



Universidad Juárez del Estado de Durango



XIX Congreso Internacional

De Investigación En Ciencias Administrativas:



**Gestión de las Organizaciones
Rumbo al 3er Milenio.**

**"De la Regionalización
a la Globalización"**



Ponencia 5

AGOSTO 2018



Diseño de un Servidor de Mapas para su implementación en los proyectos espaciales de la Universidad Veracruzana

Dra. Patricia Arieta Melgarejo,
LSCA. Andrés Cuevas Cote,
Ing. Iván Ríos Hernández.

DESCARGAR

Ponencia 6

AGOSTO 2018



Estimación de la Incertidumbre en la Distribución de Datos para el Análisis de la Población Económicamente Activa en el Municipio de Rosarito mediante un Sistema de Inferencia Difuso

Raya Díaz Karina,
Salgado Soto María del Consuelo,
Bernal Escoto Blanca Estela.

DESCARGAR

Ponencia 7

AGOSTO 2018



Evaluación Del Sistema De Medición De Pruebas De Emisiones A Diésel Del Ciclo Transitorio

Edith Mendoza Ramírez,
Héctor Rivera Gómez,
Jaime Gamica González.

DESCARGAR

Ponencia 8

AGOSTO 2018



Método Multiescenario Para Valuación De Una Tecnología De Ahorro De Energía

Rivera-Velasco Gustavo,
Vega-González Luis Roberto.

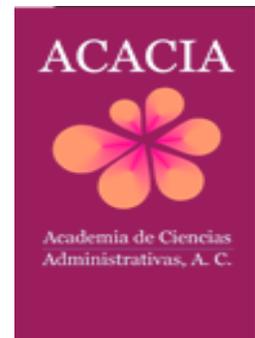


DESCARGAR



XIX CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ADMINISTRATIVAS

Gestión de las Organizaciones rumbo al 3er milenio
"de la Regionalización a la Globalización"



EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRUEBAS DE EMISIONES A DIÉSEL DEL CICLO TRANSITORIO

Edith Mendoza Ramírez□, Héctor Rivera Gómez□, Jaime Garnica
González□

^aÁrea Académica de Ingeniería (AAI), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, (UAEH), Pachuca Hidalgo, México, Teléfono: (01 771) 7172000, extensión: 4001, fax: (01 771) 7172000 ext. 4001. e-mail: edith124_3@hotmail.com, hriver06@hotmail.com, jgarnicag@gmail.com

Mesa de Trabajo:

Ingeniería y Gestión de Sistemas

Del 21 al 24 de Abril de 2015 Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).

CAPÍTULOS

I. Introducción

II. Notaciones y descripción del sistema

III. Metodología

IV. Resultados

4.1 Estudio R&R, método largo

4.2 Método R&R ANOVA para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad

V. Conclusión

Agradecimientos

Referencias

EVALUACION DEL SISTEMA DE MEDICION DE PRUEBAS DE EMISIONES A DIESEL DEL CICLO TRANSITORIO

Ing. Edith Mendoza Ramírez, Dr. Héctor Rivera Gómez,
Dr. Jaime Garnica González

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, (UAEH), Pachuca Hidalgo, México. Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería, Área Académica de Ingeniería (AAI), Teléfono: (01 771) 7172000, extensión: 4001, Fax: (01 771) 7172000 ext. 4001 e-mail: edith124_3@hotmail.com, hriver06@hotmail.com, jgarnicag@gmail.com

Resumen: Esta investigación tiene el objetivo de realizar una evaluación del sistema de medición de la prueba de ciclo transitorio, la cual es realizada en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel del Instituto Mexicano del Petróleo. Esta investigación es un estudio de caso, el cual emplea el método R&R largo y R&R ANOVA para analizar el proceso, en cuanto a indicadores de repetibilidad, reproducibilidad y variación de la parte. Los resultados obtenidos dentro de este análisis, proporcionan un mejor entendimiento acerca del funcionamiento e influencia de los factores que más impacto tienen en la prueba analizada, ya sea de forma directa o indirecta. Permitiendo establecer un serie de recomendaciones para mejorar el desempeño de los indicadores de la prueba.

Palabras Clave: Incertidumbre, repetibilidad, reproducibilidad, Anova, estudios R&R

Abstract: This research aims to evaluate de measurement system of the test of transient cycle, which is made in the Laboratory of Vehicle Emissions and Engines Testing Section Diesel Emissions of the Mexican Institute of Petroleum. This research is a case of study, which employ the R&R large method and the R&R Anova method, to analyze the process, in terms of repeatability, reproducibility, and part variation. The obtained results in this analysis, give a better understanding about the behavior and influence of the factor with the most impact in the analyzed test, in a direct of indirect way. This allows us to set a series of recommendations to improve the performance of various indicators of the test.

Key words: uncertainty, repeatability, reproducibility, Anova, R&R study

1. Antecedentes y Justificación

Una de las pruebas que se hacen, en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel del Instituto Mexicano del Petróleo, es la prueba de Ciclo Transitorio donde se realiza un análisis del motor en un ciclo frío y en ciclo caliente, esto para realizar un análisis de todo su trayecto o recorrido del motor. Buscando en la literatura no se encontraron trabajos similares donde se han utilizado el método R&R largo y el método R&R ANOVA a pruebas de este tipo, sin embargo estos estudios R&R han sido utilizados con éxito en otras áreas de la ciencia. Como se describen en los siguientes párrafos.

A manera de antecedentes, se encuentran en la literatura el trabajo “Análisis de la estimación de la incertidumbre de la prueba de mapeo en el IMP a través de técnicas de Six Sigma” de Mendoza, Rivera y Garnica (2014), presentado y publicado en el XVIII Congreso Anual de la Academia de Ciencias Administrativas. En este trabajo de investigación se desarrollaron tres fases de la metodología Six Sigma (definición, medición y análisis) aplicando diversas técnicas de análisis en cada fase. En forma particular se aplicó un análisis R&R método largo, R&R método Anova, se estudió la linealidad y exactitud de la prueba de Mapeo, siendo la primera de cuatro pruebas que se realizan en el laboratorio de emisiones a diésel.

Un segundo trabajo es “*Optimización de parámetros de control de pruebas de emisiones diésel con técnicas de Seis Sigma*”, de los autores Mendoza, Rivera, Garnica y Hernández (2014), publicado en los anales del Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals, donde se utiliza una de las técnicas de Six Sigma enfocadas en la optimización en 4 fases. En este trabajo se determinó una ecuación característica de la prueba, obtenida de aplicar diferentes técnicas tales como Diseño de Experimentos y Superficie de Respuesta. En dicho trabajo se logró optimizar diversos parámetros que afectaban en la estimación de la incertidumbre de la prueba de Mapeo. Cabe destacar que aparte de estos dos trabajos, no existen investigaciones

donde se analice las emisiones de gases de motores diésel con las metodologías mencionadas anteriormente.

Existen otros autores que han aplicado técnicas similares en problemas diferentes tales como Broatch, Luján, Ruiz y Olmeda (2008), realizaron un trabajo donde se presentó una metodología utilizando técnicas de Seis-Sigma con la finalidad de estudiar las mediciones de las emisiones contaminantes acumuladas durante la fase de arranque de automóviles de motores diésel de inyección directa.

Theodorus, Liapis y Zannikos (2013), describieron y compararon resultados utilizando tres metodologías estadísticas empíricas (ANOVA clásica, robusta y rango estadístico ANOVA) utilizando datos experimentales de un diseño experimental balanceado, que incluyen muestras duplicadas analizadas por la reproducción de 104 objetos de muestreo (estaciones de venta al menor de petróleo).

Sudeshkumar, Venkatraman y Devarajane (2014), realizaron una investigación sobre las mezclas biocarburantes de un motor diésel de inyección directa esto con la finalidad de obtener los parámetros del rendimiento del motor y las características de emisiones en el escape. También en el mismo año Venkatraman y Devarajane, (2014) realizaron una investigación sobre las emisiones de rendimiento y agotamiento de un motor a diésel, con bajo rechazo al calor utilizando aceite *Jatropha* como combustible.

Hosseini, Farhangdoosi y Manoochehri (2012) hicieron uso del método Taguchi y el ANOVA para hacer para la optimización de los parámetros de un proceso de extrusión.

Por otra parte Visconti, De Paz y Rubio (2012), realizaron un estudio de la elección de la selectividad de los coeficientes de intercambio catiónico haciendo uso del ANOVA para los coeficientes de variación. Ordorica, Camargo, De la Vega, López, Olguín y López (2011), Realizaron un estudio de repetibilidad y reproducibilidad sobre un sistema de medición, utilizado en un estudio de termografía sensorial en seres humanos, con la finalidad de detectar desordenes de traumas acumulados (DTA'S).

David Mora y Rolando Marbot (2010) realizaron un estudio donde aplican la repetibilidad y la reproducibilidad para establecer un método de destilación simulada mediante cromatografía gaseosa para una posible implantación en los laboratorios de la refinería de Cuba.

Por otra parte Fuentes, Incio, Lévano y Torres (2009) elaboraron un trabajo donde caracterizaron y optimizaron el antígeno del líquido hidatídico de ovino aplicándolo en la prueba de latex como una prueba tamiz esto para el diagnostico serológico de pacientes con quistes de *Echinococcus granulosus*. Perdomo, Rodríguez, Fernández, Torres, Rodríguez, Pérez, Casanova, Borges, Solís, Maseda, Sánchez, Piovet, López, Trujillo, Álvarez y Ramos (2004) realizaron un trabajo de repetibilidad y reproducibilidad de métodos analíticos acreditados, como son: la humedad, color horne, fotocorimetrico, insolubles, reductores, cenizas, distribución granulométrica, almidon y dextrana.

En el trabajo de Zheng y Frey (2001) se analizó la estimación de los parámetros de la distribución de la mezcla. Con un enfoque para la cuantificación de la variabilidad y la incertidumbre sobre la base de la distribución de la mezcla. Con relación a la estimación de la incertidumbre otros autores han realizado análisis haciendo uso de las técnicas de Seis Sigma como la técnica de Taguchi (Chen, Li y Cox, 2009), tratando de optimizar sus resultados para obtener productos o servicios de mayor calidad. También Otros estudios realizados con técnicas de Seis Sigma están orientados al análisis y estimación de la incertidumbre, así como del análisis de la variabilidad de emisiones, como se muestra en los trabajos de Frey y Tran (1999), Frey y Rhodes (1999), Frey y Zheng (2002) y Frey (1998).

La justificación del presente trabajo de investigación, radica en el hecho que el Laboratorio de Diésel del IMP, está en busca de su certificación, y debe contar con procesos y procedimiento estandarizados que cumplan con las normas y requerimientos establecidos por organizaciones internacionales como la Environmental Protection Agency (EPA) y la Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM).

Por lo que esta investigación busca analizar exhaustivamente el sistema de medición de la prueba del ciclo transitorio y con base en los resultados obtenidos, se buscará detectar áreas de oportunidad y de operación, permitiendo lograr una mejora en el desarrollo de las pruebas que se realizan en el laboratorio, principalmente con respecto al indicador de la incertidumbre.

Este artículo está estructurado de la siguiente forma: Antecedentes y Justificación se presenta en la sección 1, las notaciones y problemática del sistema en la sección 2, el marco teórico se detalla en la sección 3, los objetivos en la sección 4, la pregunta de investigación en la sección 5, la metodología empleada en la sección 6, las limitaciones de la investigación en la sección 7, los resultados obtenidos en la sección 8, la discusión en la sección 9 y finalmente las conclusiones se presentan en la sección 10.

2. Notaciones y problemática

En esta sección, se introducen las notaciones que fueron utilizadas en este artículo, y se describe el sistema del proceso a considerar.

2.1 Notaciones

Los siguientes símbolos y notaciones fueron utilizados en el presente artículo:

- Libras-pies
- Newton metros
- Especificación Inferior
- Especificación superior
- () Rangos
- Rango de tiempo A
- Rango del tiempo B
- Diferencia de promedios
- Repetibilidad

	Reproducibilidad
	Número de partes
	Número de ensayos
	Repetibilidad y Reproducibilidad
	Sesgo promedio de las diferencias
	Medida actual
	Diferencia de la medida actual menos el promedio
	Resolución
σ	Sigma

2.2 Problemática y Contexto

La problemática del presente artículo se enfoca en realizar un análisis de la prueba de Ciclo Transitorio que se realiza en el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y ensayo de Motores Sección Emisiones Diésel. En esta prueba se analiza un motor diésel haciendo su recorrido en un ciclo frío y posteriormente en un ciclo en caliente, esto con la finalidad de observar la cantidad de emisiones que se envían al ambiente durante el recorrido que hace un motor a diésel.

La serie de variables que están involucradas en el funcionamiento de esta prueba se muestran en el diagrama de Ishikawa de la Figura 1.

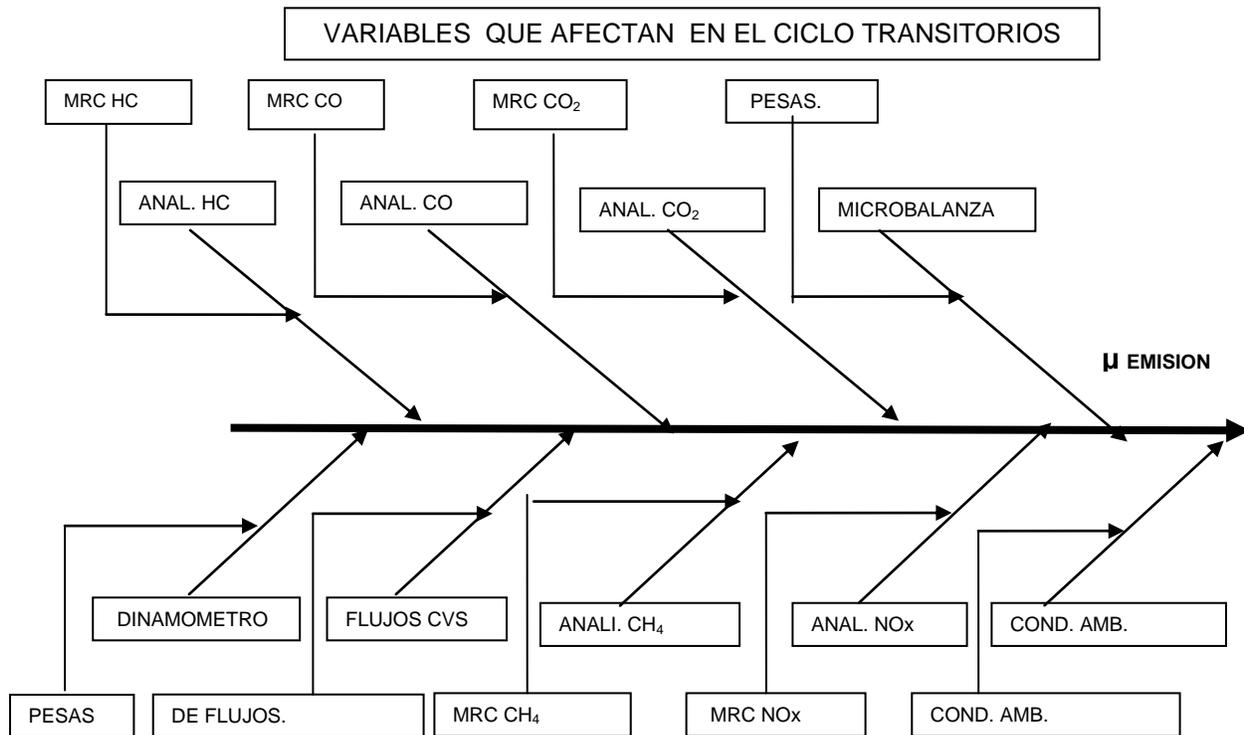


Figura 1: Prueba de Mapeo
Fuente: Elaboración propia en base al Instructivo

Con la prueba Ciclo Transitorio se estiman las emisiones de un determinado motor a diésel durante un recorrido simulado de viaje.

Con este análisis se busca tener una mejor comprensión de los indicadores de la prueba y mejorar el desempeño de la misma, así como implementar estrategias de mantenimiento que mitiguen el efecto de las variaciones observadas de los indicadores.

Puesto que en esta prueba interviene un gran número de variables como se muestra en la Figura 1, a fin de facilitar su análisis, se seleccionó la combinación de parámetros que reportan un indicador de incertidumbre mayor, la cual se presenta en la Tabla 1. De esta forma, de un universo de 104 posibles combinaciones, se seleccionó la combinación con mayor incertidumbre.

Tabla 1. Diferentes combinaciones del ciclo Transitorio

#	Flujo	Flujo	Nombre del Gas	Incertidumbre gas	Dinamómetro	C.A	Incertidumbre tran
52	113	1.5500 8	HNOX	6.53869	2.2677	1.4685	7.24266322

Fuente: Elaboración propia

Para la selección de dicha combinación se toma en cuenta las variables que afectan a esta prueba, como son los diferentes flujos, los gases, el dinamómetro y las condiciones ambientales, la combinación seleccionada reporta un indicador de incertidumbre de 7.2426%. Este valor se toma como base puesto que fue la combinación que reportó una incertidumbre mayor.

El valor de la incertidumbre de la Tabla 1, se calculó mediante la ecuación 1.

(1)

A fin de realizar un análisis del sistema de medición de la prueba de ciclo transitorio, se detallada en siguiente sección el empleo de los métodos de R&R largo y R&R Anova. Esto con la finalidad de analizar detalladamente la influencia de las variables involucradas en la prueba, y así como identificar áreas de posible mejora.

3. Marco Teórico

En esta investigación son necesarios los siguientes conceptos, que según Thomas Pyzdek & Paul Keller (2013) los define como:

Incertidumbre: Es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al mensurando. La Incertidumbre por definición, se **refiere a la duda o perplejidad que se tiene sobre un asunto o cuestión**. La incertidumbre se iguala a un **estado de duda en el que predomina el límite de la confianza o la creencia en la verdad de un determinado** conocimiento.

- **Reproducibilidad:** Es la variación en el promedio de las mediciones hechas por diferentes evaluadores utilizando el mismo instrumento al medir características idénticas en la misma parte.
- **Repetibilidad:** La variación en las mediciones obtenida con un instrumento al ser utilizado varias veces por un evaluador, al medir la misma característica en la misma parte.
- **Linealidad:** La diferencia en los valores del bias a través del rango de operación del instrumento.
- **Exactitud:** Es la variación total en las mediciones obtenida con un sistema de medición en el mismo master o partes al medir una sola característica en un periodo de tiempo extendido.

4. Objetivo general

El objetivo general de la presente investigación es:

- Realizar un análisis del sistema de medición de la prueba del ciclo transitorio, aplicando las técnicas de R&R largo y R&R Anova, permitiendo determinar indicadores que permitirán evaluar cualitativamente los datos y desempeño de la prueba.

4.1 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar para el método R&R largo los indicadores de repetibilidad y reproducibilidad.
- Analizar para el método R&R ANOVA la repetibilidad y la reproducibilidad, así como el efecto de la intersección de la parte.
- Realizar una comparación de dichos métodos que permitan tener un marco de referencia más completo acerca del desempeño de la prueba.

- Analizar los indicadores con los que se puede realizar una serie de recomendaciones que mejoren el desempeño de la prueba.

5. Pregunta de investigación

Por lo antes expuesto, se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Al aplicar las técnicas de Six Sigma, referentes a la evaluación de sistemas de medición (Método R&R largo y Método R&R Anova) permitirá identificar áreas de oportunidad que mejoren las condiciones de operación de la prueba del ciclo transitorio?

6. Metodología

El enfoque con el cual se aborda el problema está basado en la metodología Six-Sigma la cual ha sido aplicada con éxito en empresas importantes, esta metodología consiste en:

- D Definir el objetivo de la actividad de mejora
- M Medir y evaluar el sistema existente
- A Analizar el sistema para identificar maneras de eliminar la diferencia entre el desempeño actual del sistema o proceso y el objetivo deseado.
- I Mejorar el sistema
- C Controlar el nuevo sistema

Me manera particular en el presente artículo nos enfocamos en la primera y segunda etapa de la metodología DMAIC, la cual consisten en aplicar técnicas enfocadas a la evaluación de sistemas de medición. Como se mencionó anteriormente el presente trabajo busca extender los resultados obtenidos de Mendoza, Rivera y Garnica, (2014). En este artículos se organizan las actividades de investigación de la siguiente manera:

1. Evaluar el sistema de medición de la prueba de Ciclo Transitorio
2. Aplicar el método de R&R largo
3. Aplicar el método de R&R ANOVA
4. Comparar los dos métodos de R&R, discutir los resultados
5. Realizar recomendaciones para mejorar los indicadores de desempeño de la prueba.

7. Limitaciones

En cuanto a las limitaciones del presente trabajo es un estudio de caso aplicado solamente a este laboratorio, en un tiempo determinado, a solo un gas y bajo determinadas condiciones de operación.

8. Resultados

En esta sección se presentan los diversos resultados obtenidos de aplicar la metodología expuesta anteriormente. En esta sección se realiza la evaluación del sistema de medición tomando como base la combinación que reportó el mayor valor del indicador de incertidumbre de la prueba.

8.1 Estudio R&R, método largo

Un sistema de medición es repetible si su variabilidad es consistente. Con la finalidad de realizar un análisis detallado se utilizó el gas HNOX, (óxido nítrico) para desarrollar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad. La repetibilidad indica la precisión o variación del instrumento cuando se tienen varias mediciones del mismo objeto en condiciones similares, (mismo operador); mientras que la reproducibilidad es la precisión o variación de las mediciones del mismo objeto pero en condiciones variables (diferentes operadores). Un sistema de medición es reproducible cuando diferentes

evaluadores producen resultados consistentes. En esta investigación la repetibilidad y la reproducibilidad se evalúan de forma experimental.

En esta investigación se aplica primeramente el R&R largo, porque permite cuantificar la magnitud del error en comparación con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide. Los resultados del método R&R largo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Repetibilidad y Reproducibilidad método largo

Fuente	σ (Desv. Estand.)	Varianza	5.15σ	% contribucion (varianzas)	% de la variación (Desv. Estand.)	% de la tolerancia
Repetibilidad (equipo)	0.64	0.4153	3.3188	62.1745	78.8508	39.5709
Reproducibilidad (operador)	0.3489	0.1217	1.7970	18.2278	42.6941	21.4258
R&R	0.7328	0.5370	3.7740	80.4023	89.6673	44.9992
Parte	0.3618	0.1309	1.8633	19.5977	44.2693	22.2164
Total	0.8173	0.6679	4.2089	100.0000	100.0000	50.1846

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos de la Tabla 2, se observa que la repetibilidad del equipo contribuye con el 62.17% de la variabilidad total observada, mientras que la reproducibilidad contribuye con el 18.22%, y la variabilidad de la parte con el 19.59%. También con esta prueba es posible calcular tres indicadores de interés que son muy útiles para evaluar el sistema de medición, tales como el indicador precisión tolerancia P/T, el error expandido EM/VarTot y la resolución n_c . De los resultados obtenidos para estos tres indicadores podemos inferir que el equipo debe calibrarse y efectuarse con mayor frecuencia un mantenimiento, debido a que reporto porcentajes altos para estos indicadores, esto por la alta variabilidad observada en los datos del proceso.

Tabla 3. Criterios de repetibilidad y reproducibilidad en el método largo

Criterio	Valor	Comentario
P/T	45.00 < 30%	No aceptable
EM/VarTot	89.6673 > 30%	Sistema de medición inaceptable para fines de control del proceso
N_c	0.6982 > 4	Resolución no aceptable

Fuente: Elaboración propia

8.2 Método R&R ANOVA para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad

A fin de complementar la investigación, se aplica el método R&R ANOVA, el cual es más efectivo que método R&R largo. La ventaja técnica del método R&R ANOVA es que permite identificar y cuantificar de una mejor manera todas las fuentes de variación que se presentaron en el estudio de R&R. Además en el método R&R ANOVA se toma en consideración la interacción operador y parte, mientras que en el que método R&R no se considera dicha interacción. El Método R&R ANOVA considera que la variación total de la prueba, está dada por la siguiente ecuación:

(2)

dónde:

(3)

Para el análisis del método R&R ANOVA se utilizaron los mismos datos del método R&R largo. Los componentes de las ecuaciones anteriores se estiman mediante las técnicas de ANOVA. En este método se utilizaron 6 partes, 2 operadores y 2 ensayos. Los resultados del método R&R Anova se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Repetibilidad y Reproducibilidad ANOVA

Fuente	σ (Desv. Estand.)	Varianza	5.15 σ	% contribucion	% de la variacion	% de la tolerancia
				(varianzas)	(Desv. Estand.)	
Repetibilidad (equipo)	0.53	0.2779	2.7151	57.6759	75.9447	32.3732
Reproducibilidad (operador)	0.3640	0.1325	1.8744	27.4895	52.4304	22.3497
R&R	0.6406	0.4104	3.2993	85.1654	92.2851	39.3387
Parte	0.2674	0.0715	1.3770	14.8346	38.5157	16.4182
Total	0.6942	0.4819	3.5751	100.0000	100.0000	42.6273

Fuente: Elaboración propia

Teniendo el análisis del R&R método largo y R&R ANOVA del gas HNOX se realiza una comparación entre los dos métodos para observar y analizar sus variaciones entre ambos métodos, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios de Repetibilidad y Reproducibilidad método ANOVA

Fuente de variación	% Variación	
	R&R largo	Anova
Repetibilidad (equipo)	62.17	57.6759
Reproducibilidad (operador)	18.23	27.4895
R&R	80.40	85.1654
Parte	19.60	14.8346
Total	100.00	100.0000

Fuente: Elaboración propia

En la comparación que se realiza entre el R&R método largo y R&R ANOVA se observa que en el método ANOVA tiene un menor porcentaje de variación en la repetibilidad siendo este de 57.67% mientras que en la repetibilidad del método largo es de 62.17%, teniendo una variación entre métodos del 4.5%. Para la reproducibilidad el método largo es de 18.23% mientras que en el método ANOVA es de 27.48%, teniendo una variación del 9.25%, por último en la variación de la parte ambos métodos tienen una variación de 4.77%.

9. Discusión

En cuanto al objetivo de aplicar el método R&R largo se observa que hay una mayor variación en el rubro de repetibilidad, y lo mismo se observa en cuanto al R&R Anova. Con respecto a la reproducibilidad en el método Anova, este rubro es mayor que en el método largo, puesto que se considera el efecto de la interacción de la parte en los cálculos y esto afecta el resultado de ambas pruebas. En cuanto al efecto de la parte, la variación es mayor en el método R&R largo que en el R&R método Anova. De forma general la conclusión sería la misma para ambos métodos, la variación originada se

debe a la repetibilidad, la cual está ligada al equipo de trabajo, por lo que para reducir la variación observada se tiene que implementar un mejor programa de mantenimiento y calibración al equipo a fin de mitigar los efectos del uso y el desgaste sobre los resultados obtenidos.

10. Conclusión

Los estudios R&R permiten cuantificar que parte de la variabilidad observada en los datos es atribuible al error de medición, así como si este error es significativo o no en comparación con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide. Por esto, es necesario hacer un análisis de las mediciones de un proceso o producto usando técnicas que permitan determinar los factores o variables que afectan en la estimación de la incertidumbre de una manera eficaz.

En este trabajo de investigación se tomó como base algunas técnicas de Seis Sigma para el análisis de la prueba del Ciclo Transitorio, con la finalidad de comprender el comportamiento de dicha prueba. Esto es importante puesto que se trata de un laboratorio certificado a nivel nacional. Otro aspecto importante que se obtuvo, es que en base a la comparación que se realizó de los dos métodos (ANOVA y R&R), aplicados para el gas HNOX se llegó a la conclusión de que es necesario prestar mayor atención a la repetibilidad, la cual está directamente ligada el equipo utilizado, puesto que este es el factor que más impacto tiene en la variación del sistema de medición. Algunas recomendaciones para reducir la repetibilidad son las siguientes: investigar posibles causas como componentes gastados, variabilidad dentro del mesurando, condiciones ambientales, mantenimiento y calibración más frecuente, etc. En trabajos futuros se contempla seguir analizando la prueba del Ciclo Transitorio a fin de concluir con las fases de la metodología.

Por lo antes expuesto, se concluye que se cumplieron los objetivos expuestos.

Agradecimientos

Para la realización de este trabajo de Investigación se agradece el apoyo otorgado por parte de las autoridades del Instituto Mexicano del Petróleo en particular al Ingeniero Sergio Avalos Zavala por su colaboración y revisión en dicho trabajo.

Referencias

- Broatch, A., Luján J.M., Ruiz S. & Olmeda P. (2008). Medición de hidrocarburos y monóxido de carbono emisiones durante el arranque del automotor diésel. *Dpto. CMT-Motores Térmicos*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Chen J., Li Y. & Cox R., (2008). Taguchi-based Six Sigma approach to optimize plasma cutting process: an industrial case study. *Springer-Verlag*. 41, 760–769. DOI 10.1007/s00170-008-1526-1.
- Escalante, V. E. (2010). *Seis Sigma Metodología y Técnicas*. Ed. Limusa SA de CV.
- Fuentes Flor, Incio Nelly, Lévano Juan y Torres Yovanna (2009). Caracterización y Optimización del antígeno del líquido hidatídico de ovino y su aplicación en la prueba de Látex. *Exp Salud Pública*. 26(4). 473-477. Perú.
- Frey H. (1998 June). Methods for Quantitative Analysis of Variability and Uncertainty in Hazardous Air Pollutant Emissions. *In Proceedings, Annual Meeting of the Air & Waste Management Association*. Pittsburgh, Pennsylvania.
- Frey H., & Rhodes D. (1999). Quantitative Analysis of Variability and Uncertainty in Environmental Data and Models. *Theory and Methodology Based Upon Bootstrap Simulation*. Department of Civil Engineering. 1, 1-178. DOE/ER/30250.
- Frey H., & Tran L. (1999). Quantitative Analysis of Variability and Uncertainty in Environmental Data and Models. *Performance, Emissions, and Cost of Combustion-*

Based NOx Controls for Wall and Tangential Furnace Coal-Fired Power Plants. 2. 2-273. DOE/ER/30250--Vol. 2.

Frey H., & Zheng J., (2002 June). Method for Development of Probabilistic Emission Inventories: Example Case Study for Utility NOx Emission. *In Proceedings, Annual Meeting of the Air & Waste Management Association.* Orlando Florida.

Hosseini A., Farhangdoost Kh & Manoochehri M. (2012). Modelling of extrusión process and application of Taguchi method and ANOVA analysis for optimization the parametrs. *Mechanika. 18(3). 301-305.*

Mendoza Edith, Rivera Héctor y Garnica Jaime (2014 Abril). Análisis de la estimación de la incertidumbre de la prueba de mapeo en el IMP a través de técnicas de Six Sigma. *XVIII Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas. 4437-4460. Tijuana, Baja California, Mex.*

Mendoza, E., Rivera, H., Garnica, J. y Hernández, E. S. (2014). Optimización de parámetros de control de pruebas de emisiones diésel con técnicas de Seis Sigma. *Academia Journals (Ed). Congreso Internacional de Investigación. 6(4), 1066-1071. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.*

Moras David y Marbot-Ramada Rolando (2010). Determinación de las fracciones del petróleo crudo con el empleo de la destilación simulada por cromatografía gaseosa como método alternativo. *CENIC Ciencias Biológicas. 41(2). 105-112. Cuba, La Habana.*

NMX-CH-140-IMNC (2002). Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones.

NMX-EC-17025-IMNC (2006). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

- Ordorica Javier, Camargo Claudia et al. (2011). Validación de un sistema de medición aplicado a un estudio de Termografía Sensorial para la detección de desórdenes de traumas acumulados. *Ingeniería Industrial*.1. 69-84.
- Sudeshkumar M., Venkatraman M., & Devarajane G. (2014). Utilization of biofuel blends in a direct injection diesel engine for the prediction of engine performance parameters and exhaust emission characteristics. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 6(12). 333-341.
- Theodorus D., Liapis, N., & Zannikos F. (2013). Estimación de la incertidumbre de medición que surge de muestreo manual of fuels de combustibles. SciVerse ScienceDirect. Laboratorio de Combustibles y Lubricantes. Universidad Técnica Nacional de Atenas.
- Thomas Pyzdek & Paul Keller (2013). *The Six Sigma Handbook* (3ra Ed) McGraHill.
- Venkatraman M. & Devaradjane G. (2014), Performance and exhaust emissions of a low heat rejection diesel engine using Jatropha oil as fuel. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(11), 561-569.
- Visconti F., De la Paz J. M., & Rubio J. L. (2012). Choice of selectivity coefficients for cation exchange using principal components analysis and bootstrap ANOVA of coefficients of variation. *European Journal of Soil Science*. DOI: 10.1111/j.1365.2012/01474.x.
- Zheng & Frey (2001), Quantitative Analysis of Variability and Uncertainty in Emission Estimation: An Illustration of Methods Using Mixture Distributions. *In Proceedings, Annual Meeting of the Air & Waste Management Association*, 1. 24-28., Orlando Florida.