 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Sistema de Apertura y Cierre de Válvulas en Vehículo Cisterna de Forma Remota

Fredy Alexander Martínez M.

Mauricio Chancí Mora

Ingeniería Electrónica

Thomas Julián Ramírez

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Febrero 22 de 2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En la actualidad los combustibles líquidos tienen gran demanda en la sociedad, es un producto que requiere abastecimiento por medio de poliductos, barcasas y carro tanques en las diferentes plantas de almacenamiento y estaciones de servicio. El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad controlar el descargue de los hidrocarburos por parte de la empresa FUELTRANS S.A.S y a su vez garantizar que en ningún momento durante su transporte el volumen se vea afectado o intervenido por algún funcionario.

En la actualidad existen muchas empresas encargadas de ofrecer soluciones tecnológicas que permitan por medio de un sistema GPRS tener un monitoreo e información en tiempo real de la ubicación, identificación y control en vehículos. Por su parte este proyecto está encargado de operar directamente una válvula integrada al vehículo cisterna para controlar la entrega autorizada de combustible.

Dicho sistema permite que el accionamiento de la válvula de descargue de combustible sea accionada únicamente por medio remoto a través de un código en un mensaje de texto; en ningún momento el operario del vehículo podrá intervenir en el proceso, solo el líder de transporte conoce el código de activación y la operatividad del sistema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

A lo largo del estudio de la ingeniería en Electrónica se vieron involucradas diferentes personas que de una u otra forma aportaron en nuestro proceso de formación personal y académico.

Es por esto que queremos hacer mención a nuestros padres Martha Lucia Mora, María Elena Menardo y Fredy Wilson Martínez, a nuestros familiares, amigos cercanos, compañeros de trabajo y estudio, que aportaron a que este proyecto de vida hoy se convierta en una realidad.

Al docente asesor Thomas Julián Ramírez quien aportó todo su conocimiento y experiencia en este tipo de proyectos y gracias a sus sugerencias e indicaciones se cumplieron los objetivos trazados para el desarrollo de este trabajo de grado. Reconociendo a Juan David Uribe, Lorena Arango y Libardo Benjumea, quienes fueron participes y colaboradores para la realización del mismo.

Agradecemos a la empresa de transporte Fueltrans S.A.S que puso a disposición sus equipos y los materiales necesarios para la implementación del sistema y creer en este proyecto de ingeniería.

Por ultimo al Instituto Tecnológico Metropolitano por ser la institución Universitaria que nos proporcionó todas las bases de conocimiento necesarias para nuestra formación personal y profesional, asignación de docentes calificados, equipos tecnológicos, ayudas informáticas, laboratorios y unas instalaciones cómodas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

A: Amperio

AT: Tecnología avanzada

DC: Corriente directa

GPRS: General de paquetes vía radio

GPS: Sistema global de posición

GSM: Sistema global para las comunicaciones móviles

MMS: Servicio de mensaje multimedia

MS: Milisegundos

NA: Normalmente abierto

NC: Normalmente cerrado

PSI: Unidad de presión

RX: Recepción de datos

S.A.S: Sociedad anónima simple

SCR: Rectificador controlado de silicio

SIMCARD: Tarjeta inteligente

SMS: Servicio de mensajes cortos

TRIAC: Tríodo para Corriente alterna

TX: Transmisión de datos

UART: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal

V: Voltio

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....

LISTA DE TABLAS.....

1. INTRODUCCIÓN.....

 1.1 Objetivos.....

 1.1.1 Objetivo general

 1.1.2 Objetivos Específicos

2. MARCO TEÓRICO.....

 2.1 Arduino:

 2.2 Shield GPRS/GSM:.....

 2.3 Processing / Wiring:.....

 2.4 Pistón neumático de 2 vías

 2.5 Relé

 2.6 Electroválvula.....

 2.7 voltaje y presión de aire del vehículo

3. METODOLOGÍA

 3.1 Estudio y seguimiento del proceso de abastecimiento de combustible en FUELTRANS S.A.S:

 3.2 Especificaciones de los Elementos Utilizados:.....

 3.2.1 Camión Cisterna.....

 3.2.2 Arduino Uno.....

 3.2.3 Shield GPRS

 3.2.4 Electroválvula.....

 3.2.5 Pistón

 3.2.6 Válvula

 3.3 Programación Lógica del sistema:

 3.4 Diseño etapa de control y funcionamiento de electroválvula:

 3.5 Acople sistema mecánico a la válvula de salida

 3.5.1 Instalación Sistema Mecánico

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.5.2 Instalación Sistema de Control

3.6 Sintonización, ajustes y pruebas de campo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Toma de datos del proceso de abastecimiento de Combustible

4.1.1 Flujo:

4.1.2 Medida de Caudal:.....

4.1.3 Características válvula:

4.2 Fuerza Pistón Neumático

4.3 Pruebas Fuente Alimentación de Aire

4.4 Pruebas Alimentación de Voltaje

4.5 Pruebas y Acondicionamiento de Válvula

4.6 Pruebas de Comunicación del Sistema

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

REFERENCIAS

ANEXOS

ANEXO A

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tarjeta Arduino Uno	11
Figura 2. Sistema de Cilindro y Pistón doble vía	13
Figura 3. Relé de estado solido	14
Figura 4. Electroválvula de 3/2 y esquema funcionamiento.....	15
Figura 5. Foto camino Cisterna utilizado en el Proyecto.....	17
Figura 6. Foto Arduino utilizado.....	18
Figura 7. Foto Shield GPRS utilizada.....	20
Figura 8. Foto Electroválvula utilizada	21
Figura 9. Foto Pistón utilizado.....	23
Figura 10. Foto válvula galvanizada utilizada.....	24
Figura 11. Etapa de Control y Funcionamiento Electroválvula	25
Figura 12. Foto Instalación Líneas Neumáticas	27
Figura 13. Foto Instalación Pistón Neumático	28
Figura 14. Sistema Mecánico Proyecto	29
Figura 15. Foto Instalación Sistema de Control	30
Figura 16. Sistema Eléctrico Vehículo	31
<i>Figura 17. Grafica Galones Despachados Vs Tiempo</i>	<i>33</i>
Figura 18. Sistema Eléctrico Vehículo	36
Figura 19. Toma de Aire del Sistema.....	37
Figura 20. Gráfico respuesta alimentación arduino y Shield	38
Figura 21. Accionamiento Válvula.....	39
Figura 22. Pruebas de Cobertura del Sistema	41

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del Arduino	19
Tabla 2. Especificaciones del shield GPRS	20
Tabla 3. Especificaciones Electroválvula Mindman MVSC-300-4e.....	22
Tabla 4. Especificaciones Pistón utilizado	23
Tabla 5. Galones Despachados Vs Tiempo	32
Tabla 6. Respuesta alimentación arduino y shield.....	37
Tabla 7. Pruebas Cobertura del Sistema	40

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles son productos derivados de petróleo que tienen un alto contenido de átomos de carbono e hidrogeno en distintas proporciones y se asocian para generar un proceso denominado combustión, además son sustancias liquidas de clasificación 3, los cuales son llamados productos blancos (gasolinas y biodiesel). Estos productos son muy utilizados en la industria para realizar la explotación de las materias primas o realización de obras, también es de vital importancia para la movilidad de todo sistema que lo requiera: automóviles, plantas eléctricas, maquinaria pesada entre otros.

Estos productos deben mantenerse alejados de toda fuente de ignición, calor, generación de electricidad estática y materiales incompatibles. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión. Se debe tener una conexión a tierra para liberar todo tipo de energía estática generada.

Fueltrans S.A.S es una empresa dedicada al transporte de productos derivados del petróleo, desde las plantas de abastecimiento de las diferentes marcas (Texaco, Terpel, Petrobras, ExxonMobil, Biomax y Zeuss), hasta las diferentes estaciones de servicio dentro del área metropolitana del valle de aburra. Además se encarga de cumplir con el abastecimiento de diferentes industrias que utilizan el combustible para dar cumplimiento a su producción.

A continuación podrá observar el desarrollo del trabajo de grado dividida en secciones, iniciando con el planteamiento de los objetivos a cumplir, continuando con el marco teórico, donde se evidencia los conceptos y teorías que justifican el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Contiguo a esta sección se encuentra la forma en la que se desarrolló el sistema de control electrónico y en el cual se realizaron estudios y pruebas. En la última sección se observará los resultados obtenidos y las conclusiones que dan respuesta a los objetivos planteados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de control electrónico con comunicación GSM que permita la apertura y cierre de una válvula de entrega de combustible de un carro tanque cisterna para la empresa de transporte FUELTRANS S.A.S

1.1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar y seleccionar la tecnología adecuada shield GPRS óptima para la transmisión de datos por medio de tarjetas SIMCARD, de cara a la implementación del proyecto.
- Diseñar la interfaz de potencia para el accionamiento del pistón neumático.
- Integrar la interfaz de potencia del sistema mecánico con la interfaz electrónica de control con el propósito de controlar la válvula de descargue de combustible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Arduino:

El termino arduino hace referencia a un circuito impreso que tiene como principal componente un micro controlador que está integrado a diferentes dispositivos electrónicos. Es un sistema muy versátil que permite plasmar diferentes aplicaciones asociadas a un entorno. Su programación se basa en el lenguaje processing/wiring, al cual es fácil acceder y a su vez de interpretar por los diferentes usuarios que utilicen esta plataforma. Al sistema arduino se le pueden acondicionar diferentes variables físicas de un entorno por medio de los pines y la configuración que se puede realizar a través de éste. Se le reconoce como etapa de control y tiene la capacidad de controlar procesos que involucren: luces, motores, temperaturas entre otros. En la Figura 1 se puede observar la tarjeta del arduino Uno (Kushner, D. 2011)

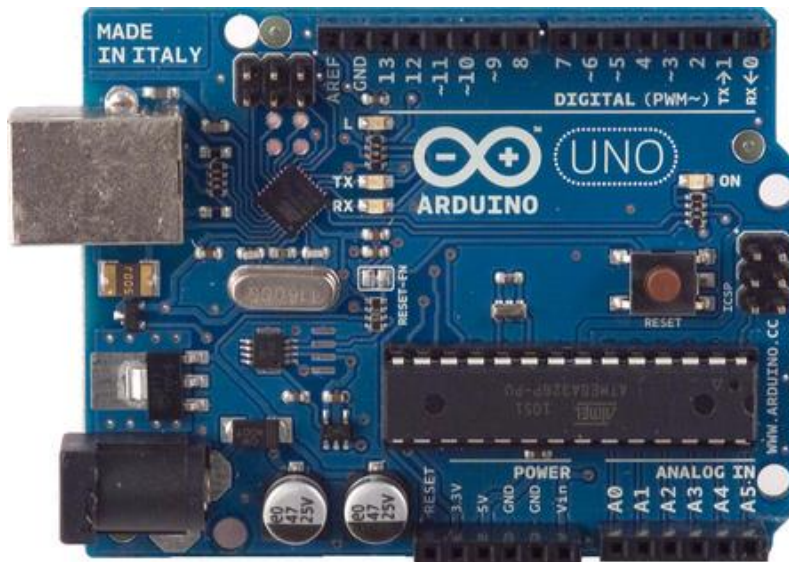


Figura 1. Tarjeta Arduino Uno

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 Shield GPRS/GSM:

Al igual que el arduino el shield es un circuito impreso que consta de un chip, que es compatible en su totalidad con el arduino. Es un sistema que cumple diferentes funciones y se ajusta con mucha facilidad a diferentes procesos, ya que la comunicación bidireccional facilita la interacción con los usuarios por medio de llamadas de voz, envío y recepción de mensajes de texto entre otros.

La configuración de este integrado se realiza por medio del protocolo de comunicación UART (en inglés Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), encargado de gestionar la velocidad, el control de puertos y dispositivos tipo serie que contiene el shield. Este sistema contiene un capacitor con un circuito independientemente alimentado para tener información en tiempo real de los registros de hora y fecha. (Osborne, A., & Kane, G. 1981).

2.3 Processing / Wiring:

Es un lenguaje de programación flexible y de gran cobertura, dirigido a creaciones visuales y al diseño de diferentes aplicaciones computacionales que buscan dar solución a diferentes necesidades de los usuarios. Este lenguaje cuenta con librerías muy amplias de información que aportan y enriquecen las aplicaciones, permitiendo generar una gran cantidad de acciones programadas sobre los diferentes procesos o contextos virtuales.

Es precisamente en processing donde surge el lenguaje wiring, dedicado y dirigido principalmente para los micros controladores.

El entorno de programación de wiring se asocia fácilmente con las diferentes aplicaciones electrónicas por su fácil acceso, programación mediante código abierto y su configuración de entradas y salidas que permiten ser más amigables con los procesos que lo requieran.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este lenguaje es el utilizado por la plataforma arduino para los diferentes desarrollos y proyectos electrónicos.

2.4 Pistón neumático de 2 vías

Los cilindros neumáticos de doble efecto son sistemas encargados de transformar la fuerza potencial de aire comprimido en fuerza prensora para la activación de un sistema mecánico mediante su estructura interna que consiste en un recipiente cilíndrico acompañado de un pistón.

Cuando al cilindro se le aplica una presión de aire, éste actúa y se expande dentro de la cámara interna del cilindro que a su vez provoca un desplazamiento lineal el cual es positivo o negativo según la línea neumática que esté activa.

El pistón de vástago rígido permite la apertura y cierre de válvulas, el empuje de algún elemento o simplemente sujetarlo. Es importante tener en cuenta que la fuerza de empuje del pistón es proporcional a la presión del aire y a la superficie de éste. (Sánchez, J. A. 2013).

Para los cilindros de doble efecto el pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras. Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha. En la Figura 2 se puede apreciar el sistema del cilindro y pistón de doble vía.

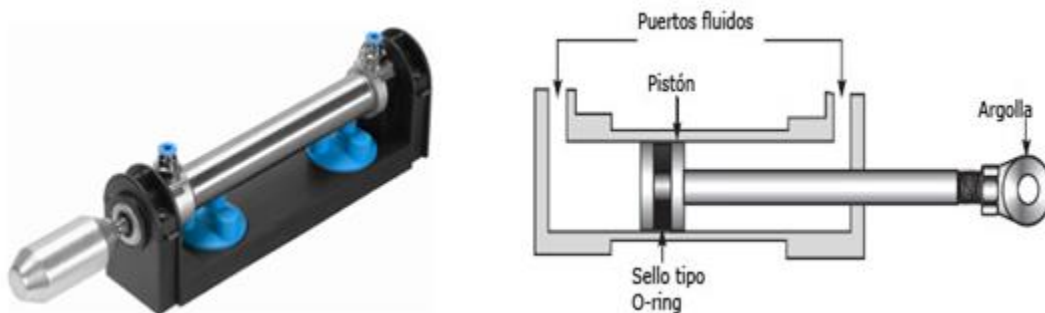


Figura 2. Sistema de Cilindro y Pistón doble vía

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5 Relé

Los relés de estado sólido son utilizados principalmente para el desarrollo de etapas de potencia, ya que en su estructura interna contienen transistores de potencia y tiristores tipo SCR (en inglés Silicon Controlen Rectifier) y TRIAC (Tríodo para Corriente Alterna) encargados de rectificar el sistema y encender la corriente de carga. Este dispositivo es muy comercial en el mundo de la industria. Su principal característica es la resistencia a altas temperaturas y actúan como conmutadores normalmente abiertos. Sus aplicaciones se ven reflejadas en el funcionamiento de motores, lámparas, impresoras entre otros. En la Figura 3 se muestra el relé de estado sólido (Valencia Gallón, H., Saldarriaga Álzate, M. M., & Giraldo Ospina, J. 2013)



Figura 3. Relé de estado solido

2.6 Electroválvula

Es un sistema control que permite regular de forma automática el paso y la dirección de los fluidos (aire, líquido). Cuando la electroválvula pone en marcha su mecanismo de apertura o cierre es porque se energiza el circuito interno, el cual consta de un electroimán que se activa por medio un campo magnético que cuando se energiza cambia su posición inicial y genera el contacto que activa el funcionamiento de la electroválvula.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Una vez éste pierde el voltaje de alimentación, se interrumpe el circuito eléctrico, desaparece el campo magnético y el mecanismo de la válvula vuelve a su posición normal cambiando su estado.

Las electroválvulas con configuración 3/2 permiten la descarga del sistema al ser accionada por medio de un comando o la activación de un circuito. En la Figura 4 se muestra la electroválvula de 3/2 y el esquema de su funcionamiento.



Figura 4. Electroválvula de 3/2 y esquema funcionamiento

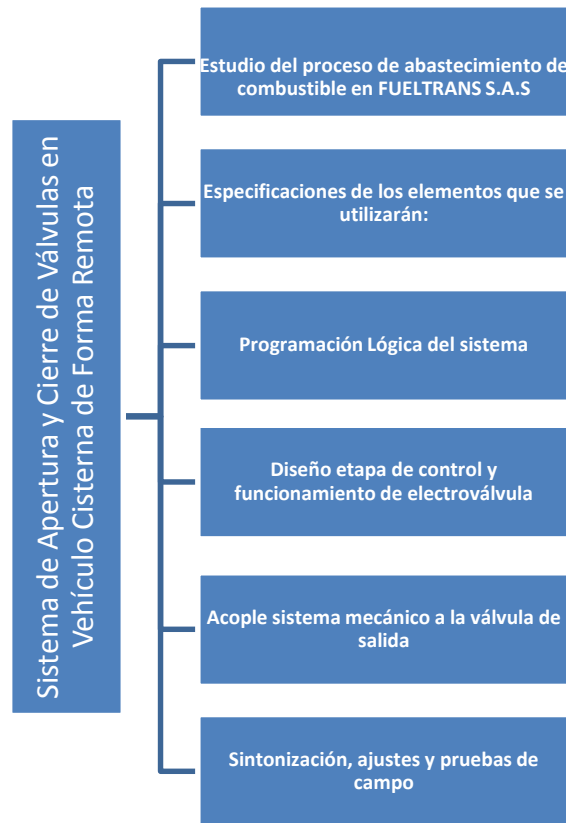
2.7 voltaje y presión de aire del vehículo

El sistema Eléctrico que utilizan los vehículos tipo cisterna está regulado por una batería de 12 voltios, esta es la encargada del sistema de arranque, encendido de luces y sistema de comunicación GPS.

El sistema neumático del vehículo normalmente trabaja con una carga entre 90 y 100 psi, por medio de este sistema se controlan los frenos de seguridad y la válvula secadora de aire.

3. METODOLOGÍA

A continuación se muestra una serie de lineamientos en los cuales nos basamos para la realización del proyecto:



3.1 Estudio y seguimiento del proceso de abastecimiento de combustible en FUELTRANS S.A.S:

Actualmente la empresa FUELTRANS S.A.S tiene un movimiento mensual de aproximadamente 3.500.000 galones y un promedio diario de 117.000 galones movilizadas en diferentes vehículos (2 tracto camiones, 1 doble troque y 1 sencillo).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diariamente estos vehículos realizan alrededor de 12 a 15 entregas de producto en las diferentes estaciones de servicio.

En esta etapa se realizó una toma de datos del proceso de abastecimiento de combustible como son: medida de flujo, caudal y características de válvula. Estas mediciones nos permitieron obtener datos relevantes para el desarrollo del proyecto.

3.2 Especificaciones de los Elementos Utilizados:

Anteriormente en el marco teórico, se describieron de manera general los elementos que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto.

3.2.1 Camión Cisterna

El camión cisterna que se muestra en la Figura 5 fue puesto a disposición por parte de la empresa de transporte Fueltrans S.A.S para el desarrollo del proyecto.



Figura 5. Foto camino Cisterna utilizado en el Proyecto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.2 Arduino Uno

Se utilizó el arduino Uno para la comunicación entre la shield GPRS y el dispositivo móvil que es el encargado de generar la activación o desactivación del sistema. Se eligió este dispositivo porque se basa en código abierto, por lo cual se convierte en una herramienta versátil que gracias a los shields compatibles que éste soporta nos permitió establecer la comunicación GSM requerida para la transmisión de datos. Además su alimentación a 12 voltios nos permitió utilizar la fuente de alimentación del vehículo, la cual suministra el mismo voltaje. En la Figura 6 se muestra el arduino utilizado.



Figura 6. Foto Arduino utilizado

En la Tabla 1 se muestran las especificaciones técnicas del arduino uno empleado en el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1. Especificaciones del Arduino

Descripción	Datos de Operación
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7 -12V
Voltaje de entrada(limite)	6 -20V
Pines para entrada y salida digital	14 (6 pueden usarse como salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3 v	50 mA
Memoria flash	32 KB (0,5 KB ocupado por bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia reloj	16 MHz

3.2.3 Shield GPRS

Para la comunicación GSM del sistema se empleó un shield GPRS con un controlador SIM900, éste permitió que nuestro arduino operara como un teléfono GSM y debido a su programación se logró que la transmisión (Tx) y recepción (Rx) se realizara a través de mensajes de texto desde un dispositivo móvil que tiene una tarjeta simcard asociada al operador de telefonía Virgin Mobile, el cual es operado por el líder de transporte. Se eligió este dispositivo porque nos permite acceder a los servicios SMS, MMS, GPRS y telefonía de una manera sencilla y práctica enviando comandos AT y es compatible con todas las redes celulares existentes. En la Figura 7 se muestra el Shield GPRS utilizado.

En la Tabla 2 se muestran las especificaciones técnicas del shield GRPS del proyecto.



Figura 7. Foto Shield GPRS utilizada

Tabla 2. Especificaciones del shield GPRS

Características Técnicas
Operación global y con cualquier proveedor (multibanda).
Se controla mediante comandos AT y comandos AT extendidos.
Incluye stack TCP/IP soporta TCP, HTTP, FTP mediante comandos AT.
Ideal para transmisión de datos sobre GPRS.
Ancho de banda de descarga 85.6 kbps.
Ancho de banda de subida 42.8 kbps.
SMS en modo PDU y Texto
La interfaz de control del módem GSM se puede asociar con varios pines del Arduino no solamente los del UART, permitiendo usar librerías como SoftSerial
Incluye súper capacitor para almacenamiento persistente de datos
Librería para funcionar con Arduino.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.4 Electroválvula

La electroválvula utilizada para el sistema es una Mindman MVSC-300-4e1 de 12V como se puede apreciar en la Figura 8. La configuración de esta electroválvula nos permitió tener dos canales de operación para hacer uso de las redes neumáticas que tiene incorporado el vehículo que normalmente conserva aire presurizado entre 90 y 100 psi. Se selecciona este dispositivo debido a que sus parámetros de operación son compatibles con el sistema integrado al vehículo y el tiempo de respuesta es de 50ms. Además se utilizó esta electroválvula con salidas de 3/8 de diámetro para conservar la homogeneidad de las líneas de presión del camión.



Figura 8. Foto Electroválvula utilizada

En la Tabla 3 se muestran las especificaciones técnicas de la electroválvula utilizada en el proyecto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3. Especificaciones Electroválvula Mindman MVSC-300-4e

Anchura del Cuerpo	30 mm
Bore No	10 A
Tamaño de Conexión	Rc3/8
Número de Puerto	3.5
No. de Posición	2.3
Medio	Aire
Presión de Funcionamiento	0.2 ~ 0.7 MPa
Presión de Prueba	145 PSI
Flujo	1110 ~ 1554 NI/min (5/3)
Orificio Efectivo	25 ~ 35 mm ²
Tiempo de Respuesta	50 ms
Temperatura Ambiente	-5 ~ +50 °C (Sin Congelación)
Voltaje	AC 110V, 220V (50/60) Hz, DC12V
Consumo de Energía	AC= 4.8 / 4.4VA, 6 / 4.9VA, DC = 2W
Rango de Voltaje Disponible	± 10%
Clase de Aislamiento	Clase F
Peso	350g ~ 565g

3.2.5 Pistón

El pistón de doble efecto utilizado en el proyecto es de referencia Wabco Westinghouse 50 X 100 como se puede apreciar en la Figura 9, el cual tiene un recorrido del vástago de 9,2 cm y el diámetro del cilindro es de 4,5 cm. Dicho pistón por medio de sus canales de operación realiza la activación del vástago, para el recorrido de avance y retroceso que permite el accionamiento de la válvula de salida de combustible. Se eligió este dispositivo porque nos permite trabajar en dos sentidos de carrera y se ajusta a la presión que suministra el vehículo.



Figura 9. Foto Pistón utilizado

En la Tabla 4 se muestran las especificaciones técnicas del pistón utilizado en el proyecto

Tabla 4. Especificaciones Pistón utilizado

Datos Técnicos	
Fluido	Aire comprimido filtrado
Construcción	Cilindro con embolo
Presión Max. de Funcionamiento	800 kpa / 8 bar
Diámetro de embolo	40 mm
Carrera Máxima	92 mm
Fuerza de Avance	103 kgf
Fuerza de retroceso	89 kgf
Conexión	Para tubo flexible de 10mm

3.2.6 Válvula

La válvula empleada para la salida de combustible es de 2 pulgadas de diámetro, galvanizada tipo bola, que permite una apertura rápida en la entrega de combustible. Se eligió este tipo de válvula de 2 pulgadas para no afectar el caudal de entrega que genera la motobomba que contiene el vehículo. Además de ser galvanizada por costos y para que las propiedades del combustible no generen agentes que puedan deteriorar los sellos y empaques de ésta. En la Figura 10 se muestra la válvula utilizada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

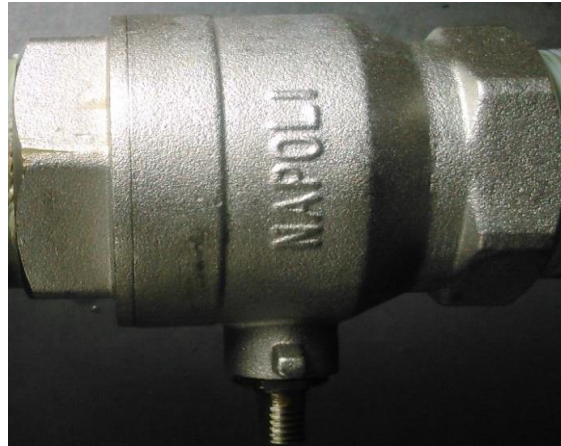


Figura 10. Foto válvula galvanizada utilizada

Cabe resaltar que los elementos que se seleccionaron para este desarrollo son los más adecuados por sus características propias y compatibilidad a nivel tecnológico. Se debe tener en cuenta que estas especificaciones hacen parte de la etapa inicial del proyecto.

3.3 Programación Lógica del sistema:

Se realizó la programación del arduino mediante lenguaje processing y se configuró la comunicación bidireccional entre la shield GPRS y el arduino. Se definieron las librerías a utilizar en el código, se configuraron entradas y salidas de pines y se estableció una frecuencia de trabajo de 9600 baudios.

La comunicación e interpretación del mensaje de texto para activar o desactivar el sistema se realizó mediante comandos AT, los cuales nos permitieron la ejecución de acciones inmediatas (marcación, respuesta de mensaje, desconexión).

En el anexo A se encuentra plasmado parte del código de programación realizado.

3.4 Diseño etapa de control y funcionamiento de electroválvula:

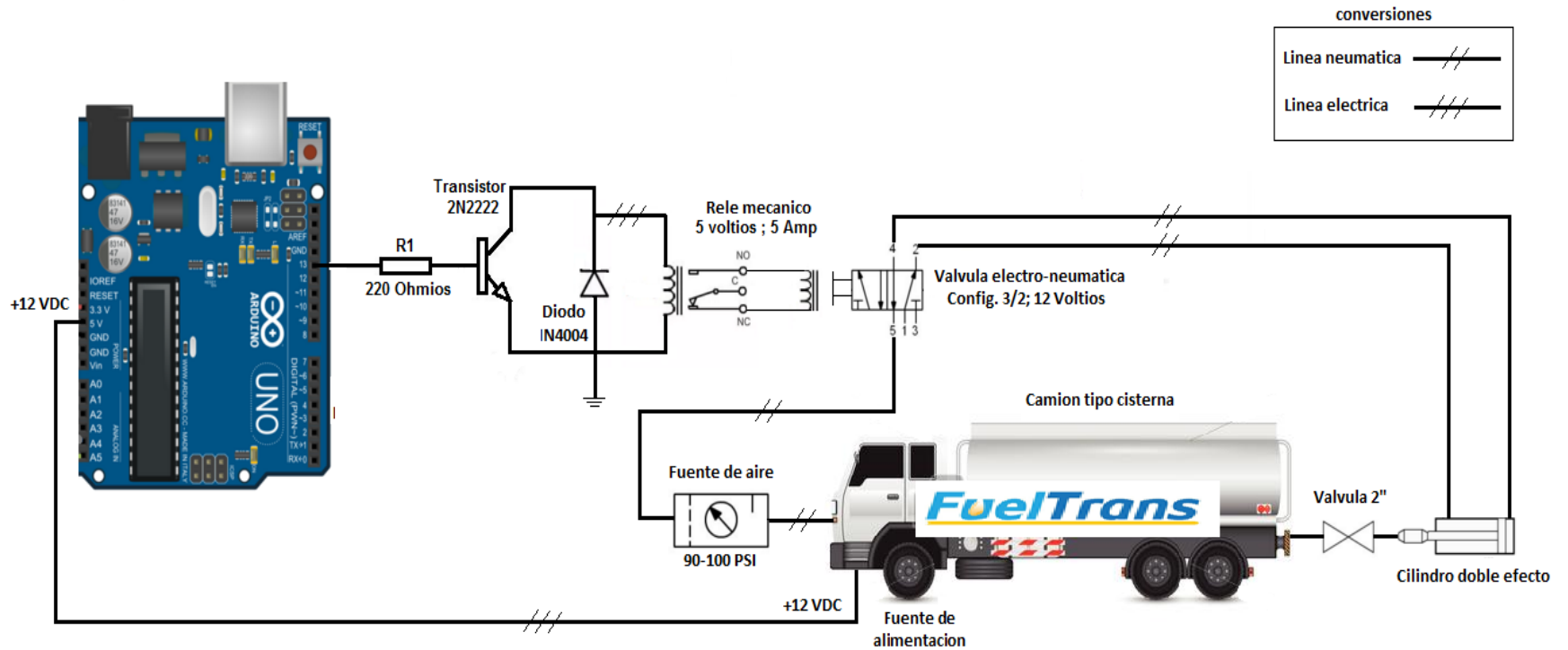



Figura 11. Etapa de Control y Funcionamiento Electroválvula


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En esta etapa del proyecto se realizó el diseño esquemático del sistema de control, la cual parte desde el acople del arduino con la shield GPRS y basados en el código descrito en la sección 4.3 para la comunicación bidireccional entre estos.

De acuerdo a la Figura 11 y basándonos en el datasheet del arduino, encontramos que la alimentación suministrada al sistema electrónico es de 12 voltios, los cuales entrega la fuente generadora del vehículo. Una vez el arduino efectúa el reconocimiento de los datos y procesa la información del dispositivo móvil por medio de un mensaje de texto, a través del pin 13 se realiza la activación del sistema, el cual genera pulsos para activar la bobina de un relé mecánico de 12 voltios y 5 amperios. Dicho elemento cuenta con un diodo 1N4004 conectado en paralelo para permitir el paso de corriente en un solo sentido y de esta forma proteger el circuito, cabe resaltar que el relé utilizado solo permite dos estados (NA y NC).

Una vez el suiche mecánico realiza el cambio de posición llega a la bobina de la electroválvula, la cual se encuentra normalmente abierta, se genera un campo magnético que provoca la activación de la otra línea de operación de la electroválvula cambiando así su estado. Ésta a su vez cuenta con una fuente de alimentación para el sistema de aire, el cual se mantiene presurizado entre 90 y 100 psi generados por el compresor que tiene el vehículo. Una de las funcionalidades importantes de la electroválvula empleada es que cuenta con dos sistemas de alivio para evitar excesos de presión en las líneas y generar afectación al sistema neumático.

Como se mencionó anteriormente la electroválvula contiene una línea de operación que permanece normalmente abierta y se interconecta a través de mangueras plásticas con diámetro de 3/8 al puerto uno del pistón neumático. De esta manera no se presenta ningún recorrido y el vástago permanece al interior del cilindro. Una vez la electroválvula cambia su estado se genera el efecto contrario y permite de esta manera la apertura de la válvula de salida para el descargue de combustible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3.5 Acople sistema mecánico a la válvula de salida

Basados en el diseño realizado en la etapa anterior (ver Figura 11), se procede a realizar el acople tanto del sistema de control como el sistema mecánico en el vehículo cisterna. A continuación se mostrará el orden secuencial de todos los componentes utilizados en el desarrollo del proyecto.

3.5.1 Instalación Sistema Mecánico

3.5.1.1 Instalación de Redes neumáticas

En esta etapa se elige la ruta para las líneas neumáticas que parten desde el cilindro contenedor de aire hasta la cabina donde se conectarán a la electroválvula, la cual cuenta con dos salidas que irán hasta el pistón neumático.

En la Figura 12 se muestran las mangueras instaladas en el vehículo:

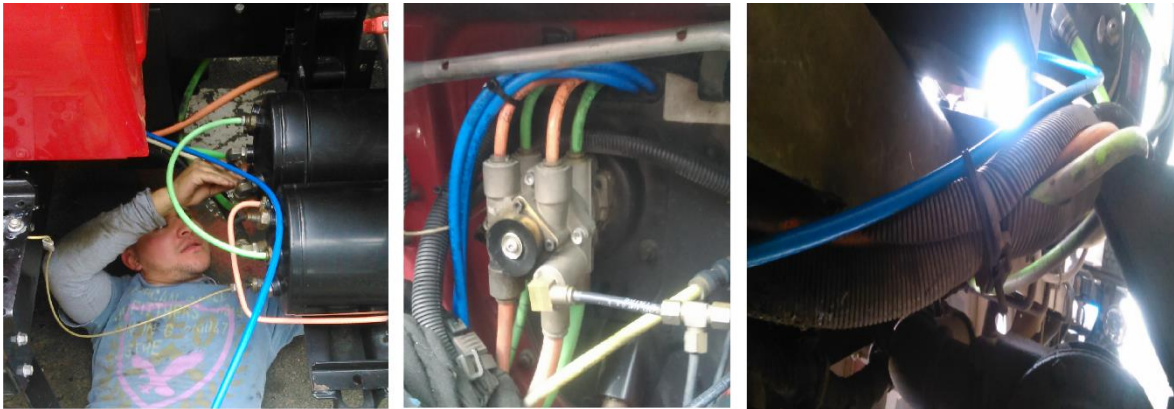


Figura 12. Foto Instalación Líneas Neumáticas

El vehículo contaba con orificios que comunicaban la cabina con el exterior y fueron precisos para la adaptación de las mangueras de aire que nos evitaron modificaciones y perforaciones en el vehículo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.5.1.2 Instalación de Pistón Neumático

Para la instalación del pistón fue necesario realizar 2 perforaciones en la lámina del gabinete, el cual se diseñó con una inclinación de 30 grados aproximadamente para permitir una mayor apertura de la válvula de salida.

En la Figura 13 se muestra el pistón neumático instalado.

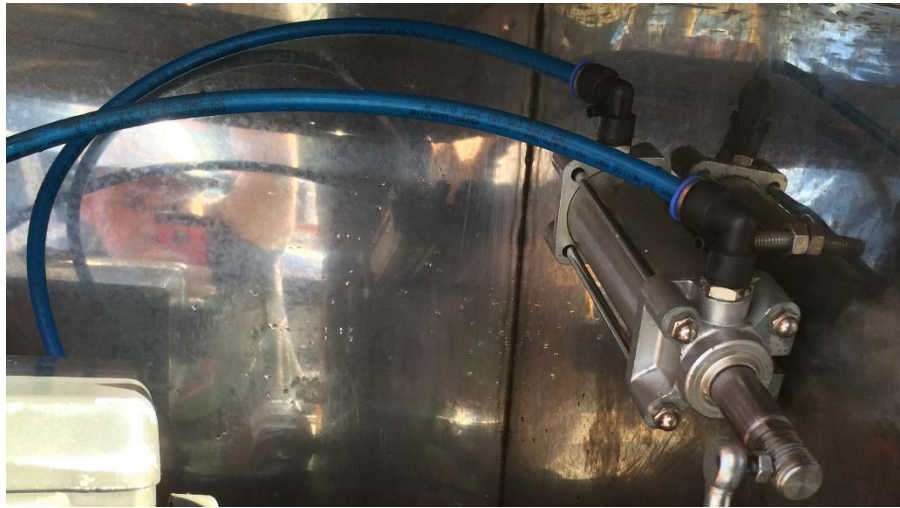


Figura 13. Foto Instalación Pistón Neumático

Además en la Figura 13 se puede apreciar las dos líneas de alimentación del pistón y su ubicación en el gabinete.

3.5.1.3 Accionamiento Válvula de Salida

Para la activación de la válvula de salida fue necesario realizar un diseño mecánico que consta de perforaciones en el vástago del pistón, perforaciones en la manija de la válvula y una extensión de 10 cm de longitud con dos ángulos de 90° en cada extremo y con rosca. Esto con el fin de lograr el acople de estos elementos y la operatividad del sistema mecánico, compuesto por el pistón doble efecto y la válvula de salida.

En la Figura 14 se muestra el sistema mecánico diseñado para el accionamiento de la válvula de salida del combustible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

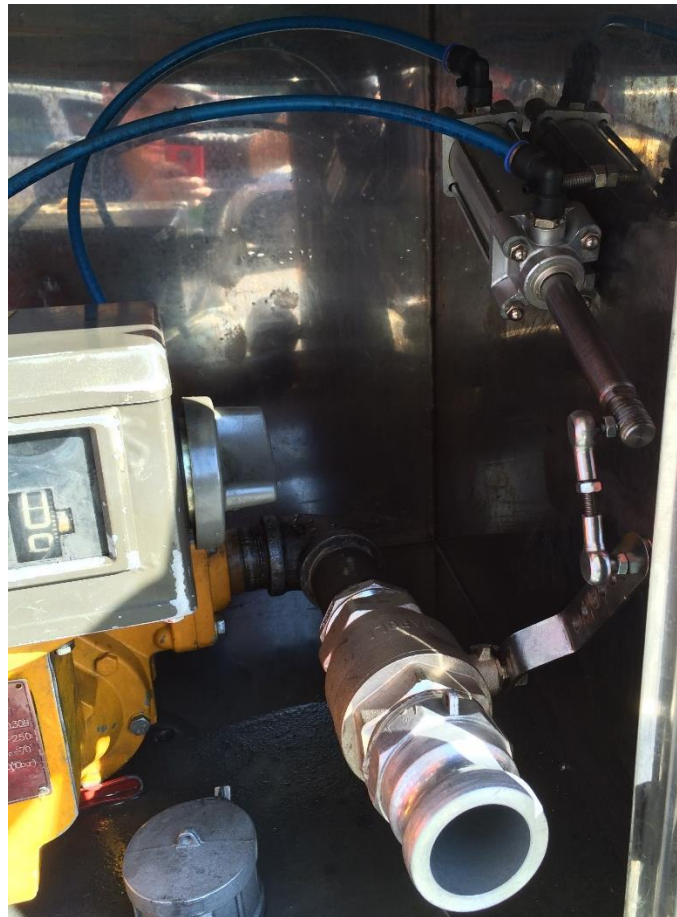


Figura 14. Sistema Mecánico Proyecto

3.5.2 Instalación Sistema de Control

La adaptación del sistema electrónico de control se realizó en la cabina del vehículo, esta instalación fue posible gracias a que el tablero tiene un espacio libre donde se ubicó el arduino, el shield, la electroválvula y los demás componentes electrónicos como el relé y el diodo de protección, sin afectar la estética del vehículo.

En la Figura 15 se muestra la ubicación de los elementos electrónicos en la cabina del vehículo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 15. Foto Instalación Sistema de Control

De acuerdo a la imagen anterior cabe resaltar que la alimentación del arduino y la Shield la tomamos del encendedor de la cigarrera, el cual suministra 12 voltios DC y su protección es a través de un fusible de 5 amperios, el cual protege el sistema en caso de que se generen picos de voltaje que puedan afectar los componentes electrónicos.

En la Figura 16 se puede observar la caja del sistema eléctrico que se encuentra en el capot del vehículo, de allí parte el sistema de protección de fusibles que es el encargado de proteger nuestro sistema de control.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16. Sistema Eléctrico Vehículo

3.6 Sintonización, ajustes y pruebas de campo

En esta etapa final se tuvo como objetivo realizar pruebas del sistema en general (etapa de control y sistema mecánico). Se Efectuaron mediciones y chequeos que permitieron determinar su funcionamiento y/o corregir posibles errores que se hayan cometido en cualquier etapa del desarrollo y de esta forma garantizar su correcta operatividad y confiabilidad. Las diferentes pruebas realizadas facilitaron tomar datos y realizar ajustes para optimizar el correcto funcionamiento del sistema y se encuentran en la sección contigua.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de seguir el desarrollo metodológico planteado para éste.

4.1 Toma de datos del proceso de abastecimiento de Combustible

4.1.1 Flujo: El flujo de salida de combustible se da a través de los conductos que se encuentran instalados en la cisterna y se dirigen a una válvula de salida para la entrega del producto.

4.1.2 Medida de Caudal: Se realizó acompañamiento en el proceso de descargue de combustible del vehículo cisterna de placas SNU345 al servicio de la empresa de transporte FUELTRANS S.A.S. Durante dicho proceso se tomó registro de la cantidad de galones despachados en determinado tiempo, el cual se encuentra en la Tabla 5.

Tabla 5. Galones Despachados Vs Tiempo

Nro. Muestra	Tiempo (Segundos)	Despacho (galones)
1	60	125
2	120	240
3	180	347
4	240	463
5	300	570
6	360	692
7	420	765
8	480	870
9	540	985
10	600	1103
11	660	1229
12	720	1348
13	780	1453
14	840	1560
15	900	1653
16	960	1761
17	1020	1868
18	1080	1953
19	1140	2041
20	1200	2160

Teniendo en cuenta que la capacidad máxima de almacenamiento de la cisterna es de 2160 galones, de la Tabla 5 se puede inferir que la entrega del combustible se realiza en un tiempo aproximado de 20 minutos y cabe resaltar que en la medida que la cisterna reduce su volumen la velocidad del bombeo tiende a disminuir.

Los datos que se obtuvieron durante el desarrollo de esta prueba, corresponden al promedio realizado durante el proceso de descargue de combustible, el cual se realizó en la misma estación de servicio y con la misma ubicación del vehículo.

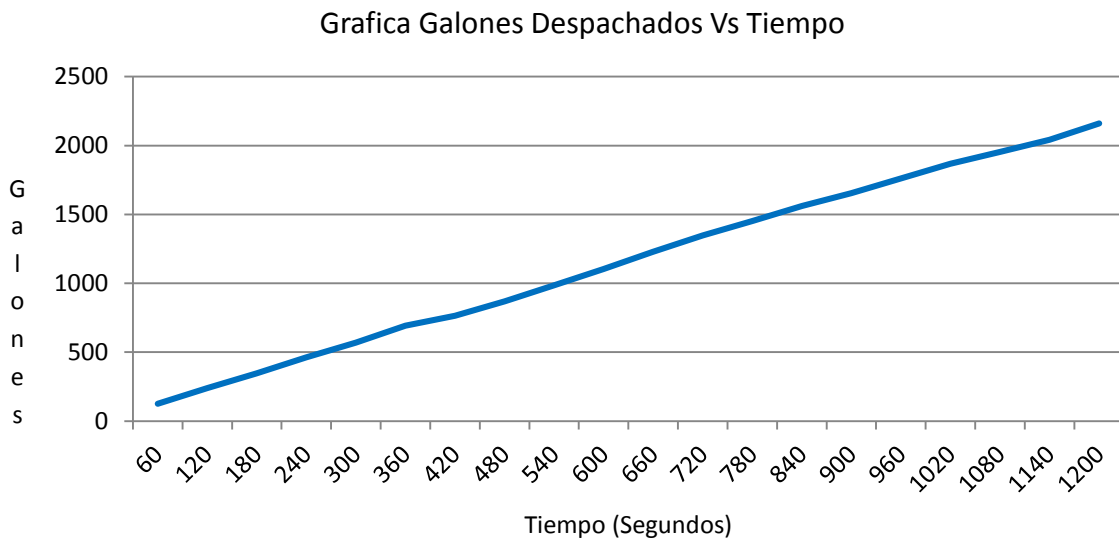


Figura 17. Grafica Galones Despachados Vs Tiempo

En la Figura 17 se observa la forma progresiva en la cual se realiza el proceso de suministro de combustible y el tiempo necesario para realizar esta operación.

4.1.3 Características válvula: Para la apertura y cierre del sistema se utilizó una válvula mecánica galvanizada tipo bola con un diámetro de 2 pulgadas. Este tiempo de operación manual en el accionamiento de la válvula tardó de 3 a 5 segundos, teniendo en cuenta que el operador lo debe realizar cuidadosamente para evitar daños y golpes de ariete.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se debe tener en cuenta que toda la operación que realiza este vehículo para llevar a cabo el suministro del producto se realiza de una forma manual

4.2 Fuerza Pistón Neumático

A continuación se calculará teóricamente la fuerza desarrollada por el pistón neumático, teniendo en cuenta que dicha fuerza se da en función del diámetro del pistón (émbolo), de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento.

Teniendo en cuenta que para el proyecto se trabajó con una presión de 90 psi. Para los cálculos se tomó como referencia el diámetro del embolo, el cual según la ficha técnica del pistón neumático corresponde a 40 mm.

Partiendo de la fórmula del área de un cilindro se tienen los siguientes cálculos:

$$\text{AreaAvance} = \pi * \frac{Dc^2}{4}$$

Donde Dc = Diámetro del cilindro

$$\text{AreaAvance} = \pi * \frac{(40 \text{ mm})^2}{4} = \mathbf{1256,6 \text{ mm}^2}$$

$$\text{AreaRetroceso} = \pi * \frac{Dc^2 - Dv^2}{4}$$

Donde Dc = Diámetro del cilindro

Dv = Diámetro del Vástago

$$\text{AreaRetroceso} = \pi * \frac{(40\text{mm})^2 - (15\text{mm})^2}{4} = \mathbf{1079,92 \text{ mm}^2}$$

Para calcular la fuerza de un pistón neumático doble efecto tenemos la siguiente formula:

Se sabe que $1 \text{ psi} = 0,0689476 \text{ bar}$ Entonces

$$90 \text{ psi} * \frac{0,068 \text{ bar}}{1 \text{ psi}} = \mathbf{6,20 \text{ bar}}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\text{FuerzaAvance} = \pi * \frac{Dc^2}{4} * \frac{P(\text{Bar})}{10}$$

Donde P = Presión en Bar

$$\text{FuerzaAvance} = 1256,6 \text{ mm}^2 * \frac{6,20 (\text{Bar})}{10} = \mathbf{1947,73 \text{ Newton}}$$

$$\text{FuerzaRetroceso} = \pi * \frac{Dc^2 - Dv^2}{4} * \frac{P(\text{Bar})}{10}$$

Donde P = Presión en Bar

$$\text{FuerzaAvance} = 1079,92 \text{ mm}^2 * \frac{6,20 (\text{Bar})}{10} = \mathbf{669,55 \text{ Newton}}$$


Fuerza en Kilogramos

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$$\text{FuerzaAvance} = 1947,75 \text{ N} * \frac{1 \text{ Kgf}}{9,81 \text{ N}} = \mathbf{198,5 \text{ kgf}}$$

$$\text{FuerzaRetroceso} = 669,55 \text{ N} * \frac{1 \text{ Kgf}}{9,81 \text{ N}} = \mathbf{68,25 \text{ kgf}}$$

Es importante realizar estos cálculos para determinar la fuerza necesaria en las etapas de avance y retroceso llevadas a cabo en el pistón de cara a un funcionamiento confiable y preciso de la válvula utilizada. De acuerdo a los valores arrojados mediante este cálculo, se pudo determinar que el cilindro utilizado en el proyecto requiere una mayor fuerza para la apertura de la válvula de salida comparado con la fuerza que requiere para realizar el movimiento inverso, ya que para la labor de retroceso se debe tener en cuenta la dimensión que tiene el vástago al interior del cilindro.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.3 Pruebas Fuente Alimentación de Aire

Se realizaron pruebas al vehículo para verificar que el aire que éste suministró fuera el indicado para el correcto funcionamiento del proyecto. Se pudo evidenciar que la fuente generadora entrega entre 90 y 100 psi, los cuales son ideales para el funcionamiento de la electroválvula y el pistón neumático.

En la Figura 18 se muestra el manómetro del vehículo indicando la presión de aire de referencia.



Figura 18. Sistema Eléctrico Vehículo

El cilindro contenedor de aire del vehículo por su estructura interna tiene una configuración especial para el funcionamiento de los frenos, tuvimos dificultad para identificar una salida constante que tuviera el sistema funcional.

Para dar solución a este inconveniente se interviene una línea de presión constante adaptando un accesorio neumático que nos permite tener una línea de trabajo asociada a ésta, así se garantiza aire constante al sistema neumático.

En la Figura 19 se muestra la adaptación realizada en la línea neumática

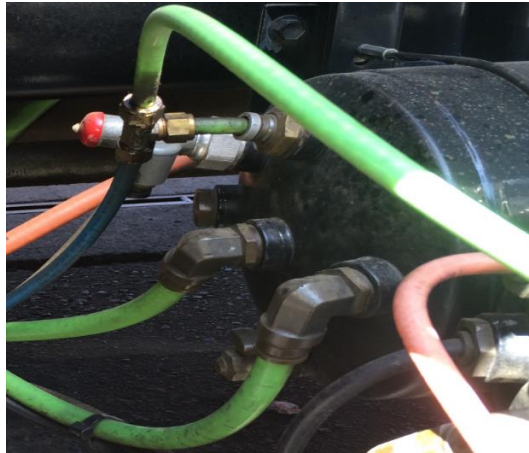


Figura 19. Toma de Aire del Sistema

4.4 Pruebas Alimentación de Voltaje

Teniendo en cuenta que el sistema eléctrico del vehículo funciona a 12V, se facilitó la implementación del arduino y el shield, dado que los voltajes de operación de ambos son iguales al voltaje que suministra el encendedor de la cigarrera.

Se realizaron pruebas con los dos tipos de alimentación que se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6. Respuesta alimentación arduino y shield

Nro. Muestra	Tiempo de Respuesta en (Segundos)		Diferencia Tiempo
	Con una alimentación	Alimentación independiente	
1	29	3	26
2	67	5	62
3	123	4	119
4	185	5	180
5	BLOQUEO SHIELD	3	ERROR
6	BLOQUEO SHIELD	5	ERROR

De acuerdo a la Tabla 6 se puede inferir que con una sola alimentación el sistema presenta retardos en la respuesta y bloqueos en la shield y era necesario resetearla manualmente. Por el contrario, con la alimentación independiente el sistema es estable y su tiempo de respuesta es rápido.

Para tomar estos datos se hicieron varias pruebas e inicialmente se pensó que era un problema en alguna de las placas o en la programación, pero cuando se conectaron independientemente funcionó correctamente, al ver esto, se hicieron 5 pruebas y se promedió el resultado.

El tiempo se incrementa por que se observó que el shield al parecer no es compatible al 100% con el arduino, esto se concluye al notar que la alimentación del mismo se hace por unos pines que tiene el arduino pero no el shield, cuando la alimentación se hace con jack de 12vdc en cada placa, estos funcionan de una manera óptima.

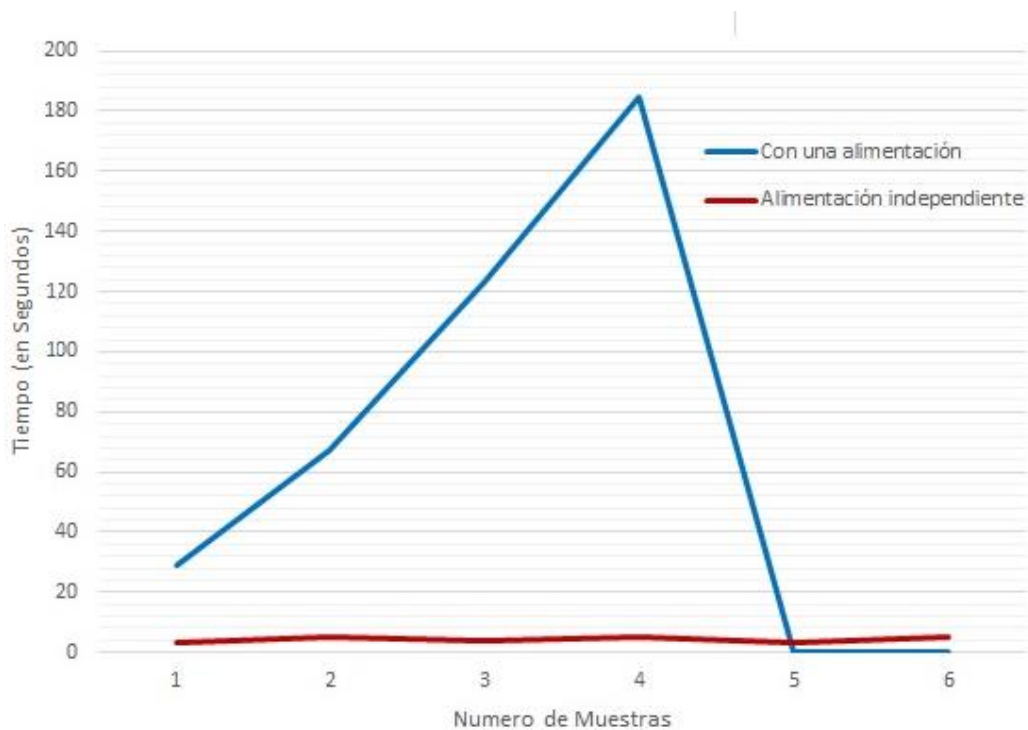


Figura 20. Gráfico respuesta alimentación arduino y Shield

En la Figura 20 se puede observar que el sistema con una sola alimentación presenta fluctuaciones en su respuesta y con alimentación independiente se presenta un comportamiento lineal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.5 Pruebas y Acondicionamiento de Válvula

Una vez ajustado correctamente el sistema mecánico y el sistema de control en cada una de sus etapas, en las cuales se revisó la presurización en las líneas neumáticas. Adicionalmente se realizaron pruebas del accionamiento de la válvula en sus dos estados de operación una vez que es accionada directamente por el pistón neumático.

En la Figura 21 se muestra el fácil accionamiento de esta válvula y el buen diámetro de apertura que se logró en el sistema.

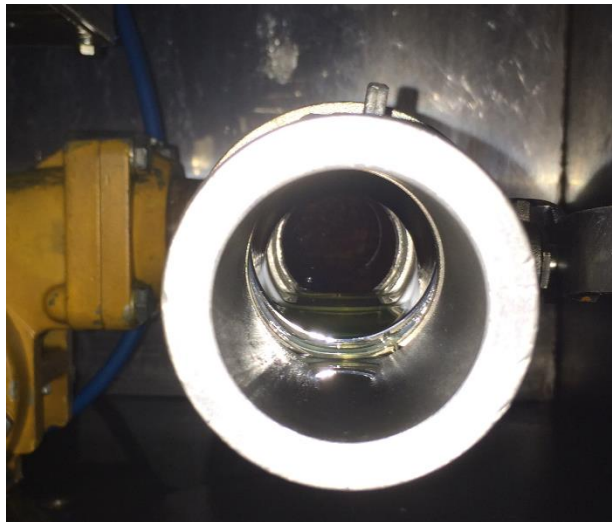


Figura 21. Accionamiento Válvula

En el momento de la instalación de la válvula de salida se presentaron varios inconvenientes, debido a que la salida de la motobomba tiene un diámetro de pulgada y media y la válvula era de 2 pulgadas, dado que el espacio es muy reducido fue necesario utilizar un acople para no modificar la estructura inicial.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.6 Pruebas de Comunicación del Sistema

Se realizaron diferentes pruebas para conocer el radio de acción del sistema, en el cual una vez el vehículo se encontraba en su destino y disponía de todo lo necesario para llevar a cabo el descargue de combustible se enviaron mensajes de prueba para permitir el descargue autorizado por parte del líder del transporte.

En la Tabla 7 se muestran los datos tomados al realizar las pruebas de cobertura del sistema.

Tabla 7. Pruebas Cobertura del Sistema

Nro. Prueba	Ubicación Líder Transporte	Ubicación Vehículo	Distancia Vehículo	Tiempo Respuesta Vehículo (Segundos)
1	Itagüí	Itagüí	2 KMs	5
2	Itagüí	Estrella	13 KMs	4
3	Itagüí	Caribe	17 KMs	4
4	Itagüí	San Cristóbal	23 KMs	5
5	Itagüí	Bello	24 KMs	5
6	Itagüí	Guarne	43 KMs	6

De acuerdo a la Tabla 7 se puede concluir que el sistema es estable y que independientemente de la distancia entre el emisor y receptor, su respuesta es eficaz y rápida. Lo que nos indica que el proyecto es ideal para trabajar en el área metropolitana del valle de aburra.

En la Figura 22 se evidencia el comportamiento de los tiempos de respuesta del sistema vs la distancia que se puede dar en la operación del transporte de Fueltrans S.A.S.

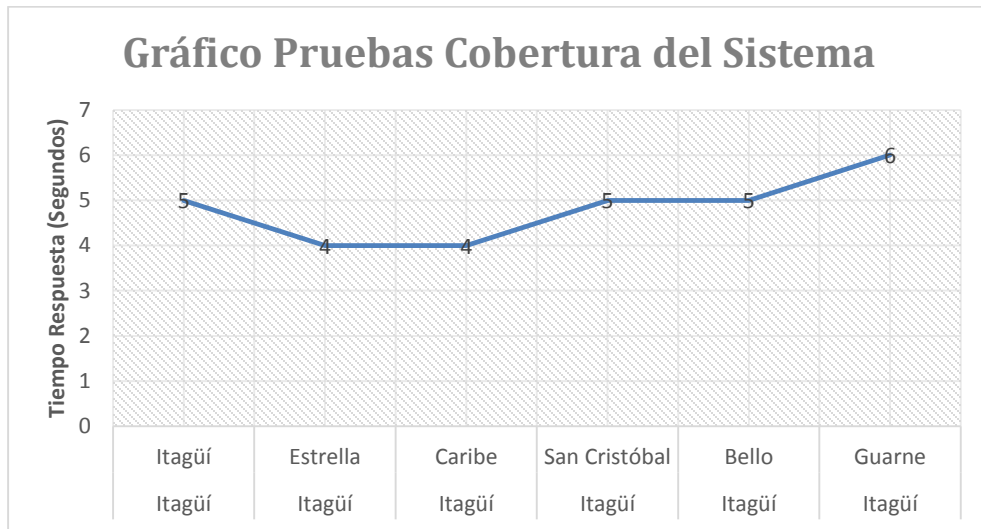


Figura 22. Pruebas de Cobertura del Sistema

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Se logra diseñar un sistema de control electrónico con comunicación GSM que permite controlar a distancia el accionamiento de la válvula de salida de combustible de un camión cisterna, se comprobó que el sistema es funcional y apto para trabajar en un lugar como el área metropolitana del valle de aburra donde la cobertura móvil abarca con eficiencia cada punto donde va a ser utilizado.

Gracias a este sistema se logrará tener el control por parte de FUELTRANS S.A.S para los descargues autorizados de combustible por parte del líder de transporte, de esta manera se garantizará que en ningún momento la válvula pueda ser intervenida por algún funcionario u operador del vehículo cisterna. Conservando la integridad de la cantidad del combustible entregado.

El desarrollo del proyecto tuvo un costo de realización de \$ 975.000. Es importante resaltar que por su funcionalidad y servicio es un sistema económico y asequible a pequeñas y medianas empresas en el sector de transporte. Mejorando las condiciones de seguridad en el suministro del combustible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Es importante remarcar que durante el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto se presentaron las siguientes dificultades: instalación de la válvula de salida, alimentación del arduino y el shield, suministro constante de aire y posición de la válvula; que de una u otra forma alteraban el correcto funcionamiento del sistema, en cada una de las secciones descritas de la metodología empleada se explicaron los medios utilizados para dar solución a estas dificultades y así garantizar su operatividad.

Para un trabajo futuro se puede mejorar el sistema permitiendo recibir a distancia el estado en el que se encuentra la válvula. Por otro lado se puede implementar un sistema de visualización en la cabina del vehículo usando un display para monitorear su estado. Además, utilizar válvulas de accionamiento neumático que pueden simplificar el acondicionamiento mecánico entre el pistón y la válvula de salida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Kushner, D. (2011). The making of arduino. *IEEE Spectrum*, 26.

Osborne, A., & Kane, G. (1981). *Osborne 16-bit microprocessor handbook*. Osborne/McGraw-Hill.

Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (1991). *El lenguaje de programación C*. Pearson Educación.

Sánchez, J. A. (2013). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. Ediciones Díaz de Santos.

Valencia Gallón, H., Saldarriaga Alzate, M. M., & Giraldo Ospina, J. (2013). *Fundamentos de electrónica industrial: Revisión y actualización*

Hart, D. W. (2001). *Electrónica de potencia*. Pearson Educacion. SA.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXOS

ANEXO A

En este anexo se encuentra parte del código de programación realizado en la etapa de control del sistema y se configuró la comunicación bidireccional entre la shield GPRS y el arduino.

```

#include <SoftwareSerial.h> // Incluir librerías para puerto serial
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Activar pines sim 900 RX-TX
char charSIM900 = 0; // Se crea carácter sim900 con valor (0)
void setup(){
  pinMode(13,OUTPUT); // Configuración de pines como salidas
  pinMode(12,OUTPUT);
  digitalWrite(13,LOW);
  digitalWrite(12,LOW);
  SIM900.begin(9600); // Frecuencia de trabajo del puerto serial
  SIM900power();
  delay(10000);
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r\n");
  delay(200);
  SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r\n");

  for(int i = 1; i < 16; i++){
    SIM900.print("AT+CMGD=");
    SIM900.print(i);
    SIM900.print("\r\n");
  }

```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

```
}

```

```
delay(1000);

```

```
}

```

```
void loop(){

```

```
EventSMS();

```

```
}

```

```
void EventSMS(){

```

```
//Evento al recibir mensaje

```

```
while(SIM900.available() > 0){

```

```
charSIM900 = SIM900.read();

```

```
if (charSIM900 == '#'){

```

```
delay(10);

```

```
charSIM900 = SIM900.read();

```

```
if (charSIM900 == 'O'){

```

```
delay(10);

```

```
charSIM900 = SIM900.read();

```

```
if (charSIM900 == 'N'){

```

```
digitalWrite(13, HIGH);

```

```
digitalWrite(12, HIGH)

```

```
delay(200);

```

```
SIM900.flush();

```

```
// Borrado de mensajes recibidos

```

```
}

```

```
else if (charSIM900 == 'F'){

```

```
delay(10);

```

```
charSIM900=SIM900.read();

```

```
if (charSIM900 == 'F'){

```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

```
digitalWrite(13, LOW);  
digitalWrite(12, LOW);  
delay(200);  
SIM900.flush(); // Borrado de mensajes recibidos  
}  
}  
}  
}  
}  
}
```

FIRMA ESTUDIANTES Alex Martínez
Mauricio Chacá Mora

FIRMA ASESOR Thomas J. Ramírez R.

FECHA ENTREGA: 22/02/2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____