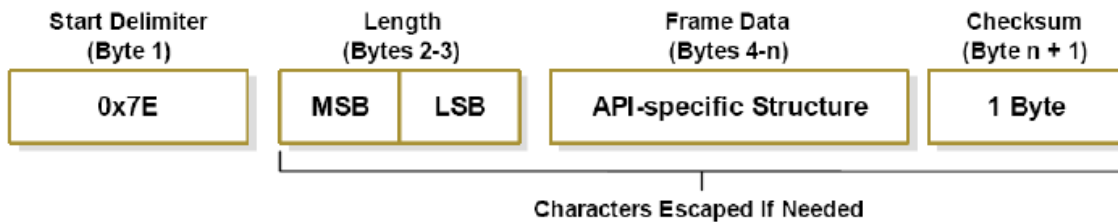
Se observa en la figura anterior la configuración de Broadcast. Si se envía algún dato por el módulo 0x0001, la información enviada será recibida por igual en el resto de los módulos (0x0002, 0x0003 y 0x0004). Del mismo modo si se envía algún dato por otro módulo, por ejemplo por el 0x0004, este dato le llegará al resto, es decir, al 0x0001, 0x0002 y al 0x0003. Cabe mencionar que este tipo de red o de envío de datos, no entrega respuesta de recibo o ACK, por lo que no es posible saber si el paquete fue entregado correctamente o si es que llegó.

Si se ajusta la dirección PAN ID del módulo como ID=0xFFFF, se produce Broadcast a todas las redes PAN. Esto es, los datos son transmitidos a las distintas redes PAN, pero no se confirma la entrega de éstos (no se recibe ACK). Si se ingresa ID=0xFFFF y además DL=0xFFFF se realiza doble broadcast, es decir, además de transmitirse los datos a todas las redes PAN, el mensaje es transmitido a todos los módulos de cada una de ellas. Si se ingresa ID=0xFFFF y DL=0xAAAA (dirección arbitraria), los datos son transmitidos a todos los módulos que posean la dirección AAAA, pero que no necesariamente se encuentren en la misma red PAN.

Conexión API

Esta conexión, agrega información extra a los paquetes de datos RF. Ya no son enviados de forma transparente, sino que cada paquete de datos, son almacenados dentro de un frame, con una estructura definida que permite una forma más robusta para enviar datos. Esto permite entre otras cosas determinar el origen de algún paquete recibido dentro de la red. Cuando la configuración API está activada, cada

paquete RF que se envía o recibe se encapsula en un frame de datos UART. Para esto se utiliza el comando AP. El frame se observa en la siguiente figura:



Existen tres posibilidades de configuración. Con AP=0, se deshabilita el frame API y el módulo trabaja en modo transparente. Con AP=1, el módulo trabaja en el modo API. Y con AP=2, el módulo trabaja en modo API, pero con Carácter de Escape. Este modo es necesario sólo cuando se envían bytes que interfieren con la estructura del Frame. Éstos son:

- 0x7E – Delimitador de Frame.
- 0x7D – Escape
- 0x11 – XON
- 0x13 – XOFF

PROTOCOLO USB(USB E/S)

Como resultado de un intento de dotar al PC de un bus de alta velocidad que ofreciera las características ideales PnP de universalidad; facilidad de conexión y desconexión, y sobre todo, que consumiese pocos recursos. Intel y otros líderes de la industria diseñaron el Bus Serie Universal, más comúnmente conocido por USB ("Universal Serial Bus"). Que como su nombre indica, es un bus serie bidireccional y de bajo costo. Diseñado como una extensión en la arquitectura estándar del PC y orientado principalmente en la integración de periféricos.

La tecnología USB ha sido promovida principalmente por Intel, aunque le han seguido todos los grandes fabricantes, de forma que se ha convertido en un estándar importante.

- USB 0.9: Primer borrador, publicado en Noviembre de 1995.
- USB 1.0: Publicada en 1996 establece dos tipos de conexión: La primera,

denominada velocidad baja ("Low speed"), ofrece 1.5 Mbps, y está pensada para periféricos que no requieren un gran ancho de banda, como ratones o joysticks. La segunda, denominada velocidad completa ("Full speed"), es de 12 Mbps, y está destinada a los dispositivos más rápidos.

- USB 1.1: Publicada en 1998, añade detalles y precisiones a la norma inicial; es el estándar mínimo que debe cumplir un dispositivo USB.
- USB 2.0: Su versión final fue publicada en Abril del 2000; es una extensión de la norma compatible con las anteriores. Permite velocidades de hasta 480 Mbps, denominada alta velocidad ("High speed").

El sistema de bus serie universal USB consta de tres componentes:

- Controlador.
- Hubs o Concentradores.
- Periféricos.

Controlador

El controlador reside dentro del PC y es responsable de las comunicaciones entre los periféricos USB y la CPU del PC. Es también responsable de la admisión de los periféricos dentro del bus, tanto si se detecta una conexión como una desconexión. Para cada periférico añadido, el controlador determina su tipo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en las comunicaciones con el mismo. Si se producen errores durante la conexión, el controlador lo comunica a la CPU, que, a su vez, lo transmite al usuario. Una vez se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento.

Concentradores o Hubs.

Son distribuidores inteligentes de datos y alimentación, y hacen posible la conexión a un único puerto USB de 127 dispositivos. De una forma selectiva reparten datos y alimentación hacia sus puertos descendentes y permiten la comunicación hacia su puerto de retorno o ascendente.

El bus serie USB es síncrono, y utiliza el algoritmo de codificación NRZI ("Non Return to Zero Inverted"). En este sistema existen dos voltajes opuestos; una tensión de referencia corresponde a un "1", pero no hay retorno a cero entre bits, de forma que una serie de unos corresponde a un voltaje uniforme; en cambio los ceros se marcan como cambios del nivel de tensión, de modo que una sucesión de ceros produce

sucesivos cambios de tensión entre los conductores de señal.

A partir de las salidas proporcionadas por los concentradores raíz y utilizando concentradores adicionales, pueden conectarse más dispositivos hasta el límite señalado.

El protocolo de comunicación utilizado es de testigo, que guarda cierta similitud con el sistema Token-Ring de IBM. Puesto que todos los periféricos comparten el bus y pueden funcionar de forma simultánea, la información es enviada en paquetes; cada paquete contiene una cabecera que indica el periférico a que va dirigido. Existen cuatro tipos de paquetes distintos: Token; Datos; Handshake, y Especial; el máximo de datos por paquete es de 8; 16; 32 y 64 Bytes. Se utiliza un sistema de detección y corrección de errores bastante robusto tipo CRC ("Cyclical Redundancy Check").

El funcionamiento está centrado en el host, todas las transacciones se originan en él. Es el controlador host el que decide todas las acciones, incluyendo el número asignado a cada dispositivo (esta asignación es realizada automáticamente por el controlador "host" cada vez que se inicia el sistema o se añade, o elimina, un nuevo dispositivo en el bus), su ancho de banda, etc. Cuando se detecta un nuevo dispositivo es el host el encargado de cargar los drivers oportunos sin necesidad de intervención por el usuario.

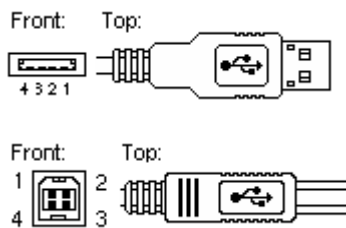
El sistema utiliza cuatro tipos de transacciones que resuelven todas las posibles situaciones de comunicación. Cada transacción utiliza un mínimo de tres paquetes, el primero es siempre un Token que avisa al dispositivo que puede iniciar la transmisión.

- Transferencia de control: Ocurre cuando un dispositivo se conecta por primera vez. En este momento el controlador de host envía un paquete "Token" al periférico notificándole el número que le ha asignado.
- Transferencia de pila de datos ("Bulk data transfer"): Este proceso se utiliza para enviar gran cantidad de datos de una sola vez. Es útil para dispositivos que tienen que enviar gran cantidad de datos cada vez, como escáneres o máquinas de fotografía digital.
- Transferencia por interrupción ("Interrupt data transfer"): Este proceso se utiliza cuando se solicita enviar información por el bus en una sola dirección (de la función al host).
- Transferencia de datos isócrona ("Isochronous data transfer"): Este proceso se utiliza cuando es necesario enviar datos en tiempo real. Los datos son enviados con una cadencia precisa ajustada a un reloj, de modo que la transmisión es a velocidad constante.

Descripción técnica:

El cable de bus USB es de 4 hilos, y comprende líneas de señal (datos) y alimentación, con lo que las funciones pueden utilizar un único cable. Existen dos tipos de cable: protegidos y los no protegidos (Contra interferencia). En el primer caso el par de hilos de señal es trenzado; los de tierra y alimentación son rectos, y la cubierta de protección solo puede conectarse a tierra. En el cable sin proteger todos los hilos son rectos. Las conexiones a 15 Mbps y superiores exigen cable acorazado o protegido.

Se usan dos tipos de conectores, A y B. Ambos son polarizados (solo pueden insertarse en una posición) y utilizan sistemas de presión para sujetarse. Los de tipo A utilizan la hembra en el sistema anfitrión, y suelen usarse en dispositivos en los que la conexión es permanente (por ejemplo, ratones y teclados). Los de tipo B utilizan la hembra en el dispositivo USB (función), y se utilizan en sistemas móviles (por ejemplo, cámaras fotográficas o altavoces). En general podemos afirmar que la hembra de los conectores A están en el lado del host (PC) o de los concentradores (Hubs), mientras las de tipo B están del lado de los periféricos.



Pin	Nombre	Descripción	Color
1	VBUS	+ 5 V. CC	rojo
2	D-	Data -	azul
3	D+	Data +	amarillo
4	GND	Tierra	verde

5.10 Microcontrolador PIC.

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

Juego de instrucciones y entorno de programación.

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto/retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada sleep.

Microchip proporciona un entorno de desarrollo freeware llamado MPLAB que incluye un simulador software y un ensamblador. Otras empresas desarrollan compiladores C, BASIC como Mikroelectrónica. Microchip también vende compiladores para los PICs de gama alta ("C18" para la serie F18 y "C30" para los dsPICs) y se puede descargar una edición para estudiantes del C18 que inhabilita algunas opciones después de un tiempo de evaluación.

Programación del PIC

Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. La mayoría de PICs que Microchip distribuye hoy en día incorporan ICSP (In Circuit Serial Programming, programación serie incorporada) o LVP (Low Voltage Programming, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino. Para la ICSP se usan los pines RB6 y RB7 como reloj y datos y el MCLR para activar el modo programación aplicando un voltaje de unos 13 voltios.

5.10.1 Microcontrolador PIC18f4550



PIC18: microcontroladores de 8 bits, con gran variedad de número de pines y prestaciones medias/altas.

Ventajas de los microcontroladores PIC de Microchip:

- Amplia gama: gran variedad de familias que permiten adaptar el uC a las necesidades de cada aplicación

- Gran variedad de unidades funcionales (temporizadores, USART, I2C, SPI, unidades de comparación/captura/PWM, Convertidores A/D, USB, receptores/transmisores de RF, Ethernet, etc.)
- Precios competitivos
- Buen soporte (datasheet, libros, notas de aplicación, seminarios, mucha información disponible en internet)

Características fundamentales:

CARACTERISTICAS	PIC18F4550	PIC18F2450
Frecuencia de Operación	Hasta 48MHz	Hasta 48MHz
Memoria de Programa (bytes)	32.768	32.768
Memoria RAM de Datos (bytes)	2.048	2.048
Memoria EEPROM Datos (bytes)	256	256
Interruptores	20	20
Líneas de E/S	35	24
Temporizadores	4	4
Módulos de Comparación/Captura/PWM (CCP)	1	2
Módulos de Comparación/Captura/PWM Mejorado (ECCP)	1	0
Canales de Comunicación Serie	MSSP. EUSART	MSSP. EEUSAR
Canal USB	1	1
Puerto Paralelo de Transmisión de Datos (SPP)	1	0
Canales de Conversión A/D de 10 bits	13 Canales	10 Canales
Comparadores Analógicos	2	2
Juego de Instrucciones	75 (83 ext.)	75 (83 ext.)
Encapsulado	PDIP 40 pines QFN 40 pines TQFP 40 pines	PDIP 28 pines SOIC 28 pines

5.11 ELECTROVALVULA



Es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

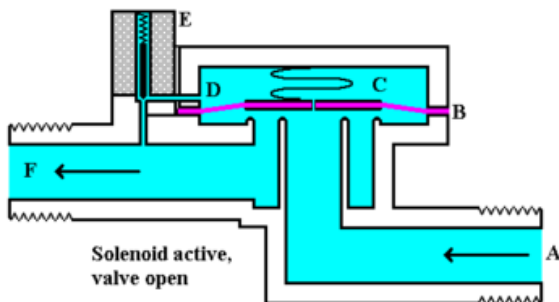
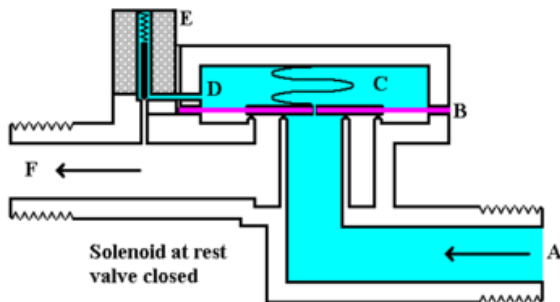
Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el

solenoid la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.



Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

- A-Entrada
- B-Diafragma
- C-Cámara de presión
- D- Conducto de vaciado de presión
- E- Solenoide
- F- Salida

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

5.12 Bomba periférica (de agua)



5.12.1 bomba periférica

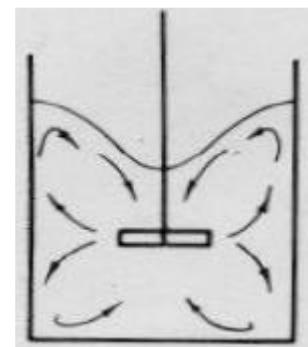
5.13 Agitador y Calentador

El cálculo para conocer la potencia del motor del agitador, tuvo como punto de partida la conclusión hecha en la etapa de experimentación; la intensidad de la agitación no es un factor determinante en la obtención de biodiesel, basta con que ésta sea suficiente para mantener una mezcla homogénea que favorezca el contacto de los reactivos, sobretodo en las etapas donde la viscosidad de la mezcla se incrementa.

Se eligió hacer uso de un motor eléctrico monofásico de 1800 rpm, considerando que no es muy común en el mercado y por tanto difícil de conseguir.



5.13.1 Calentador y agitador



Impulsor del motor agitador

6.0 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La presente propuesta de investigación pretende contribuir a la automatización de la planta de producción de biodiesel, con el fin de maximizar el rendimiento de dicha planta, en base al uso de herramientas electrónicas para un óptimo suministro de materia prima como son: (aceite vegetal o animal) así también como químicos participantes en las reacciones asociadas al proceso tales como el metanol, catalizador, ácido mineral y el monitoreo de los procesos realizados en los reactores y mezcladores. De acuerdo a las figuras 3.3 y 3.4, las mediciones de las variables características del proceso estarían ubicadas en las diferentes unidades de proceso indicadas.

Diagrama de flujo del proceso

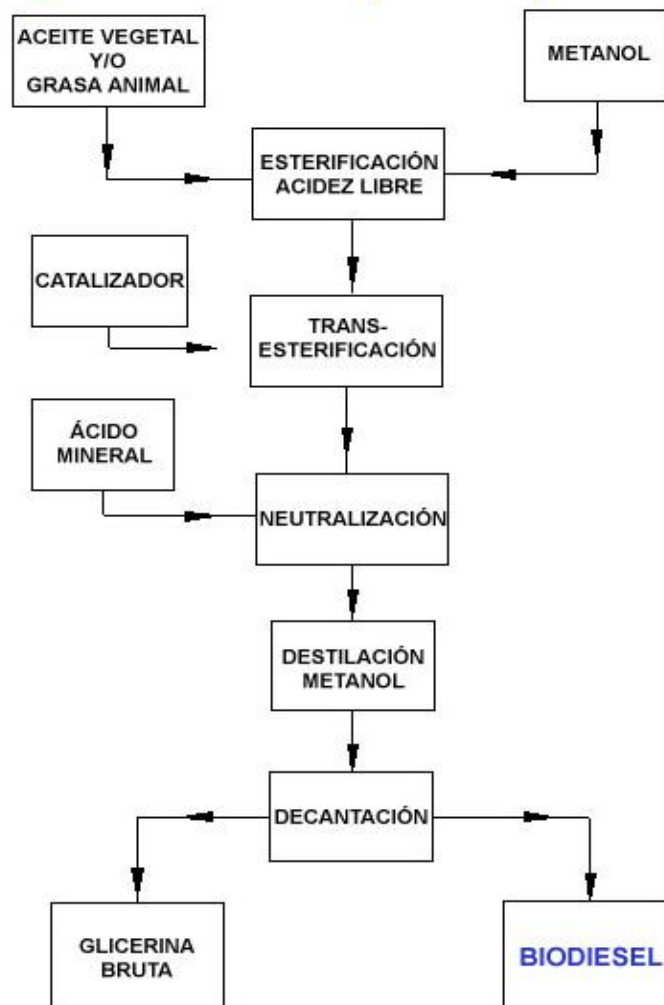


Fig. 6.1 diagrama del proceso

DIAGRAMA A BLOQUES DE ADQUISICION DE DATOS DEL SENSADO

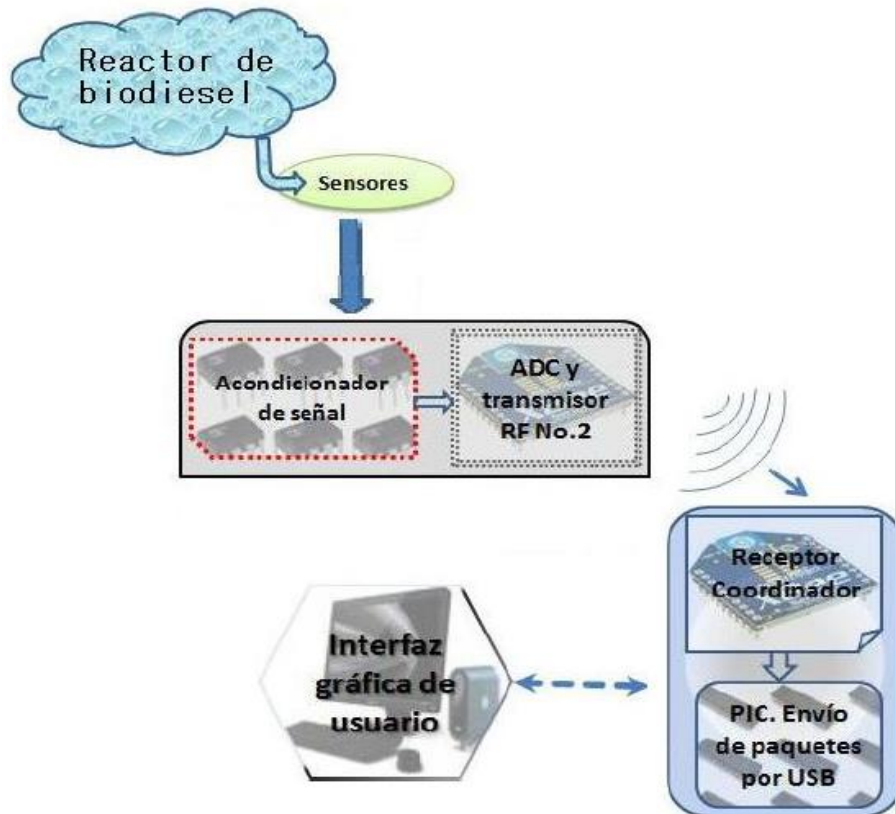


Fig. 6.2 diagrama a bloques del sensado

El monitoreo de las variables características de la planta de producción de biodiesel es muy importante presentarla en las diferentes unidades del proceso.

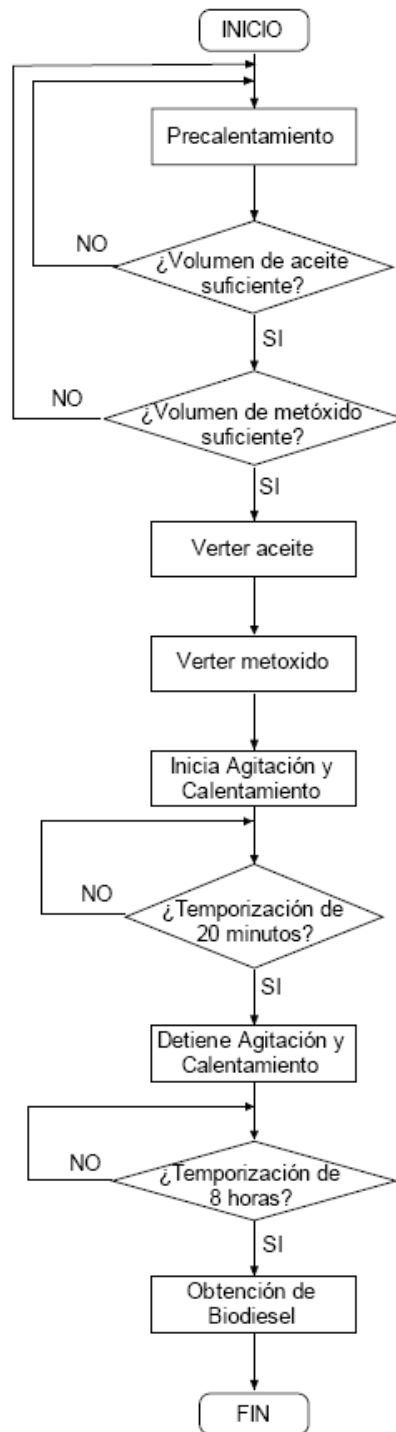


Fig. 6.3 Diagrama típico de la operación de una planta de producción de Biodiesel

6.1 Procesos para la obtención del Biodiesel

6.1.1 Tipo de proceso.

El proceso de transesterificación que se llevará a cabo en el prototipo podrá considerarse por lotes aún y que, si después del tiempo de reacción se trasfiere la carga del reactor a otro tanque para que se separen la glicerina y el biodiesel, inmediatamente se puede iniciar una nueva carga.

6.1.2 Tamaño del prototipo.

El prototipo diseñado y construido como objetivo principal de este trabajo de residencia, representa el escalamiento a equipo piloto del proceso estudiado a nivel laboratorio. Las características de los materiales en que se construirá, la instrumentación y los sistemas de control para su operación servirán de modelo (prototipo), en caso de que se quiera reproducir el proceso a escala industrial. En este caso particular, se diseñó para una capacidad máxima de producción de biodiesel de 10 litros por lote.

6.1.3 Suministro de las sustancias.

A través de la acción de la gravedad se van a verter las sustancias que intervienen en la reacción, con esto, se anula el uso de un dispositivo de bombeo.

6.2 Reactor

La reacción de transesterificación para producir biodiesel se propicia en el reactor. Durante el tiempo de reacción se mantiene la mezcla en agitación, así como a la temperatura dentro del intervalo especificado. El tiempo de reacción y de agitación es de 25 minutos. Culminada la agitación, se deja reposar la mezcla en el mismo reactor para que se logre la separación de glicerina y biodiesel por diferencia de densidades. Como mínimo se requieren de 4 horas para garantizar que se ha precipitado la totalidad de la glicerina.

La glicerina se precipita en el fondo del reactor, aunque no se hizo de forma cónica, es conveniente que la forma de dicho reactor sea parecida a un embudo, es decir de forma cónica, con ello permitirá drenar su contenido con mayor facilidad.

Considerando el tamaño del prototipo, el reactor se diseñó para manejar hasta un volumen de 10 litros de mezcla aceite-metóxido. Poniendo atención que al agitar, el nivel de la mezcla se incrementa.

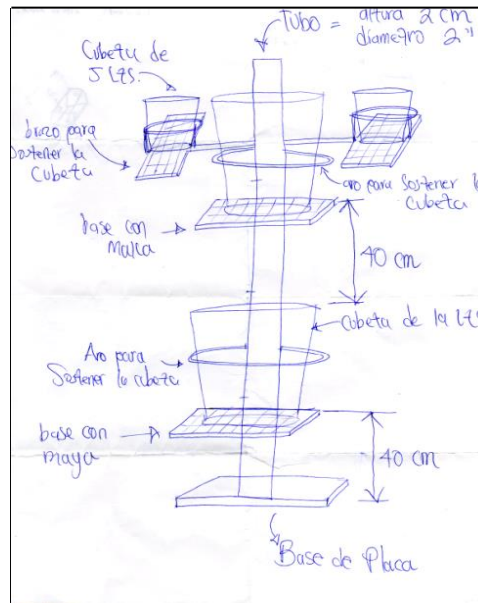


Fig. 6.2.1 Boceto del reactor de biodiesel

Recipiente contenedor de aceite

Para almacenar el aceite vegetal se diseñó un recipiente de plástico de grado 2, es decir resistente a los químicos a utilizar.



Recipiente contenedor de metóxido

La mezcla de metanol y sosa cáustica se le conoce como metóxido, el cual estará contenido en un recipiente de plástico de grado 2.



Armadura de soporte

La armadura de soporte fue diseñada para ser totalmente móvil, es decir, que se pueda transportar de un lugar a otro sin ningún problema pero de manera eficiente en la producción de Bio-diesel.



7.0 CONSTRUCCION Y PRUEBAS DEL PROTOTIPO

7.1 CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

En una etapa inicial, se consiguieron las partes que conformarían el reactor y los recipientes de aceite y metóxido de acuerdo a las cantidades requeridas.

El siguiente componente en ser construido fue la armadura de soporte, con uniones soldadas en su mayoría, y en casos pertinentes, la armadura en un inicio era blanca pero fue pintada de color negro para dar una mejor presentación al equipo.

La colocación de los recipientes y el reactor en la armadura de soporte, permitieron definir las medidas de la tubería.

La tubería de pvc y mangueras de 1/2", conecta a los recipientes de aceite y metóxido con el reactor, a través de electroválvulas del mismo diámetro de conexión. El ensamble de los tramos de mangueras con las electroválvulas es de manera roscada.

El motor del agitador y calentador se acopló a un al reactor de acero inoxidable, el motor quedó instalado sobre la parte central de la tapa del reactor.



7.2 El reactor y sus partes

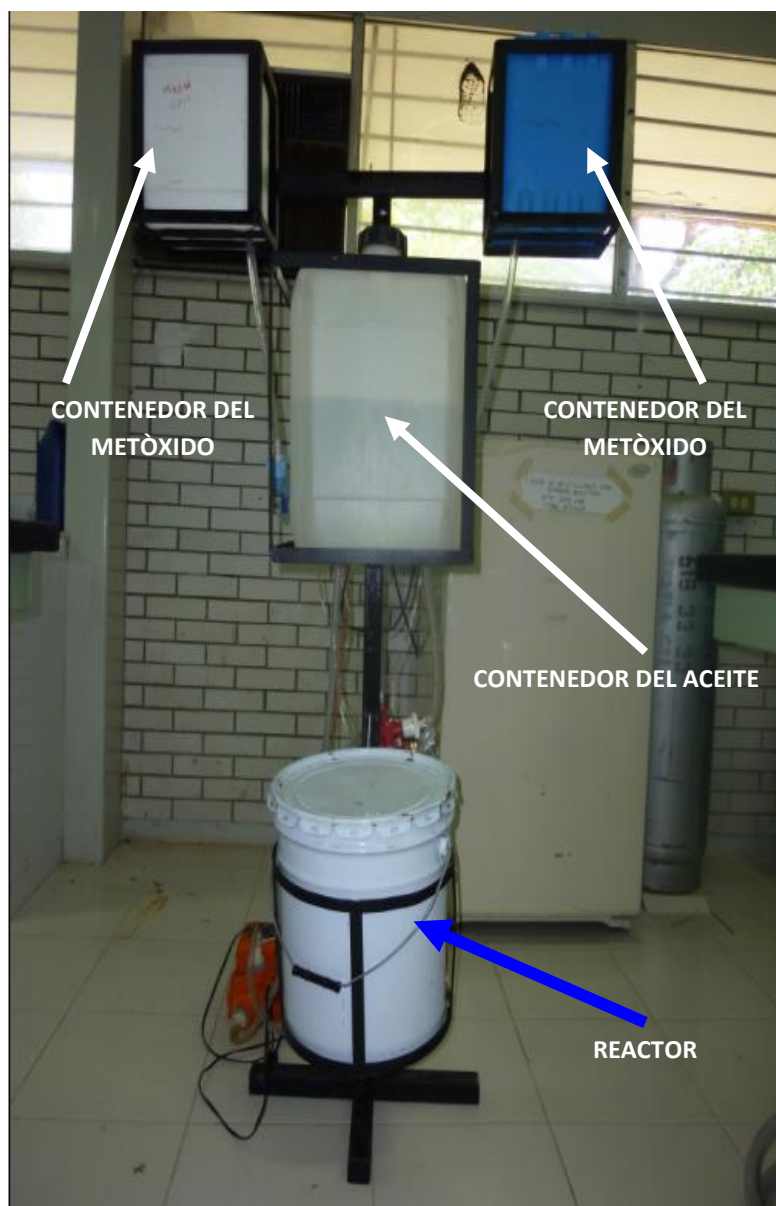




Figura 7.2.1 Modulo de transmisión xbee en el reactor

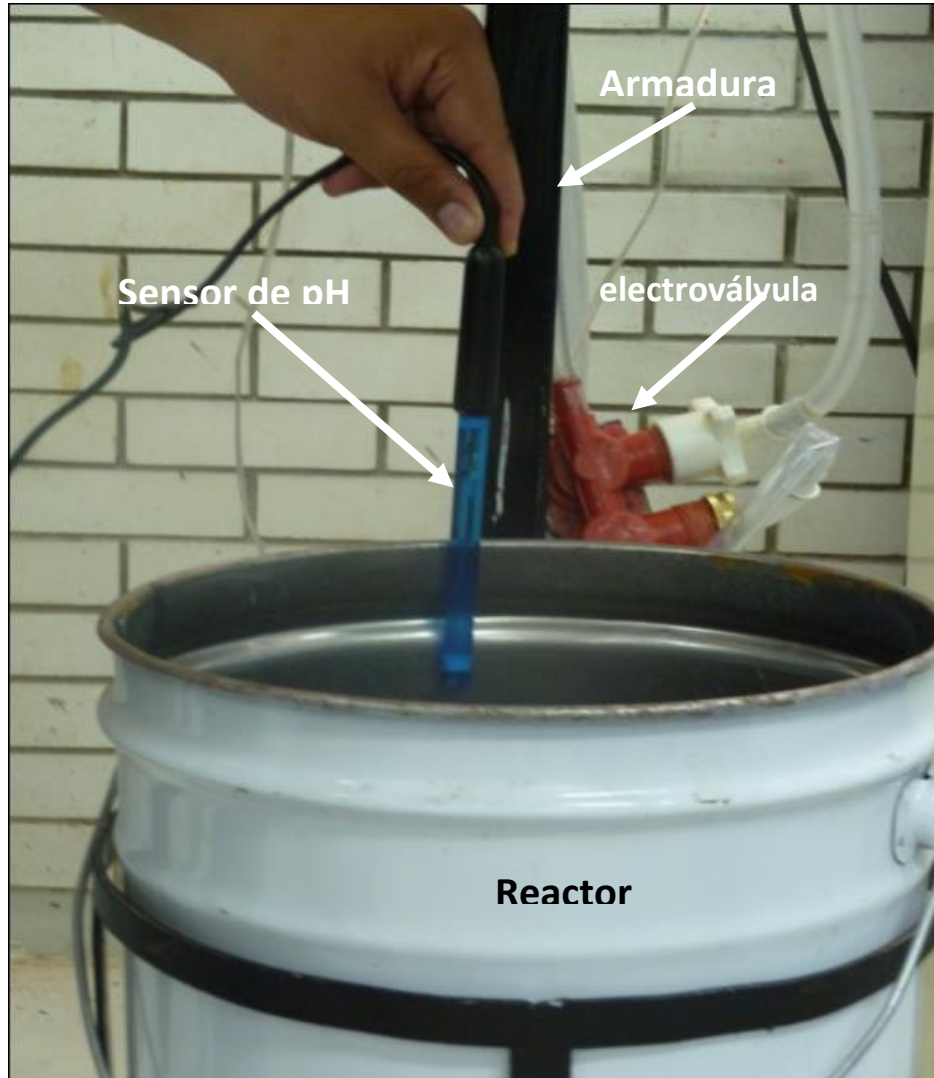
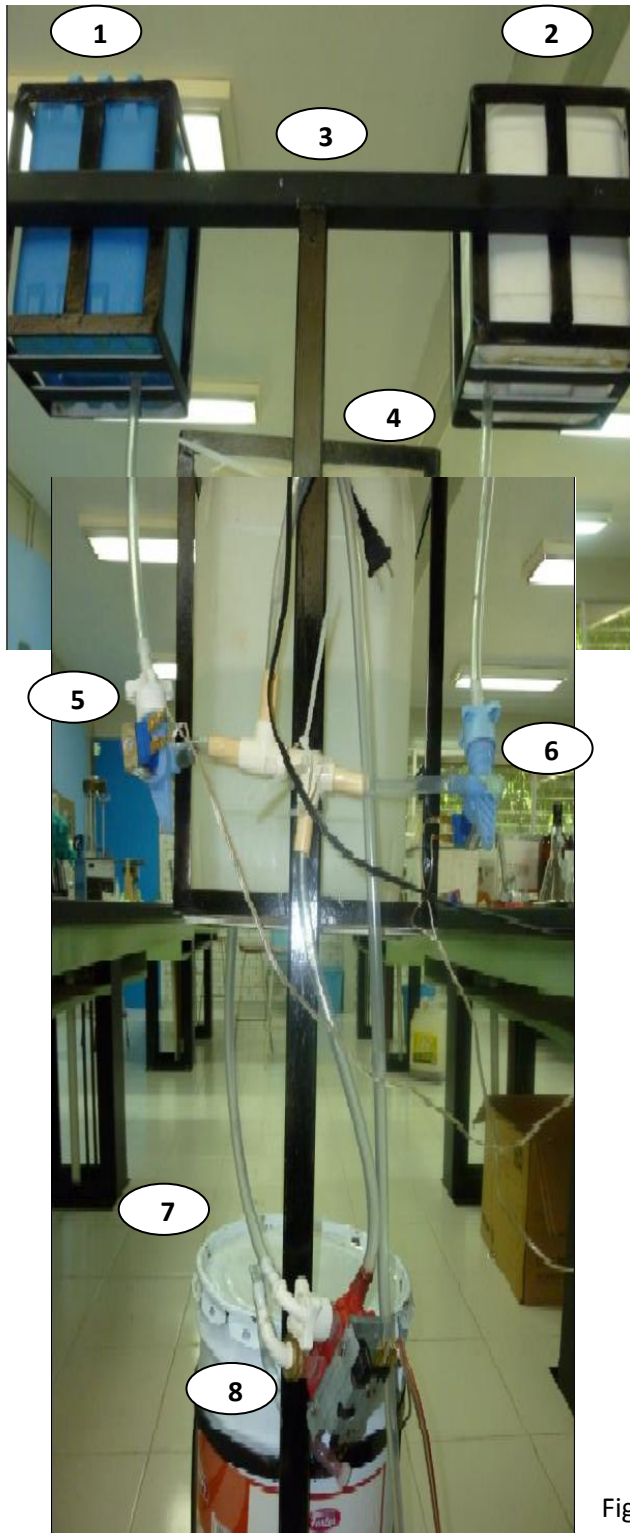


Figura 7.2. 2 Sensor de ph en el reactor



COMPONENTES PRINCIPALES

1. CONTENEDOR DE METOXIDO
2. CONTENEDOR DE METOXIDO
3. ARMADURA DE SOPORTE
4. CONTENEDOR DE ACEITE
5. ELECTROVALVULA
6. ELECTROVALVULA
7. REACTOR

Fig. 7.2.3 partes del reactor

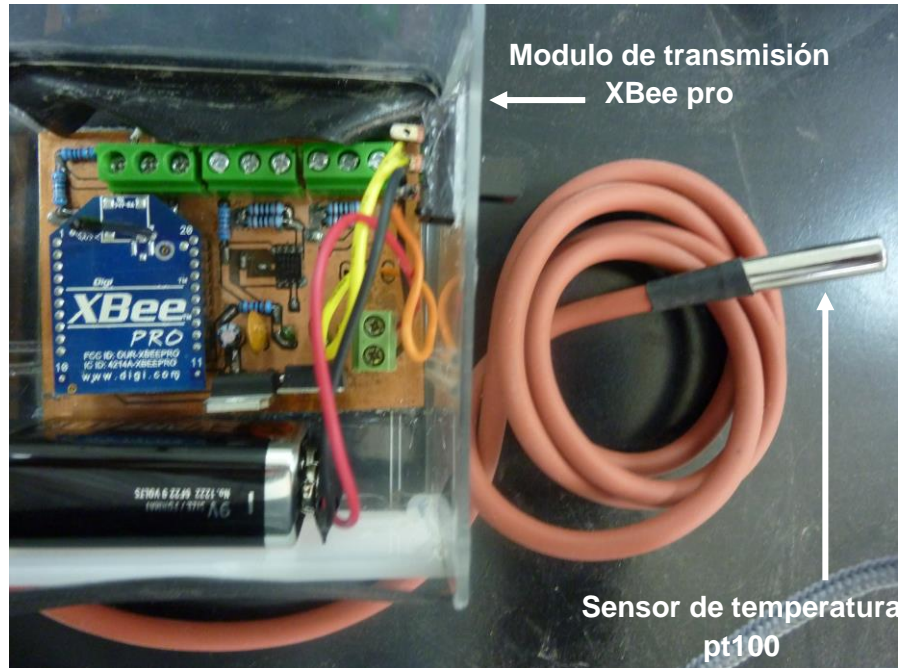


Figura 7.2.4 Modulo transmisor xbee



Figura 7.2.5 Modulo receptor xbee

7.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Habiendo terminado la construcción y armado del prototipo, se realizaron diferentes pruebas de su funcionamiento variando las condiciones de operación y volúmenes de producción de biodiesel.

Las pruebas de funcionamiento deben atestiguar que se estén realizando cada una de las etapas del proceso y que se obtengan resultados favorables en la obtención de biodiesel. De esta manera, los pasos que se verificaron en cada una de las pruebas fueron:

1. Comprobar la parte de la evaluación llamada, falta de aceite y/o metóxido.
2. Con los volúmenes necesarios de aceite y metóxido, arrancar la prueba.
3. Verificar lo siguiente, de acuerdo a las etapas del proceso:
 - a. Iniciar con un Precalentamiento, observar en el multímetro que la temperatura se encuentre en el rango de 40-41°C.
 - b. Cuando alcance la temperatura deseada, pasará a la etapa de Vertiendo el aceite y encenderá el led correspondiente.
 - c. Continuará con Vertiendo el metóxido.
 - d. Agitación y Calentamiento se activarán al mismo tiempo.
 - e. Visualizar en el cronómetro que el tiempo agitación sea de 25 minutos.
 - f. Cumplido los 25 minutos, empezará la Separación.
 - g. Después de 4 horas de estar en reposo, se abrirá la válvula a la salida del reactor. Se estará drenando la glicerina.

Cabe hacer mención que, con estas pruebas se comprobó la existencia de un escalamiento, en las cantidades de los reactivos usados.

7.3.1 Tablas y graficas de las pruebas

1er.
Muestreo
MEDICION
DE Ph

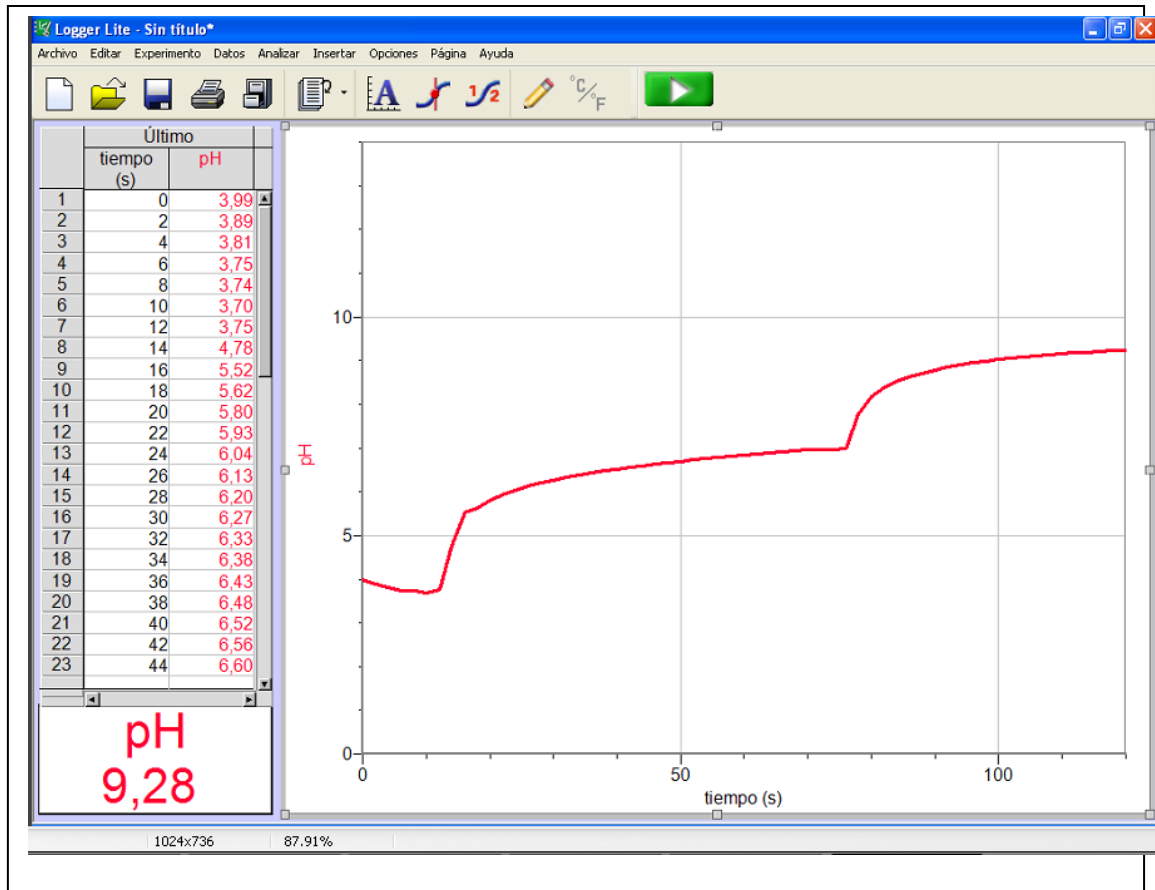


Tabla 7.3.1 primer censado de ph

2do.
Muestreo
MEDICION
DE Ph

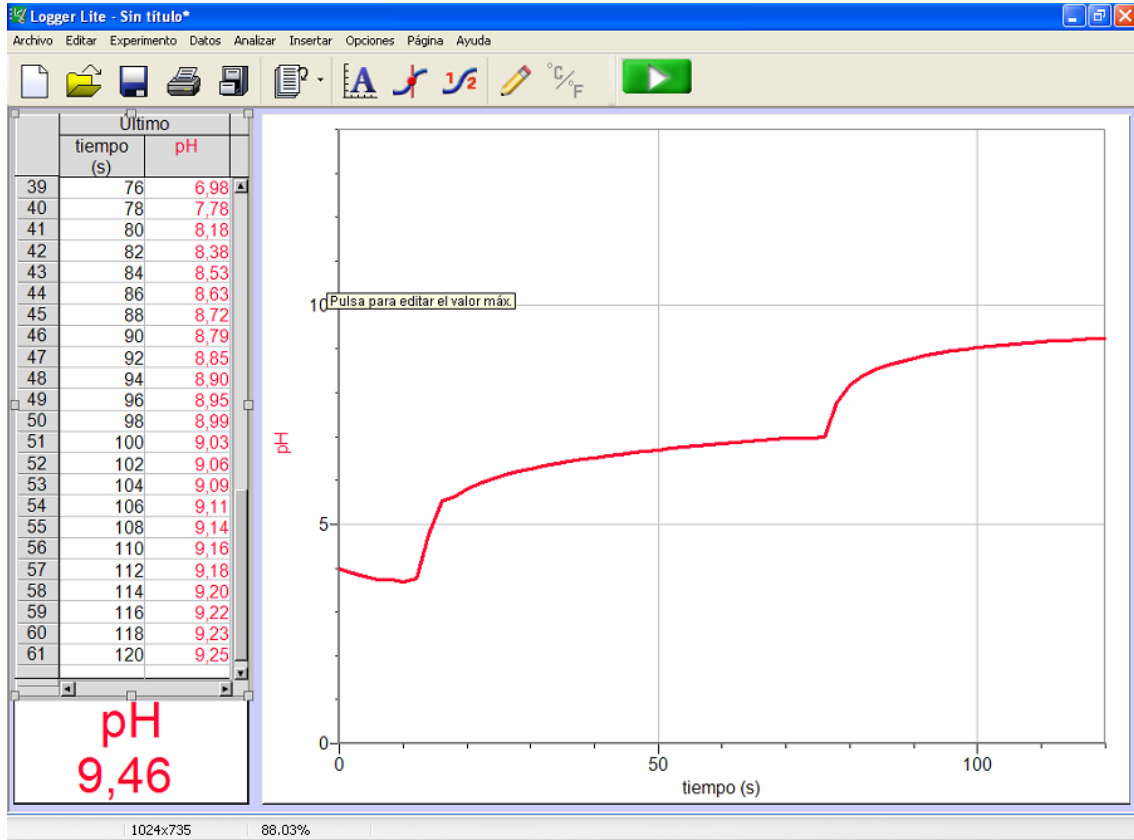
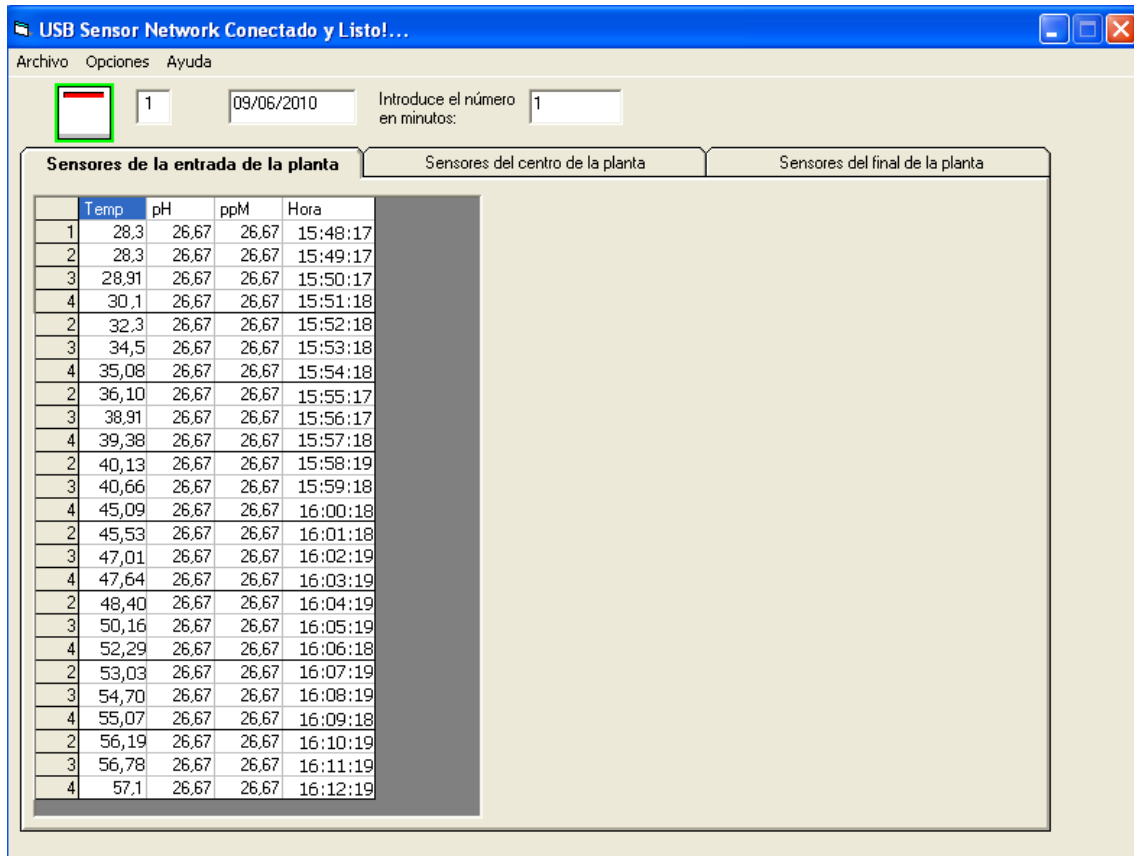


Tabla 7.3.2 segundo censado de ph

Medición: temperatura.



The screenshot shows a software window titled "USB Sensor Network Conectado y Listo!...". It features a menu bar with "Archivo", "Opciones", and "Ayuda". Below the menu bar, there are input fields for a sensor ID (value: 1), a date (09/06/2010), and a time interval (value: 1). The main area contains three tabs: "Sensores de la entrada de la planta", "Sensores del centro de la planta", and "Sensores del final de la planta". The "Sensores de la entrada de la planta" tab is active, displaying a table with the following data:

	Temp	pH	ppM	Hora
1	28,3	26,67	26,67	15:48:17
2	28,3	26,67	26,67	15:49:17
3	28,91	26,67	26,67	15:50:17
4	30,1	26,67	26,67	15:51:18
2	32,3	26,67	26,67	15:52:18
3	34,5	26,67	26,67	15:53:18
4	35,08	26,67	26,67	15:54:18
2	36,10	26,67	26,67	15:55:17
3	38,91	26,67	26,67	15:56:17
4	39,38	26,67	26,67	15:57:18
2	40,13	26,67	26,67	15:58:19
3	40,66	26,67	26,67	15:59:18
4	45,09	26,67	26,67	16:00:18
2	45,53	26,67	26,67	16:01:18
3	47,01	26,67	26,67	16:02:19
4	47,64	26,67	26,67	16:03:19
2	48,40	26,67	26,67	16:04:19
3	50,16	26,67	26,67	16:05:19
4	52,29	26,67	26,67	16:06:18
2	53,03	26,67	26,67	16:07:19
3	54,70	26,67	26,67	16:08:19
4	55,07	26,67	26,67	16:09:18
2	56,19	26,67	26,67	16:10:19
3	56,78	26,67	26,67	16:11:19
4	57,1	26,67	26,67	16:12:19

Tabla 7.3.3 sensado temperatura



8.0 METODOLOGÍA

En el análisis y desarrollo del proyecto se tomaron una variedad de consideraciones en diferentes partes del proyecto. En los siguientes tópicos que se tocarán, se darán a conocer esas consideraciones.

Al inicio del desarrollo del proyecto se planteo como un sistema de adquisición de datos y monitoreo regular de los valores de dos de las variables más importantes de una planta de biodiesel, variables con las cuales los operadores de la planta pueden llevar un control preciso de las variables y su cambio durante el tiempo que dura el proceso, de mantener un historial de las diferentes lecturas tomadas durante cada día, de tener la posibilidad de almacenar este historial para un posterior uso o explotación de estos datos y de ahorrarse una infinidad de tiempo a la hora de tomar lectura de las variables, dado que muchos de estos procesos manuales llevan varios minutos de espera antes de obtener un resultado; así como también no podemos dejar de mencionar los errores provocados por descuidos al momento de la medición, o aún peor, debido al desajuste de algunos de los instrumentos de medida utilizados, debido al uso continuo o condiciones no apropiadas.

9.0 CONCLUSIONES

El biodiesel no es nocivo para la salud humana, para la vegetación, los animales vivos y no daña monumentos y/o edificios. Por tal motivo su empleo es ventajoso frente al combustible diesel sobre todo para el transporte público en las grandes ciudades. Es seguro y fácil de transportar debido a que es biodegradable y posee un punto de inflamación más alto que el del combustible petrolífero.

Dado que la materia prima principal es el aceite vegetal, el biodiesel se convierte en un factor sobresaliente para promover el desarrollo regional en México.

Nuestro país es apto para la generación de biodiesel, ya que cuenta con la superficie y las condiciones para producir aceite vegetal, del cual se puede generar biodiesel.

10.0 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se exponen a continuación, son una serie de trabajos futuros que sirvan para mejorar el funcionamiento del prototipo y que en el presente trabajo no se llevaron a cabo por limitaciones de tiempo y de recursos económicos.

- Aplicar una teoría de control a las variables que intervienen en el proceso.
- Incluir una pantalla LCD, para visualizar la temperatura, número de revoluciones por minuto en la agitación, tiempo de agitación, etc.
- Preparar el metóxido (mezcla de metanol y sosa cáustica) de manera automática.
- Hacer pruebas con distintos volúmenes de sustancias, sin necesidad de programar el PIC en cada cambio.
- Establecer una comunicación entre el prototipo para producir biodiesel y la computadora, mediante una interfaz.
- Establecer una temperatura homogénea del aceite, que funcione como

temperatura inicial de la reacción de transesterificación.

11.0 REFERENCIAS

- [1] Hernández, H., Camas, A., Pérez, M., Juárez, N., Mota, R. & LeLann, MV. "Intelligent control at the coagulation process in a drinking water treatment plant". *Journal of Advances in Computer Science and Engineering*, 42. pp. 347-358. 2009.
- [2] M. D. Cárdenas. El biodiesel, una alternativa sostenible al gasóleo convencional. *Boletín de la Universidad de Castilla-La Mancha*. España, 2006. [En línea]. Disponible: <http://www.uclm.es/>. Consultada en Junio, 2007.
- [3] Du, W., Xu, Y., Liu, D. & Zeng, J. "Comparative study on lipase – catalysed transformation of soybean oil for biodiesel production with different acyl acceptors". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 30. pp. 125-130. 2004.
- [4] Hama, S., Yamaji, H., Kaieda, M., Oda, M. Kondo, A. & Fukuda, H. "Effect of fatty acid membrane composition on whole-cell biocatalysis for biodiesel-fuel production". *Biochemical Engineering Journal*, 21, pp. 155-160. 2004.
- [5] Meher, L.C., Saga, V. & Naik, S.N. "Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10. pp. 248-268. 2006.
- [6] Samukawa, T. et al. "Pretreatment of immobilized *Candida Antarctica* lipase for biodiesel production for plant oil". *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2(90). Pp. 180-183. 2000.
- [7] Zeng, J., Du, W., Liu, X., Liu, D. & Dai, L. "Study of the effect of cultivation parameters and treatments of *Rhizopus oryzae* cell-catalyzed transesterification of vegetable oils biodiesel production". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 43. pp. 15-18. 2006.



- [8] Lara, A.V. & E. Park. "Lipase-catalyzed production of biodiesel fuel from vegetable oils contained in waste activated bleaching earth". *Process Biochemistry*. 38. pp 1077-1082. 2003.
- [9] Ma, F. & Hanna. "Biodiesel production: a review". *Bioresource Technology*. 70. pp 1-15. 1999.
- [10] Shieh, C. J., Liao, H.F. & Lee, C-C. Optimization of lipase-catalyzed biodiesel by response surface methodology". *Bioresource Technology*. 88. pp. 103-106. 2003.
- [11] Zagonel, G., Peralta-Zamora, P. & Ramos L. "Multivariate monitoring of soybean oil ethanolsysis by FTIR". *Talanta*. 63. pp. 1021-1025. 2004.
- [12] Marchetti, J.M., Miguel V.U. & Errazu, A.F. "Possible methods for biodiesel production". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 10. pp. 248-268. 2006.
- [13] Van Gerpen et al."Biodiesel production technology. Internal review". National renewable energy lab. USA: Department of Energy. Pp. 30-42. 2004.
- [14] Balance de Energía. Secretaría de Energía, México. 2005.
- [15] R. J. Larosa, "Proceso Para la Producción de Biodiesel," [En línea]. Disponible: <http://www.biodiesel-uruguay.com/articulos/Biod-rev2.pdf>. Mayo, 2006.
- [16] J. Tickell, K. Roman, "From the fryer to the fuel tank. The complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel," third edition.
- [17] L.C. Meher, D. Vidya Sagar and S.N. Naik, "Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification—A review," Centre for Rural Development and Technology, Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi, India. September 2004.

- [18] S. D. Romano. Proyecto Biodiesel FIUBA. Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina. Disponible: <http://www.uncu.edu.ar/> . Consultada en Febrero, 2007.
- [19] Renovada Energía. [En línea]. Disponible: <http://www.jornada.unam.mx/2005/08/01/004n1sec.html> Consultada en Mayo, 2006.
- [20] La copra, su importancia y comercialización en México. Claridades Agropecuarias. 95, pp. 3-24. (Mayo, 2006). [En línea]. Disponible: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/095/ca095.pdf#page=1>
- [21] KEMPOWSKY, T., AGUILAR-MARTIN, J., LELANN, M-V., SUBIAS, A. Learning Methodology of a supervision System using LAMDA Classification Method. LAAS/CNRS. Iberamia 2002.
- [22] P. J. Villegas, R. Z. Vigoroux, B. Bucki, E. Bonnet, I. L. Díaz, I. Herrera y E. Viedma. Algunas Consideraciones Preliminares Acerca de la Factibilidad de la Obtención de Biodiesel en Países en Vías de Desarrollo. ASADES. Argentina. [En línea]. Disponible: <http://www.asades.org.ar>. Consultada en Mayo, 2006.
- [23] J. M. García, J. A. García. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Informe de vigilancia tecnológica. Universidad de Alcalá y Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España, 2006.
- [24] Biodiesel, Handling and Use Guidelines. Energy Efficiency and Renewable Energy. Departamento de Energía de los Estados Unidos de América. Marzo, 2006. Segunda edición.
- [25] Joshua Tickell. From the Fryer to the Fuel Tank, The complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. Pag. 35 – 88, (2003).
- [26] Sensores y Acondicionadores de señal, Ramón Pallas Areny, 3ª edición. Editorial Marcombo.