

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

**EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y PROTOCOLO DE MEDICIÓN
DE HERMETICIDAD EN EL FUGÓMETRO TEX G4-VF**

RUBEN DARIO MORA VANEGAS
ANDRES ALFONSO ROSALES MUÑOZ

TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

PEDRO NEL ALVARADO T.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

30/04/2019

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

RESUMEN

En la ingeniería es común encontrar problemas de fugas no detectadas que ponen en peligro los equipos y la vida de las personas que manipulan estas herramientas. Constantemente se presentan accidentes que llevan a situaciones de pérdidas económicas, amenazas en la seguridad y atentados contra el medio ambiente.

Para darle solución a estos problemas es necesario realizar pruebas de hermeticidad, garantizando el óptimo funcionamiento de los equipos usados por las empresas para que estas, a su vez, puedan generar productos de calidad, 100% seguros y herméticos para las personas que vayan a hacer uso de estos.

El laboratorio de Ciencias Térmicas del ITM con el objetivo de avanzar en el tema y reducir los niveles de accidentes en la industria, recientemente adquirió un fugómetro para determinar fugas en gasodomésticos y tuberías. Este equipo fue analizado como parte de un **producto de laboratorio** mediante la verificación manual con líquido jabonoso y ensayos en diferentes procesos al interior del laboratorio. Este estudio dio como resultado una guía en los **protocolos de medición del equipo y un manual práctico para su uso.**

Durante el estudio se realizaron análisis en la detección de fugas en gasodomésticos, líneas y ductos de gas, esto con el objetivo de evitar posibles emergencias, así como caídas de presión o pérdida de gases que repercuten en el incremento del costo y la seguridad de las personas.

Dependiendo el nivel de pureza de los gases su costo puede aumentar, por esto es importante detectar las fugas a tiempo para evitar pérdidas económicas en las industrias.

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

Existen varias metodologías para la detección y corrección de fugas: monitoreo de la presión en diferentes puntos de las tuberías, verificación de fugas en las conexiones mediante dispositivos y utilización de líquidos especiales. En el de gasodomésticos las opciones más usadas son la verificación manual mediante un líquido jabonoso o el uso del fugómetro.

Resultados: con el análisis y aplicación del fugómetro. En el laboratorio se logró desarrollar una guía para el manejo de esta herramienta, evitando así las pérdidas de gas para disminuir costos en la industria.

Palabras clave: *fugómetro, gasodoméstico, hermeticidad seguridad, costo, ductos, tubería, fugas, válvulas y medición.*

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

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al profesor Pedro Nel Alvarado por guiarnos en el proceso del trabajo con su acompañamiento constante durante el estudio y las pruebas en el laboratorio de Ciencias Térmicas del ITM.

Así mismo, damos las gracias a nuestra universidad por darnos la oportunidad de desarrollar este trabajo que permitirá a otros estudiantes conocer y aplicar una nueva herramienta que les facilitará ejercer tu labor en diferentes compañías donde requieran realizar control de gases.

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

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	9
3. METODOLOGÍA	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	52
REFERENCIAS	54

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

1. INTRODUCCIÓN

Una fuga es una filtración de productos o sustancias gaseosas que generalmente son transportadas por conducciones y tuberías. Una filtración puede ser de muy baja complejidad, aunque puede irse graduando hasta convertirse en una concentración de fluido con alto riesgo de accidentalidad.

Las filtraciones han sido reconocidas como un problema por ser el causante de muchos accidentes en diferentes segmentos de la industria, donde las fugas de sustancias peligrosas constituyen uno de los peligros más frecuentes. Dentro de estas instalaciones los puntos más vulnerables son las uniones en diferentes tramos y las conexiones a los equipos.

Para que no ocurran este tipo de eventualidades es necesario determinar el nivel de pérdidas (fuga) en una instalación interna en situaciones donde han ocurrido accidentes por escape de gas. Por ende, es indispensable disponer de procedimientos y de equipos confiables para identificar el nivel de dichas pérdidas. Un método propuesto es la utilización de herramientas debidamente calificadas y certificadas en prevención de fugas en instalaciones.

En este trabajo se realizó un producto de laboratorio en el área de Ciencias Térmicas con el fin de estudiar las problemáticas presentadas en la utilización de gasodomésticos, líneas y tuberías. Esto haciendo pruebas de hermeticidad y analizando cada una de las mediciones con un nuevo instrumento que adquirió la institución para satisfacer estas necesidades. A continuación, se define el termino de Hermeticidad palabra que seguirá siendo utilizada a lo largo del manuscrito.

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

¿Qué es la Hermeticidad?

Es la prueba o evaluación que se le realiza a un equipo, válvula, tubería, donde su principio de funcionamiento es a base de un fluido, la misma determina si la pieza puesta bajo prueba tiene algún tipo de grieta o fuga a través de una prueba de presión. Si la pieza que se desea conocer tiene algún tipo de escape es presurizada con aire seco, y dicha prueba consiste en generar una diferencia de presión entre el interior y exterior de la pieza en medición.

Se dice que un equipo es hermético si este no presenta ningún tipo de fluido en ningún lugar de su estructura física.

Este nuevo equipo de la línea TEX G4-VF es conocido como Fugómetro, y fue analizado para realizar una guía básica con la organización de la hoja de vida del mismo y sus protocolos de funcionamiento. Lo anterior con el fin de estandarizar el uso de la herramienta y darla a conocer a futuras generaciones.

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

Objetivo general

Evaluar las condiciones de operación y elaborar una guía de procedimientos básicos de un fugómetro, nuevo instrumento de medición del laboratorio de Ciencias Térmicas del ITM.

Objetivos específicos

- Desarrollar un protocolo de funcionamiento para el fugómetro TEX G4-VF para detección de fugas en gasodoméstico, válvulas y tuberías.
- Evaluar condiciones de operación tales como: presión de entrada del equipo, límites de fuga y tiempos de llenado, estabilización y medición.

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

2. MARCO TEÓRICO

PRINCIPIO TEÓRICO DE FUNCIONAMIENTO:

Los equipos Tex-G4 contienen la más moderna tecnología en cuestión de medición de fugas. Con su fácil y sencillo funcionamiento sumado a su robustez para operar, puede ser utilizado tanto en un laboratorio como a nivel industrial, por ejemplo: automotores, electrodomésticos, industria neumática, medicina y aeronáutica.

Con características adaptadas a la actualidad, el equipo utiliza un sistema de regulación de presión: el REPi (Regulador electrónico de presión inteligente), tecnología desarrollada y patentada por TEX que permite hacer todos los ajustes de presión y tiempo de relleno, así como también permite realizar pruebas secuenciales con diferentes parámetros de presión y a su vez ejecutar otras tareas simultáneamente que como resultado dan pruebas más rápidas y precisas.

El sensor de flujo del Tex-G4 está adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Su principio de funcionamiento está basado en la medición del desplazamiento de una masa de aire a través de dos sensores térmicos, montados en un canal lamiar.

El fugómetro nos permite medir la fuga directa de la pieza después de ser comprimida con aire, pasando por el sensor de flujo ubicado en la entrada de aire; dependiendo de los límites establecidos

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

para cada tipo de prueba, el equipo decide si aprueba o no la pieza. Con el principio de funcionamiento del sensor de flujo, toda la correlación entre el flujo, presión y temperatura es transformada en una única unidad de fuga: Scm (centímetro cúbico por minuto estándar) o Scch (centímetro cúbico por hora estándar). Esto nos permite hacer todo tipo de pruebas de hermeticidad en cualquier lugar del mundo, sin que el valor de la prueba realizada se vea afectado por la presión atmosférica del lugar o su temperatura.

Para optimizar y reducir el tiempo que toma realizar una medida, el equipo mantiene en su salida un flujo constante de aire comprimido y realiza una pre-presurización en el momento en el que es conectada la pieza de prueba.

Cuando el equipo detecta que la pieza fue conectada se hace una presurización de la pieza en prueba, se espera que se estabilice el aire comprimido y luego se mide el flujo de éste con un micro sensor. Este flujo es considerado fuga y ésta es comparada con los parámetros ajustados previamente para que el equipo decida si aprueba o reprueba la pieza. Esto lo hace mediante una notificación que aparece en la pantalla táctil del equipo.

Resolución:

Conociendo la gran cantidad de aplicaciones que tiene el fugómetro y la importancia de medir estanqueidad en diversos segmentos de la industria que trabajan con sistemas de presión, es

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

necesario verificar constantemente sus posibles fugas para mantener el nivel de calidad de sus productos y la seguridad de sus trabajadores y consumidores.

Muchas empresas han utilizado la gran variedad de productos que maneja la línea TEX G4, reconociendo así la gran importancia de adquirir un aparato de medición de estanqueidad. El equipo es muy utilizado a nivel automotriz, médico, industrial, doméstico y en el sector de la aviación.

¿Por qué es de vital importancia para una empresa adquirir un aparato de medición de estanqueidad?

Debido a la ocurrencia de fugas en productos de varios segmentos de la industria, constantemente se pueden ocasionar diversos problemas que llevan a fallas y errores que generan accidentes que comprometen la integridad de los equipos vendidos a sus clientes, accidentes con pérdidas materiales, aumentos en gastos de la producción, entre otros.

Por lo anterior es muy importante para una empresa adquirir el equipo TEX G4, ya que éste puede detectar la existencia de fugas en distintos productos y conexiones, aumentando así la productividad y seguridad sin poner en riesgo la calidad de los productos o la integridad de sus clientes.

Entre las más reconocidas empresas que implementaron este equipo se encuentran: Ford, Yamaha, Haceb, Mabe, Mitsubishi Motors, EATON, motores MWM, VOITH Engineered Reliability, DENSO, entre otros.

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

Cada una de estas empresas utilizan la línea de fugómetros TEX G4 para realizar pruebas. En cuanto a los modelos se tienen varias opciones que varían de acuerdo al segmento donde será aplicada la prueba. Algunos son: TEX G4-SE, TEX G4-VE, TEX G4-VF, TEX G4-HD, TEX G4-DF.

- **ÁREA AUTOMOTRIZ**

En el área automotriz, la prueba de estanqueidad busca garantizar a las industrias de autopartes que la pieza probada esté libre de agujeros o de cualquier tipo de fuga, grietas y demás tipos de porosidades que permitan la entrada o salida del fluido contenido.

Debido a la constante actualización tecnológica en el sector automotriz, la prueba de estanqueidad busca que los usuarios tengan una mayor seguridad en el momento de adquirir los vehículos, garantizando de manera precisa que las piezas a prueba no tengan ninguna fuga. Ésta prueba de estanqueidad automotriz es el medio más eficaz para garantizar que los componentes más esenciales de un vehículo estén en óptimo funcionamiento, tengan un resultado aprobado con alta productividad y puedan certificar la seguridad de los clientes. Por lo anterior, la Industria automotriz implementó a su equipo de trabajo herramientas de alta tecnología y calidad en su proceso.

PRUEBA EN EL ÁREA AUTOMOTRIZ

La pieza probada es alimentada y llenada con aire seco presurizado, esperando que el flujo remanente sea estabilizado por medio de un sensor micro caudal másico, que indica de manera directa la fuga del fluido inyectado. El siguiente paso es comparar los resultados entre la fuga

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

detectada por el equipo y los pre ajustados para que la pieza sea aprobada o no. Los equipos buscados para realizar esta prueba son los modelos de la línea TEX G4.

Las pruebas de estanqueidad de TEX garantizan agilidad, productividad, facilidad operacional y garantía de rastreo de los resultados.

Los productos que pueden ser puestos a prueba por los fugómetros TEX en el área automotriz son: motores, sistemas de inyección, aire acondicionado, tanque, cambios, neumáticos o llantas, mangueras, colectores, ignición, cabezal, bombas, catalizadores, cajas de transmisión y dirección, faroles, conexiones, sensores, filtros, frenos, boquillas (picos inyectoros), válvulas radiadores, tanques de combustibles, escapes, tapas, sistemas electrónicos, entre otros.

- **ÁREA DOMÉSTICA**

En el área doméstica, la prueba de estanquidad utilizada es la responsable de realizar el procedimiento que busca analizar si el producto está libre de cualquier agujero o demás tipos de fuga. Esto con el fin de garantizar que la pieza o el producto sea totalmente hermético y pueda proporcionar elementos libres de fugas para mantener el nivel de calidad de sus productos. Para llevar a cabo este procedimiento es necesario hacer el test de estanqueidad, ya que esto proporciona seguridad y puede corregir fallas evitando errores que lleven a un accidente laboral o doméstico.

Cada uno de los electrodomésticos entregados por las empresas dedicadas a su comercialización deben de analizar de manera minuciosa su funcionamiento para asegurar que no exista ningún tipo de falla. Debido a que los electrodomésticos son usados dentro del hogar, es necesario que estos le proporcionen 100% de seguridad a cada uno de los usuarios.

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

PRUEBA EN EL ÁREA DOMÉSTICA

En el momento de hacer la prueba, la pieza debe ser alimentada con aire seco presurizado (es un procedimiento empleado en los sectores que trabajan con productos que hacen el uso del gas). Primero se llena toda la pieza que indica de manera directa si hay algún escape del fluido proporcionado, esperando que el flujo remanente sea estabilizado por medio de un sensor micro caudal másico. Posteriormente se comparan los resultados entre la fuga detectada por el equipo y los pre ajustados para que la pieza sea aprobada o desaprobada.

Algunos ejemplos de las aplicaciones que tiene el fugómetro a nivel doméstico son: estufas a gas, tuberías, filtros, potes herméticos, lavarropas, grifos, válvulas, licuadoras, heladeras, cafeteras, reguladores de gas, bebedores, planchas, entre otros. Ya que en la cocción de alimentos es muy común usar el gas, es de vital importancia que las estufas y tuberías no tengan ningún tipo de fuga y sean 100% seguros para todos los usuarios, para garantizar su seguridad, es usada la línea de fugómetros TEX G4.

- **ÁREA INDUSTRIAL**

En el área industrial, la prueba de estanqueidad tiene como objetivo principal asegurar el principio de funcionamiento de los sistemas que operan dentro sus plantas de producción. Los análisis son extremadamente necesario para predecir la ocurrencia de errores, fallas y problemas que pueden generar paradas en la producción e incluso riesgo de accidentes.

Es importante no tener deficiencia en las líneas de producción, ya que estas están en constante funcionamiento. Si una de estas líneas se llegara a detener puede poner en riesgo la vida de sus

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

trabajadores, generar pérdidas millonarias a la empresa y, a su vez, puede ocasionar daños en sus equipos y causar pérdidas humanas.

PRUEBAS EN EL ÁREA INDUSTRIAL

Para evitar fugas en la industria hay varios modelos de equipos de prueba de estanqueidad industrial que se adaptan de acuerdo a las condiciones de presión de cada sistema. Para hacer pruebas de calidad en medición lo más recomendado es usar la línea de fugómetros TEX G4 que contiene maquinaria de alta tecnología y son fabricados por empresas debidamente calificadas.

Algunos de los objetos a los cuales los fugómetros TEX G4 pueden hacer pruebas de hermeticidad son: válvulas, conexiones, grifos, tuberías, manómetros, sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos, filtros, mangueras, sensores, caudalímetros, pulverizadores, cilindros, capilares, pipetas de gases, conmutadores de presión, reguladores de presión, pistolas, entre otros.

- **ÁREA DE LA SALUD**

En el área de la salud, con la prueba de estanqueidad es necesario tener un cuidado redoblado porque se puede poner en riesgo la vida de una persona. Para asegurar el funcionamiento correcto de los ductos, como forma de evitar fugas del contenido transportado, es indispensable tener unos procedimientos de medición altamente eficaces y confiables, con el fin de garantizar calidad y seguridad en los procedimientos de medición y verificación. Una “simple” fuga en un proceso de alto riesgo como una hemodiálisis (tratamiento de sangre) puede traer graves consecuencias en la salud de los pacientes. Por lo anterior es importante prevenir que los usuarios tengan algún riesgo de contraer o empeorar enfermedades.

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

Los fabricantes de equipos médicos y hospitalarios necesitan hacer pruebas de estanqueidad altamente eficaces con productos de alta calidad, brindando así más confiabilidad a los médicos y pacientes, dado que hay vidas que dependen de la eficiencia de ellos.

En la medicina, los fugómetros pueden ser usados para realizar pruebas de hermeticidad en los siguientes productos: filtros, mangueras y tubos, bombas, colectores, manómetros, cilindros, respiradores, tanques, conexiones, catéteres, dosificadores, caudalímetros, entre otros.

- **ÁREA AERONÁUTICA**

En el área aeronáutica, el ensayo de estanqueidad es una prueba que ayuda a la técnica de inspección visual no destructiva, posibilitando la identificación del lugar donde está ocurriendo la fuga del fluido en el objeto probado y la identificación del lugar del material hueco. De esta forma la prueba de estanqueidad en la aeronáutica permite el uso adecuado de los componentes que van a ser utilizados en la construcción de las aeronaves para afianzar la total seguridad de los equipos.

PRUEBAS EN EL ÁREA AERONÁUTICA

Con el fin de analizar el sellado del producto, donde las fugas pueden ocurrir en juntas dobladas, roscadas, bridas, tapas, válvulas y muchas otras piezas, las pruebas se realizan en seco con equipos especialmente diseñados que promuevan una medición precisa de las piezas, comparando parámetros ajustados y aprobando o no la validez del equipo validado.

Las pruebas herméticas que se realizan en algunos sistemas son: sistemas de combustible, tubería y motores.

A continuación, se explicará la aplicación de los fugómetros de la línea G4 para las empresas más destacadas que han hecho uso de estos equipos:

Tipo de fugómetro	Características	Funciones	Empresas a las que presta servicio	Segmento de aplicación
G4-VE	Rangos de presión: -30 / 30 / 200 /500/800/1.000 kPa. Rangos de fuga: 2/20/50/100/500 NmL/min. Resolución hasta 0,001 NmL/min - Precisión: 1% (FE). Unidades de medición: NmL/min, NmL/h, NL/min, NL/h. Prueba con presión positiva o negativa. Rápida detección de fugas elevadas.	Ejecución de pruebas con presiones negativas y positivas, pruebas de volúmenes complejos , en que la prueba diferencial no se consigue estabilizar , debido a las fluctuaciones térmicas de la pieza y el ambiente.	Ford , Yamaha , Eaton , MWM , Mahle,Martinrea, Rinnai,Scania	Automotriz, Industrial, Aeronáutico

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

G4-VF	<p>Rango de presión de prueba: (5,0 - 35,0) kPa / Resolución: 0,1 kPa.</p> <p>Rango de medición de fugas: (0,00 – 120,0) Scch / Resolución: 0,01 Scch.</p> <p>Unidades de presión seleccionable: bar, mmHg, mmH2O, kPa, mbar, psi.</p> <p>Información de fuga en Pa, Pa/s, Scm, Scch, Nml/min, Nml/h.</p> <p>Auto-conector.</p> <p>Rápida detección de fugas.</p>	<p>Pruebas de hermeticidad en gasodomésticos, válvulas y tuberías.</p> <p>Tiene el volumen de referencia interna y sistema de prueba automático.</p> <p>También cuenta con el modo de medición continua, para su posterior evaluación del punto de fuga.</p>	<p>Mabe,Haceb, Esmaltec, Rinnai</p>	<p>Gasodomesticos, Industrial</p>
G4-VZ	<p>Rangos de presión del sensor: 5/30/200/1.000 kPa.</p> <p>Rangos de flujo del</p>	<p>Prueba de flujo estable y repetitivo, perfecto en</p>	<p>Ford , MAHLE</p>	<p>Automotriz, Industrial</p>

	<p>sensor:</p> <p>0,1/0,5/5/20/50/200</p> <p>NL/min.</p> <p>Unidad de fuga</p> <p>normalizada: NL/min,</p> <p>NmL/min, NL/h, NmL/h,</p> <p>NL/h.</p> <p>Resolución hasta 0,0001</p> <p>NL/min - Precisión:</p> <p>1%(FE).</p> <p>Función de calibración del</p> <p>usuario (petición de una</p> <p>parte estándar).</p> <p>Compensación automática</p> <p>de pérdidas de carga</p> <p>(disponible apenas para</p> <p>regulación electrónica de</p> <p>presión).</p>	<p>aplicaciones</p> <p>donde la</p> <p>velocidad y</p> <p>repetición son</p> <p>mandatarias,</p> <p>principal</p> <p>aplicación</p> <p>medición de</p> <p>valores entre 0.1</p> <p>y 200NL/MIN</p>		
--	---	--	--	--

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

G4-DF	<p>Unidades de medición: mbar, psi, Pa, mbar/s, Psi. mL/h. mL/min.</p> <p>Más rápido en relación a las pruebas por caída de presión. presión de prueba : .100/30/200/ 500/800/1000 / 1.700 kPa. Resolución: 0.01 Pa - Precisión 0.10% (FE). Sensor diferencial: 500/5.000 Pa. Válvula de escape externo. Filtros en las conexiones de salida a la prueba.</p>	<p>Desarrollado para medir estanqueidad, comparar la variación de presión entre la referencia y la pieza en análisis a través de un sensor diferencial.</p>	<p>Ford ,Eaton , Denso, Mahle,Scania</p>	<p>Automotriz, Industrial</p>
--------------	---	---	--	-------------------------------

G4-SE	<p>Rangos de presión de prueba:-</p> <p>100/5/30/100/200/500/800 11.000/1.700 kPa</p> <p>Medición de la fuga por caída de presión.</p> <p>Regulación electrónica o manual.</p> <p>Función de compensación térmica automática.</p> <p>Resolución hasta 1Pa/Precisión ; 0.15%(FE)</p> <p>Unidades de medición: mBar,psi,Pa, mBar/s, psi/s, Pa/s, mL/h, mL/min.</p>	<p>Inyecta y mide la presión interna en la pieza durante un determinado periodo de tiempo</p>	<p>Yamaha ,Eaton, Voith , Embraer</p>	<p>Automotriz, Industrial</p>
--------------	--	---	---------------------------------------	-------------------------------

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

G4-HD	Regulación electrónica de presión de hasta 30bar	Capacidad para trabajar en líneas neumáticas en condiciones severas e inmunidad a suciedad durante su aplicación, realizando pruebas de pre-llenado, ciclage, obstrucción y cámara externa.	Denso, Martinrea, Scania	Automotriz, Industrial
	Resolución hasta 0.001Pa. Precisión: 0.10% (FE)			
	Presión de prueba: -100/5/30/1200 /500 /800/11.000/11.700/3.000/5.000 kPa			
	Sensor diferencial de 2.000Pa y 10.000Pa			
	Unidades seleccionables: Pa, Psi, mbar, mbar/s, psi/s, mL/min, mL/h			
	Pruebas de fuga, obstrucción, ciclos, llenado y partes selladas.	Análisis en sistemas de micro presión diferencial.		

3. METODOLOGÍA

PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO

En la figura 1 se muestra un diagrama de flujo o bien un protocolo de funcionamiento del equipo fugómetro TEX G4-VF para la detección de fugas en las piezas puestas a prueba. Se debe realizar el paso a paso especificado en el diagrama para asegurar un óptimo desempeño del equipo.

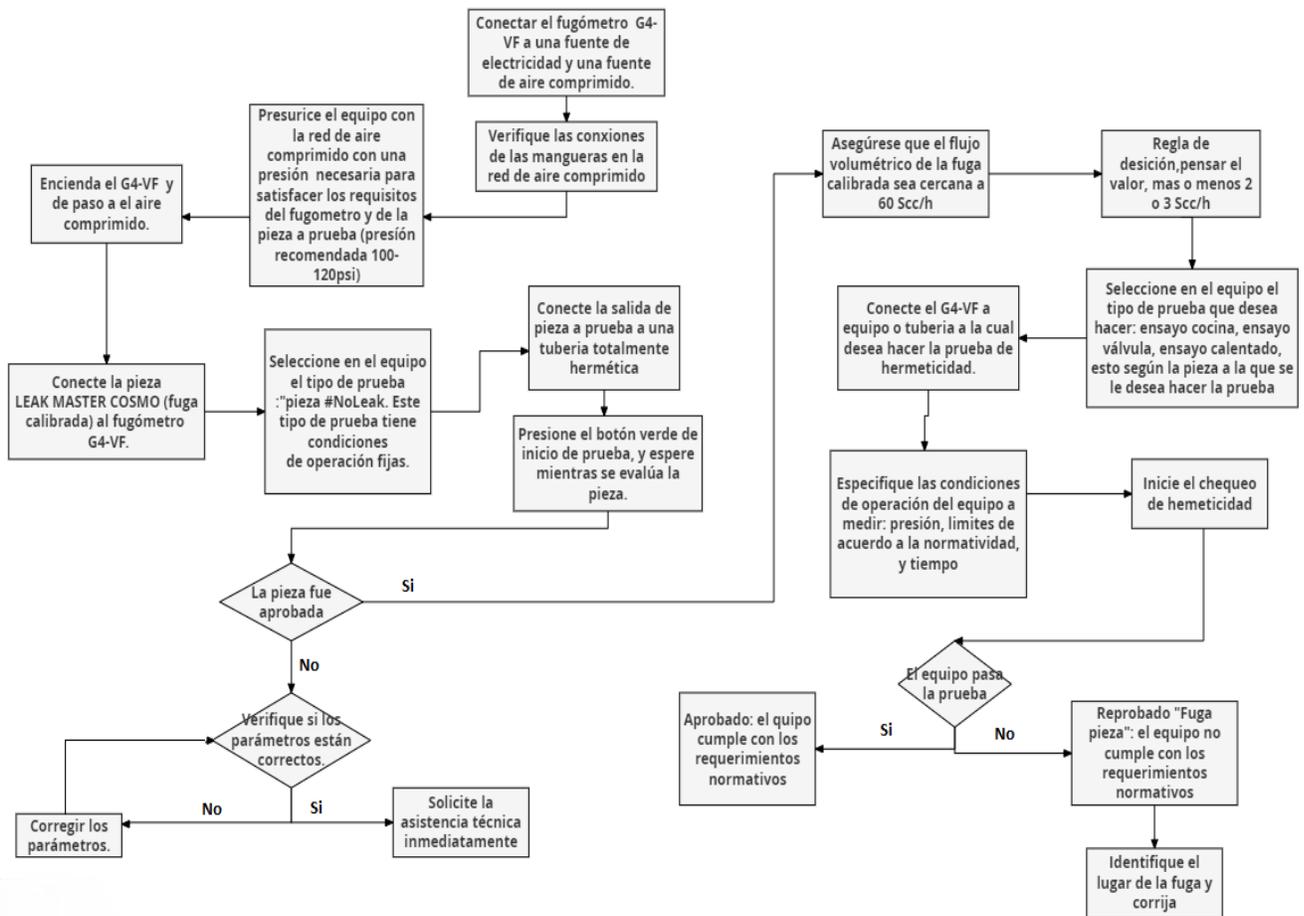


Figura 1.

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

En el siguiente contenido se describirá detalladamente este diagrama:

CONEXIÓN DEL FUGÓMETRO G4-VF:

- **CONEXIÓN ELÉCTRICA:**

El equipo de prueba TEX funciona a base de alimentación de una red eléctrica, utilizando tensiones de 90 hasta 240 voltios, con una corriente alterna y con frecuencia de 50 o 60 Hz (Hertz).

Antes de conectar el equipo a una fuente de alimentación debe asegurarse que aquel cumpla con las normas y requisitos de funcionamiento especificados por la empresa en el manual de instalación, teniendo en cuenta las recomendaciones para así evitar cualquier accidente como un incendio o descarga eléctrica, garantizando que el equipo no se vea afectado.

Es obligatorio utilizar un cable con conexión a tierra para que tenga el rendimiento esperado, una mayor vida útil y la seguridad de su equipo G4-VF. Utilice el cable de alimentación suministrado con el equipo, en caso de avería o pérdida del mismo, póngase en contacto con TEX para solicitar uno nuevo. Este cable cumple con las especificaciones eléctricas requeridas por el equipo. El cable de alimentación suministrado posee el terminal de puesta a tierra y debe conectarse a una toma eléctrica que tenga conexión a tierra. La conexión a tierra ayuda a reducir las interferencias electromagnéticas, descarga de energía estática, además de proteger el equipo y el usuario contra posibles electrocuciones o descargas eléctricas atmosféricas.

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

En caso de que el equipo G4-VF vaya a ser usado en el área industrial, es esencial que el sistema de conexión a tierra sea independiente, esto debido a que algunas máquinas de producción emiten ruido y descargas eléctricas, y estas pueden inferir en el funcionamiento correcto del equipo TEX.

- **CONEXIÓN NEUMÁTICA:**

El equipo debe ser alimentado con aire comprimido y seco, procedente de una fuente con suficiente presión que pueda satisfacer las necesidades del equipo y de la prueba. La presión mínima suministrada debe ser igual a 5 bar (72.52 psi), esto para avalar que el equipo se presurice correctamente y pueda a su vez presurizar la pieza a la cual se le está realizando la prueba. La presión máxima y que no debe ser superada es de 10 bar (145 psi), ya que si sobrepasa esta medida hay posibilidad de que se rompa el vaso del filtro o se presenten daños al equipo. La presión

recomendada para trabajar es de 120 psi (8.2 bar), esto debido a que se realizaron pruebas de hermeticidad en el laboratorio de ciencias térmicas en el campus de fraternidad.

No utilice tubos flexibles, como: PU (poliuretano - el famoso "tubo-azul"), PE (polietileno), entre otros, ya que estos se dilatan fácilmente cuando son presionados. Estas dilataciones comprometen la estabilidad de las pruebas de estanqueidad. No utilice conexiones de giro o "enganche rápido" que no tengan garantía contra fugas. Estas conexiones con el tiempo presentan desgaste en el material y bastantes fugas. Escoja siempre conexiones con el sistema de tuerca para la

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

aglomeración del tubo. Desde el punto de salida del sistema de tratamiento, la longitud de la manguera no debe exceder los tres metros, para evitar riesgos de una condensación.

- **ENCENDIENDO EL EQUIPO:**

Luego de haber realizado las conexiones debidas, las cuales fueron explicadas anteriormente, es necesario verificar cada una de las conexiones neumáticas del equipo, esto con el fin de evitar accidentes potenciales con la unidad neumática. Es necesario que se usen las especificaciones dadas y verificar que cada una de las conexiones estén fijas, tanto a la unidad neumática que está alimentando al equipo, como a la pieza puesta a prueba. Luego de cerciorarse de que estas son seguras puede proceder a presurizar el equipo; las presiones con las cuales puede hacerlo están comprendidas entre 5 bar (72.52 psi), que es la presión mínima, y 10 bar (145 psi), que es la presión máxima y no debe ser superada por riesgos a que se quiebre el vaso o fallas en el funcionamiento del equipo. La presión recomendada es de 120 Psi. A continuación, puede dar paso al aire

comprimido y posteriormente encenderlo del botón que está ubicado en la parte posterior del equipo “I/O” en la parte inferior derecha.

- **CONEXIÓN DE LA FUGA CALIBRADA (pieza “#No-Leak”):**

La fuga calibrada o pieza “#No-Leak” tiene la función de ejecutar una prueba de fuga del equipo, sin piezas conectadas. Esta pieza no puede ser eliminada ni modificada, y sus parámetros (presión, límites, tiempo) no pueden ser modificados.

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

Es necesario que siempre, antes de cada medición a realizar, se haga la prueba de la fuga calibrada 6 veces (es lo dictado por normativa para los ensayos), con el fin de verificar que el equipo este calibrado correctamente antes de realizar las pruebas de hermeticidad deseadas. Para tomar estas medidas debe seleccionar en el equipo el tipo de prueba correspondiente al tipo de pieza que va a realizarle la prueba.

En este caso seleccione el tipo de prueba “pieza #No-Leak”. Conecte la salida de pieza a prueba a una tubería o válvula totalmente hermética, esto se hace para impedir que el aire escape del fugómetro y pueda evaluar correctamente la pieza “#No-Leak”. Presione el botón verde, el cual dará inicio a la prueba y espere mientras el equipo evalúa la pieza. Este tipo de prueba debe dar un valor cercano a los 60 Scch (centímetro cubico por hora estándar) y el resultado debe ser “Fuga pieza” porque se trata de una fuga calibrada. En caso de que la pieza sea aprobada, verifique si los

parámetros están correctos, y de ser así, debe ponerse en contacto con TEX y solicite la asistencia técnica.

- **EJECUTANDO PRUEBA:**

Después de llevar a cabo las pruebas de la fuga calibrada puede efectuar las pruebas de hermeticidad que desea. Posteriormente conecte la pieza a evaluar al fugómetro por medio de la manguera que viene con el equipo, esta va conectada en la parte posterior del equipo en la zona

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

inferior derecha llamada “conexiones de prueba”. Ahora debe seleccionar el tipo de prueba que va a realizar (ensayo cocina, ensayo calentado, ensayo válvula), según el tipo de pieza que se le va a realizar las pruebas de hermeticidad. Ajuste los parámetros indicados en la norma (presión, limistes de fuga, y tiempo deseado). El tiempo no afecta considerablemente el valor de la medida tomada, pero para tener una mayor exactitud en las pruebas de hermeticidad, es recomendable usar ciertas magnitudes en la unidad de tiempo.

El tiempo trabajado en las prácticas de laboratorio fue de: llenado 15 segundos, tiempo de estabilización 15 segundos y tiempo de medida 5 segundos. En el laboratorio se llevaron a cabo prácticas con tiempos experimentales de 30 y 60 segundos de llenado y de estabilización para comparar si el tiempo realmente afecta el valor medido. Se pudo observar que la desviación estándar es muy baja, por lo tanto, el tiempo seleccionado no afecta a gran escala la magnitud de la fuga medida (el tiempo de medida no necesita ser muy alto, ya que este no afecta el valor de la fuga).

Ahora se pueden analizar las pruebas de hermeticidad, para ello presione el botón verde y espere a que el equipo evalúe la pieza. Si la pieza aprueba el chequeo de hermeticidad, esta cumple con los requerimientos normativos. Si la pieza es reprobada, la misma tiene una fuga, por lo cual no cumple con los requerimientos normativos. Busque la fuga, y utilice el método de agua jabonosa, el cual consiste en aplicar un poco de esta en la zona donde sospeche que está el escape, si es así, se formaran burbujas. Si es posible, corrija la fuga y vuelva a hacer el chequeo de hermeticidad.

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

- **REALIZAR ENSAYOS**

Después de haber leído y teniendo en cuenta las debidas conexiones recomendadas por el manual, procedemos a realizar los ensayos planteados por el docente, los cuales consisten en aplicarle una serie de pruebas de estanquidad a tuberías, válvulas y estufas a gas de 2 puestos que se encuentran en el laboratorio de ciencias térmicas.

PRUEBA #No-Leak

La primera medición que se debe llevar a cabo es el tipo de prueba #No-Leak, o también llamada fuga calibrada. Se le efectuaron 6 veces la prueba de hermeticidad correspondiente con 3 diferentes presiones.

La primera medida tomada se trabajó con una presión cercana a la mínima permitida por el equipo, 80 psi, se tomaron 6 medidas y se obtuvieron los resultados esperados para cada una de estas: reprobada o bien como se muestra el equipo “Fuga Pieza”.

Para la segunda prueba se aumentó la presión en el manómetro a 100 psi y se realizaron las 6 medidas, que al igual que en la prueba anteriormente mencionada, fue reprobada.

Por último, en la tercera prueba se aumentó la presión del manómetro a 120 psi y se obtuvo el mismo resultado que en las 2 pruebas anteriores. A estas pruebas se le hicieron unas tablas con sus

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

respectivos valores y se les sacó un promedio y una desviación estándar, estas tablas se presentan en la sección 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Nota: Esta prueba con la fuga calibrada o pieza “#No-Leak” debe hacerse siempre que se vayan a hacer pruebas de hermeticidad a cualquier tipo de equipo de la línea TEX G4.

PRUEBA ESTUFA A GAS 2 PUESTOS

Después de haber efectuado las respectivas mediciones se realizaron pruebas de la estufa a gas de 2 puestos, en esta ocasión, se realizaron 7 pruebas.

Las 3 primeras medidas se realizaron con 3 presiones diferentes y dejando unos parámetros de prueba constantes (presión, límites de fuga, tiempo). Para las otras 4 pruebas restantes, se modificó

únicamente el tiempo y se trabajó con una presión de entrada registrada por el manómetro de 100 psi. Para esta prueba es necesario seleccionar el tipo de prueba “EnsayoCocina”.

Los parámetros para las primeras 3 pruebas son:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

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

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Sccm

Fuga referencia = -0.333 Sccm

Tiempo:

Llenar = 15s

Estabilización = 15s

Medir = 5s

PRUEBA DE HERMETICIDAD

La primera prueba de hermeticidad se realizó con una presión de 80 psi y se hicieron 6 medidas, en las cuales la pieza a prueba dio como resultado “fuga pieza” en cada una de ellas, es decir, reprobada. A continuación, se ejecutó la segunda prueba dejando los parámetros de prueba constantes, únicamente se cambió la presión del manómetro a 100 psi, de igual manera que en la prueba anterior se realizaron 6 medidas y en cada una de ellas, la pieza a prueba fue reprobada. Ahora se dejan los parámetros de prueba constantes y se aumenta la presión del manómetro a un valor de 120 psi (presión recomendada), se realizan las mismas 6 pruebas y en cada una de ellas la pieza fue reprobada por el fugómetro. A cada una de estas pruebas de hermeticidad se le realizó una tabla con sus respectivos valores, se le hizo un promedio y se le halló su desviación estándar.

Estas tablas se encuentran en los resultados.

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

Para las siguientes 4 pruebas restantes, se escogió una presión de 100 psi indicada por el manómetro. Se procede a hacer cambios en los parámetros de la prueba, estos se explican a continuación:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Sccm

Fuga referencia = -0.333 Sccm

Tiempo:

Llenar = 30s

Estabilización = 15s

Medir = 8s

Como se puede observar, tanto la presión como los límites de fuga permanecen constantes, y únicamente se hacen cambios a los parámetros de tiempo. Para la primera prueba con presión constante de 100Psi, se realizan 6 medidas, en las cuales la pieza a prueba fue reprobada en cada una de ellas, esto depende de los parámetros de prueba establecidos por el operador.

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

Para la segunda prueba se hicieron cambios en los parámetros de tiempo, se muestran a continuación:

Tiempo:

Llenar = 60s

Estabilización = 15s

Medir = 8s

En esta prueba se realizaron las 6 medidas correspondientes, la pieza fue reprobada en cada una de ellas.

Para las ultimas 2 pruebas, se mantiene la presión del manómetro en 100 psi y se procede a cambiar nuevamente los parámetros del tiempo, dejando los parámetros de la presión y los limites constantes, estos se explican a continuación:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Scm

Fuga referencia = -0.333 Scm

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

Tiempo:

Llenar = 15s

Estabilización = 30s

Medir = 5s

Se vuelve a colocar el tiempo de llenado en 15 segundos y se aumenta el tiempo de estabilización de 15 segundos a 30 segundos. Se realizaron las 6 pruebas correspondientes y en cada una de ellas la pieza a prueba fue reprobada. Para la última prueba se cambia los parámetros de tiempo por última vez, dejando los parámetros de presión, tiempo y límites constantes, estos se muestran a continuación:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Sccm

Fuga referencia = -0.333 Sccm

Tiempo:

Llenar = 15s

Estabilización = 60s

Medir = 5s

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

Se aumentó el tiempo de estabilización a 60 segundos, se realizaron las medias y la pieza fue rechazada en cada una de ellas. Para cada una de las 7 pruebas realizadas anteriormente se realizaron las tablas que corresponden a cada una de ellas.

Nota: los parámetros de límites no son cambiados a lo largo de las pruebas porque estos están establecidos por la normativa para estos ensayos.

Luego de los experimentos tomados anteriormente, procedimos a buscar la fuga utilizando el método de agua jabonosa, el cual consiste en aplicar un poco de esta en la zona donde creímos que está el escape. Por medio de este método la fuga fue encontrada cerca de una de las perillas. La tubería de la estufa fue desmontada y desensamblada. A continuación, se le puso teflón en la zona en la cual se encontraba el escape, y la estufa fue ensamblada nuevamente. Se procedió a realizar pruebas de hermeticidad a la estufa con una presión de 100 psi, para determinar si la fuga fue solucionada.

Efectivamente, el escape fue sellado, y la estufa se volvió completamente hermética. Para este caso, se realizaron 3 pruebas para observar los valores arrojados por el fugómetro con los siguientes parámetros:

Para la prueba 1, con una presión de entrada de 100 psi en el manómetro:

Presión:

Presión máxima (P_{max}) = 200mbar.

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

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Sccm

Fuga referencia = -0.333 Sccm

Tiempo:

Llenar = 15s

Estabilización = 15s

Medir = 8s

Para la segunda prueba con la estufa hermética, se mantuvo la presión de entrada en 100 psi y se aumentó tanto el tiempo de llenado como el tiempo de estabilización:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Sccm

Fuga referencia = -0.333 Sccm

Tiempo:

Llenar = 20s

Estabilización = 20s

Medir = 8s

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

Para la tercera y última prueba realizada a la estufa, se le aumento la presión de entrada al valor máximo que se pudo llegar, 114 psi, y se mantuvo el valor del tiempo constante, y se procedió a tomar los 6 valores correspondientes:

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

Fuga pieza = 1.667 Scm

Fuga referencia = -0.333 Scm

Tiempo:

Llenar = 20s

Estabilización = 20s

Medir = 8s

Presión:

Presión máxima (Pmax) = 200mbar.

Presión de prueba (P prueba) = 150mbar.

Presión mínima (Pmin)= 50mbar.

Límites:

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

Fuga pieza = 1.667 Scm

Fuga referencia = -0.333 Scm

Tiempo:

Llenar = 15s

Estabilización = 30s

Medir = 5s

Después de solucionar la fuga, para cada uno de estos experimentos realizados a la estufa, el fugómetro dio como resultado que la pieza fue aprobada en cada una de las pruebas hechas a esta, lo cual nos dice que la estufa es totalmente hermética y 100% segura para su uso.

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba #1 - Laboratorio

A continuación, se muestran los experimentos realizados acompañados de una breve explicación de lo que se hizo en cada uno de ellos.

Prueba a Fuga Calibrada (60 Scch – 150 mbar): Este tipo de experimento es de vital importancia que se realice siempre antes de que se inicie a hacer prueba de hermeticidad, ya que garantiza que el equipo este correctamente calibrado y los experimentos tengas valores reales. Esta prueba debe dar como resultado “Fuga Pieza” de no ser así póngase en contacto con IBT para revisión del equipo que es el encargado de realizar la comercialización en Colombia del equipo en conjunto con TEX Brasil.

Para este experimento se hicieron 3 pruebas con presiones de entrada diferentes para cada una de ellas. El ensayo “#No-Leak “tiene sus parámetros establecidos los cuales no se pueden modificar.

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

Tablas y resultados: Presión de 80 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "pieza #NoLeak"	
Presión manómetro:	80 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión máx.:	16,5 kPa
presión de prueba:	15 kPa
Presión min:	13 kPa
Limites	
Fuga Pieza:	15 Scch
Fuga ref.:	- 15 Scch
Tiempos	
Llenar:	5s
Estabilizar:	5s
Medir:	5s

Número de prueba	Presión medida (kPa)	Fuga (Scch)	Resultado
1	15,16	60,7	Fuga Pieza
2	15,16	61,2	Fuga Pieza
3	15,16	61	Fuga Pieza
4	15,16	61,1	Fuga Pieza
5	15,15	60,6	Fuga Pieza
6	15,16	60,1	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	60,78333
Desviación	0,407022

Presión de 100 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "pieza NoLeak"	
Presión manómetro:	100 psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión máx.:	16,5 kPa
presión de prueba:	15 kPa
Presión min:	13 kPa
Limites	
Fuga Pieza:	15 Scch
Fuga ref.:	- 15 Scch
Tiempos	
Llenar:	5s
Estabilizar:	5s
Medir:	5s

Número de prueba	Presión medida (kPa)	Fuga (Scch)	Resultado
1	15,17	61,3	Fuga Pieza
2	15,16	61,2	Fuga Pieza
3	15,17	61,3	Fuga Pieza
4	15,17	61,2	Fuga Pieza
5	15,16	61,1	Fuga Pieza
6	15,16	61,4	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	61,25
Desviación	0,10488088

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

Presión de 114 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "pieza NoLeak"	
Presión manómetro:	114 psi
Parametros del equipo	
Presión	
Presión max:	16,5 kPa
presión de prueba:	15 kPa
Presión min:	13 kPa
Limites	
Fuga Pieza:	15 Scch
Fuga ref:	- 15 Scch
Tiempos	
Llenar:	5s
Estabilizar:	5s
Medir:	5s

Numero de prueba	Presión medida (kPa)	Fuga (Scch)	Resultado
1	15,15	60,3	Fuga Pieza
2	15,15	60,1	Fuga Pieza
3	15,15	60	Fuga Pieza
4	15,15	59,8	Fuga Pieza
5	15,15	59,8	Fuga Pieza
6	15,15	59,7	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	59,95
Desviación	0,2258318

Haciendo una comparativa de los resultados obtenidos con las 3 presiones suministradas, se observa que la fuga de la pieza #No-Leak” tiende a 60Scch, como tal no se ve afectada significativamente por la presión de entrada vista por el manómetro (Psi), sin embargo existen diferencias estadísticas dentro de los valores por lo cual no se pudo concluir que la presión proporcionada por la unidad neumática puede tener cualquier valor entre el rango nominal del equipo viéndose afectado el valor real de la fuga.

Prueba # 2- “EnsayoCocina” – Variación de presión –Pieza no aprobada

Seguidamente de haber comprobado con la pieza “#No-Leak” que el equipo se encuentra en condiciones para ser utilizado, procedemos a tomar las medidas con diferentes parámetros, para

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

realizar un análisis de los resultados en prueba “EnsayoCocina”, variando las presiones de entrada y parámetros establecidos por el equipo.

Se realizaron 3 pruebas con diferentes presiones a una estufa de 2 puestos que se encontraba en el laboratorio.

Resultados:

Presión de 80 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	80 Psi
Parametros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Limites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	15 s
Estabilizar:	15 s
Medir:	5s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,3	4,474	Fuga Pieza
2	151,3	5,597	Fuga Pieza
3	151,3	5,031	Fuga Pieza
4	151,3	6,075	Fuga Pieza
5	151,2	6,108	Fuga Pieza
6	151,3	6,228	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	5,5855
Desviación	0,702631838

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

Presión de 100 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	15 s
Estabilizar:	15 s
Medir:	5s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,3	6,222	Fuga Pieza
2	151,3	6,226	Fuga Pieza
3	151,2	6,227	Fuga Pieza
4	151,2	6,229	Fuga Pieza
5	151,2	6,231	Fuga Pieza
6	151,2	6,23	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	6,251
Desviación	0,002

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

Presión de 120 Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	120 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	15 s
Estabilizar:	15 s
Medir:	5s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,2	6,227	Fuga Pieza
2	151,2	6,233	Fuga Pieza
3	151,2	6,232	Fuga Pieza
4	151,1	6,233	Fuga Pieza
5	151,2	6,236	Fuga Pieza
6	151,2	6,232	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	6,232166667
Desviación	0,002926887

Los resultados de las tablas nos muestran “Fuga pieza” resaltado en color rojo, éstos nos indican que la pieza en prueba tiene fuga considerablemente alta comparada con el valor permitido por la normatividad para estos ensayos (1.6667 Sccm).

La fuga puede ser ocasionada por diferentes factores: lugar de almacenamiento, condiciones ambientales, golpes fuertes y el mal uso de la misma.

Comparando los ensayos realizados se puede concluir que: cuando la presión suministrada al equipo es baja, cerca de su valor mínimo de (5bar= 72Psi) La desviación estándar da como resultado un valor de magnitud mayor comparada con las desviaciones obtenidas de pruebas

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

realizadas con presiones más altas esto se debe a que la pieza no se ha presurizado totalmente, para que dé un valor cercano al real se debe esperar a que la pieza se presurice y estabilice. Por esta razón se recomienda utilizar una presión comprendida entre los 100Psi- 120 Psi.

Prueba # 3 – “EnsayoCocina” –Variación del tiempo -Pieza no aprobada

Para seguir determinando si hay alguna afectación en el momento de ver los resultados, se realizan modificaciones en los parámetros, esta vez se modificó el tiempo y se dejó una presión constante de 100 Psi.

Tiempo de llenado 30 Segundos:

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	30 s
Estabilizar:	15 s
Medir:	8 s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,1	6,232	Fuga Pieza
2	151,2	6,239	Fuga Pieza
3	151,2	6,24	Fuga Pieza
4	151,2	6,235	Fuga Pieza
5	151,1	6,234	Fuga Pieza
6	151,1	6,241	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	6,236833333
Desviación	0,003656045

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

Tiempo de llenado 60Segundos:

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Scm
Fuga ref:	- 0,333 Scm
Tiempos	
Llenar:	60 s
Estabilizar:	15 s
Medir:	8 s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Scm)	Resultado
1	151,2	6,235	Fuga Pieza
2	151,2	6,236	Fuga Pieza
3	151,2	6,236	Fuga Pieza
4	151,1	6,236	Fuga Pieza
5	151,1	6,244	Fuga Pieza
6	151,1	6,243	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	6,238333333
Desviación	0,004033196

Tiempo estabilización 30 Segundos

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Scm
Fuga ref:	- 0,333 Scm
Tiempos	
Llenar:	15 s
Estabilizar:	30 s
Medir:	8 s

Numero de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Scm)	Resultado
1	151	6,245	Fuga Pieza
2	151	6,251	Fuga Pieza
3	151	6,251	Fuga Pieza
4	151,1	6,25	Fuga Pieza
5	151	6,248	Fuga Pieza
6	151	6,25	Fuga Pieza

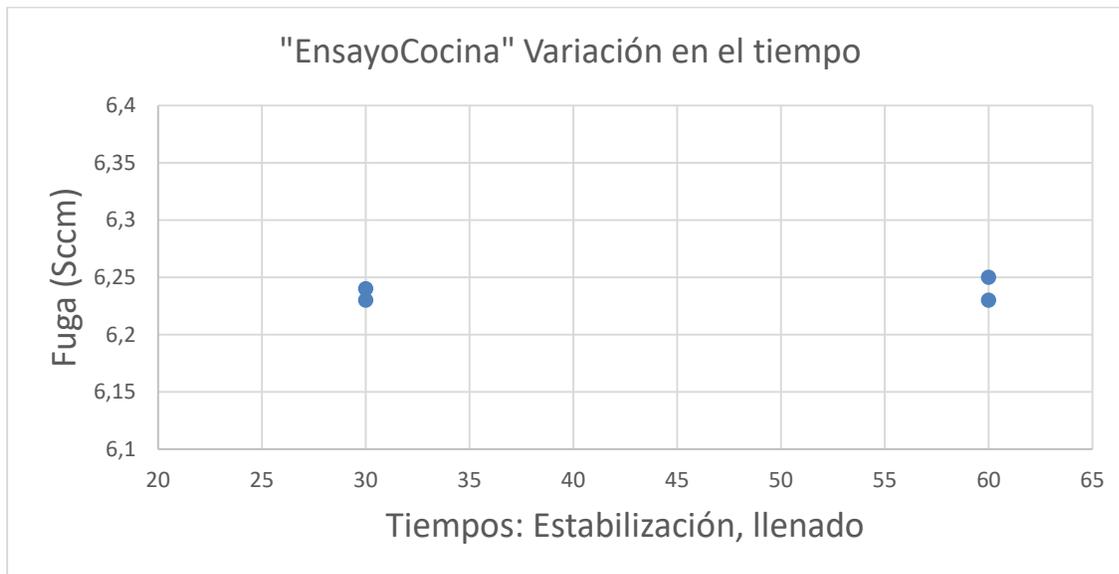
Número de pruebas	6
Promedio	6,249166667
Desviación	0,002316607

Tiempo estabilización 60 Segundos:

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Límites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	15 s
Estabilizar:	60 s
Medir:	8 s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151	6,252	Fuga Pieza
2	151	6,249	Fuga Pieza
3	151	6,249	Fuga Pieza
4	151	6,25	Fuga Pieza
5	151	6,252	Fuga Pieza
6	151	6,254	Fuga Pieza

Número de pruebas	6
Promedio	6,251
Desviación	0,002



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

Con presión constante de 100Psi, variando el tiempo y con valores tomados del fugómetro hallamos la desviación estándar, esto nos dio considerablemente baja. Indicando que tiempo de llenado y estabilización no afectan en el momento de tomas las medidas las cuales están cerca del valor real. Los parámetros del tiempo pueden ser escogidos por el operario. Aun así, se recomienda no bajar de los 15 Segundos tanto para el tiempo de llenado como para el tiempo de estabilización.

Prueba# 4 – “EnsayoCocina” – Pieza aprobada

Posteriormente de los resultados obtenidos, de que la pieza no fuera aprobada por el fugómetro, procedimos a la búsqueda de la fuga utilizando el método de agua jabonosa, el cual consiste en

aplicar un poco de esta en la zona donde creímos que está el escape. Por medio de este método la fuga fue encontrada cerca de unas de las perillas de encendido.

La tubería de la estufa fue desmontada y se le realizaron las respectivas correcciones en la zona en la cual se encontraba el escape, después la estufa fue ensamblada nuevamente y se le realizaron 3 pruebas para verificar si dicha fuga fue corregida.

A continuación, los resultados:

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

Presión de 100 Psi y tiempo recomendado

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Limites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	15s
Estabilizar:	15s
Medir:	8s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	150,7	0,094	Aprobada
2	150,9	0,107	Aprobada
3	150,7	0,112	Aprobada
4	150,8	0,096	Aprobada
5	150,9	0,109	Aprobada
6	150,6	0,111	Aprobada

Número de pruebas	6
Promedio	0,104833333
Desviación	0,007833688

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

Presión de 100Psi – Variación del tiempo

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	100 Psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Limites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	20s
Estabilizar:	20s
Medir:	15s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,1	0,171	Aprobada
2	151,1	0,143	Aprobada
3	151,1	0,151	Aprobada
4	151,1	0,141	Aprobada
5	151,1	0,144	Aprobada
6	151,1	0,147	Aprobada

Número de pruebas	6
Promedio	0,1495
Desviación	0,011095044

Presión de 114Psi

Tipo de prueba: Estanqueidad "Ensayo cocina"	
Presión manómetro:	114 psi
Parámetros del equipo	
Presión	
Presión max:	200 mbar
presión de prueba:	150 mbar
Presión min:	50 mbar
Limites	
Fuga Pieza:	1,667 Sccm
Fuga ref:	- 0,333 Sccm
Tiempos	
Llenar:	20s
Estabilizar:	20s
Medir:	15s

Número de prueba	Presión medida (mbar)	Fuga (Sccm)	Resultado
1	151,1	0,136	Aprobada
2	150,9	0,151	Aprobada
3	150,9	0,169	Aprobada
4	151	0,141	Aprobada
5	150,7	0,065	Aprobada
6	150,9	0,112	Aprobada

Número de pruebas	6
Promedio	0,129
Desviación	0,036502055

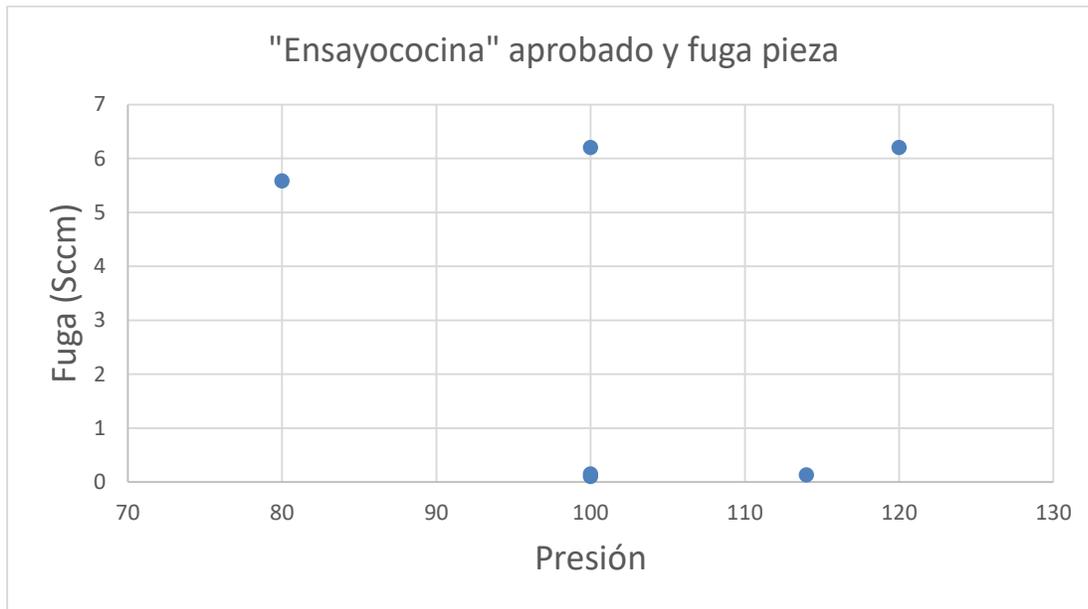


Tabla de resumen de pruebas "EnsayoCocina":

Parámetros	#Pruebas	Valores Promedio	Unidades
Presión de entrada estufa con fuga	3	5,58 - 6,25 - 6,23	Sccm
Presión de entrada estufa sin fuga	3	0,104 - 0,149 - 0,129	Sccm
Tiempos: Estabilización Llenado	4	6,24 - 6,25 6,23 - 6,23	Segundos

Pieza #No-Leak antes de cada experimento.

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

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se realiza una guía con procedimientos básicos para el uso del fugómetro con el fin de conocer a fondo su funcionamiento, sus restricciones y su forma de ser operado dependiendo del manual de instrucciones, con el objetivo de que las personas que lleguen a hacer uso de él tengan a la mano un paso a paso claro y fácil para su manejo.

El equipo debe ser utilizado con los parámetros recomendados por este documento, ya que se realizaron ensayos poniendo a prueba su debido funcionamiento, teniendo en cuenta los límites establecidos por el fabricante. Se recomienda no manipular el equipo sin tener el conocimiento adecuado de su operatividad.

En el protocolo de funcionamiento se explican detalladamente las funciones, aplicaciones, áreas de trabajo, parámetros a aplicar y cuidados que se deben tener con el equipo. Es necesario que se cumpla todo lo mencionado en dicho protocolo para garantizar un funcionamiento óptimo y proporcionar seguridad al operario.

Con los ensayos realizados con presiones cercanas a la mínima (80 psi) y al compararlo con las demás presiones se observa que existe un pequeño cambio en los valores tomados en la pieza puesta a prueba. Este valor es un poco inferior en comparación con los valores tomados con presiones mayores a esta, y la desviación estándar es considerablemente alta cuando se trabajan con presiones cercanas a la mínima, en comparación a cuando se trabaja con una presión relativamente alta. Para minimizar los valores erróneos y tener una desviación estándar de una magnitud menor y garantizar

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

que el valor de las medidas sea más aproximado a un valor real es recomendable trabajar con una presión comprendida en el rango de 100 a 120 psi.

En los parámetros del tiempo (tiempo de llenado, de estabilización y de medida) no es necesario colocar valores muy elevados, bastara con poner un valor que esté comprendido entre los 15 y los 40 segundos (únicamente para los tiempos de llenado y estabilización), esto según lo desee el operario, y para el tiempo de medida bastara con darle un valor comprendido entre los 5 y los 20 segundos.

Los ensayos con variación en los límites de fuga no es posible realizarlos, esto se debe a que estos parámetros ya vienen establecidos por la normatividad para las pruebas a realizar en gasódomesticos.

Trabajo futuro

Con el objetivo de tener un conocimiento más amplio en el área de la detección de fugas, el ITM adquirió recientemente el fugómetro TEX G4-VF. Gracias a este equipo, la institución podrá reducir los costos de posibles fugas de gases de alta pureza usados en la industria.

Gracias a este proyecto de laboratorio, el ITM está más cerca del objetivo comentado anteriormente, ya que en dicho proyecto se explica de forma muy clara y detallada el funcionamiento, recomendaciones de manejo, precauciones o cuidados a tener y los pasos a seguir para un buen uso del equipo.

Con esta guía se podrá empezar a hacer uso del fugómetro para que futuros estudiantes puedan analizar a profundidad su impacto implementándola e impulsándola en la industria.

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

REFERENCIAS

1. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. Instalaciones para suministros de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales (2006). Colombia.
2. S. Gil, E. Berton, J.J. Blanco y F. Iuliano. Determinación cuantitativa de fugas en instalaciones internas de gas natural (Trabajo de grado). Recuperado de http://www.fisicarecreativa.com/papers_sg/papers_sgil/Gas/perdidas_m2k.pdf
3. TEX Equipamientos electrónicos Ind. Com. Ltda. Catálogo de información. Recuperado de <http://www.tex.com.br/>
4. TEX Equipamientos electrónicos Ind. Com. Ltda. Guía de usuario y referencia técnica (Brasil), v 1.0.8.

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

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

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

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____



INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Andrés Rosales
Roben David Mora Uneyos

FIRMA ASESOR Pedro Nel Alvarado T.

FECHA ENTREGA: 13/06/2019

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: _____