

ISSN 2410-3438

Volumen 2, Número 4 — Julio — Septiembre -2015

Revista de Análisis Cuantitativo
y Estadístico

ECORFAN[®]

Bases de datos

Google scholar.



ECORFAN®

ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María, PhD.

Director Regional

SERRUDO-GONZALES, Javier, BsC.

Director de la Revista

ESPINOZA-GÓMEZ, Éric, MsC.

Relaciones Institucionales

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando, BsC.

Edición de Logística

DAZA-CORTEZ, Ricardo, BsC.

Diseñador de Edición

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra, BsC.

Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico, Volumen 2, Número 4, de Julio a Septiembre -2015, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Santa Lucía N-21, Barrio Libertadores, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia.

WEB:

www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org.

Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: Serrudo González-Javier. ISSN: 2410-3438. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Consejo Editorial

SALGADO-BELTRÁN, Lizbeth PhD.
Universidad de Barcelona, Spain

QUINTANILLA-CÓNDOR, Cerapio, PhD.
Universidad Nacional de Huancavelica, Peru

GARCÍA-ESPINOSA, Cecilia, PhD.
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador

PEREIRA-LÓPEZ, Xesus, PhD.
Universidad de Santiago de Compostela, Spain

VASQUEZ-GALÁN, Belem, PhD.
El Colegio de la Frontera Norte, México

BANERJEE, Bidisha, MsC.
Amity University, India

JESUS-NOVELO, Federico, PhD.
Universidad Autónoma Metropolitana, México

SUYO-CRUZ, Gabriel, PhD.
*Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco,
Perú*

Consejo Arbitral

BECERRIL-TORRES, Osvaldo, PhD.
Universidad Autónoma del Estado de México,
México

AZIS-POSWAL, Bilal, PhD.
University of the Punjab, Pakistan

VARGAS-SÁNCHEZ, Gustavo, PhD.
Posgrado de la Facultad de Economía, México

BLANCO-GARCÍA, Susana, PhD.
(Universidad Complutense de Madrid), Spain.

MIRANDA-GARCÍA, Marta, PhD.
Universidad Complutense de Madrid, Spain.

GOMEZ-CHIÑAS, Carlos, PhD.
Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco,
México

MANRIQUE, Irma, PhD.
Instituto de Investigaciones Económicas - UNAM,
México

SANCHEZ-CANO, Julieta, PhD.
Universidad Juárez del Estado de Durango,
México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico.

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

En el primer número es presentado el artículo *Análisis de un Modelo Estadístico de Regresión Aplicado al Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas* por CONTRERAS, Jannette, CRUZ, Braulio y PEÓN, Ricardo con adscripción en la Universidad Autónoma de Yucatán, como segundo artículo está *Estudio del efecto del volumen, la relación aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto y la eficiencia térmica en un ciclo Otto* por ORTEGA, Francisco, SANTOYO, Abraham, RODRIGUEZ, Rafael, FIGUEROA, Fernando y GARCIA, Miguel, como tercer capítulo está *Método computacional para calcular la resistencia del sistema de tierra para subestaciones al aire libre* por TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto, GUARDADO-ZAVALA, José Leonardo, TAPIA-TINOCO, Guillermo y JURADO-PÉREZ, Fernando con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y el Instituto Tecnológico de Morelia, como último artículo *Optimización del Sistema Institucional de Tutorías utilizando el modelo de gestión CRM* por CAMPOS-MADRIGAL, Ana Laura, FRANCO-AGUILAR, Norma, SÁNCHEZ-LOPEZ, Verónica y ARIZA-BATALLA, Vivianissel con adscripción en la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos.

Contenido

Artículo	Página
Análisis de un Modelo Estadístico de Regresión Aplicado al Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas CONTRERAS, Jannette, CRUZ, Braulio y PEÓN, Ricardo	271-277
Estudio del efecto del volumen, la relación aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto y la eficiencia térmica en un ciclo Otto ORTEGA, Francisco, SANTOYO, Abraham, RODRIGUEZ, Rafael, FIGUEROA, Fernando y GARCIA, Miguel	278-287
Método computacional para calcular la resistencia del sistema de tierra para subestaciones al aire libre TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto, GUARDADO-ZAVALA, José Leonardo, TAPIA - TINOCO, Guillermo y JURADO-PÉREZ, Fernando	295-306
Optimización del Sistema Institucional de Tutorías utilizando el modelo de gestión CRM CAMPOS-MADRIGAL, Ana Laura, FRANCO-AGUILAR, Norma, SÁNCHEZ-LOPEZ, Verónica y ARIZA-BATALLA, Vivianissel	316-323

Instrucciones para Autor

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Análisis de un Modelo Estadístico de Regresión Aplicado al Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas

CONTRERAS, Jannette*†, CRUZ, Braulio y PEÓN, Ricardo

Universidad Autónoma de Yucatán.

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 1 de Septiembre, 2015

Resumen

Los estudios de los tratamientos de tipo fisicoquímico de las aguas residuales son de gran importancia pues permiten a través de los datos obtenidos en laboratorio analizar modelos estadísticos que ayudan a describir el comportamiento del proceso así como identificar las variables que tienen mayor influencia sobre otras, en el presente estudio se analizaron los clarificados provenientes de diez pruebas de jarras tomando como muestra agua residual del efluente de una planta de tratamiento de aguas de tipo fisicoquímico; mediante un análisis estadístico de regresión se llegó a la conclusión de que la turbidez es una variable de la cual depende la demanda química de oxígeno de las mismas aguas.

Prueba de jarras, aguas residuales, regresión lineal, turbidez, SST.

Abstract

Studies of wastewater physicochemical treatments are important because through the data obtained in the laboratory they allow to analyze statistical models that help to describe the process behavior and identify the variables that have the greater influence on others, in this study clarifiers were analyzed from ten test jars using wastewater effluent from a sewage treatment physicochemical plant as sample; by means of a statistical regression analysis it is concluded that chemical oxygen demand depends on the turbidity variable of the same water.

Jar test, waste water, lineal regression, turbidity, SST.

Citación: CONTRERAS, Jannette, CRUZ, Braulio y PEÓN, Ricardo. Análisis de un Modelo Estadístico de Regresión Aplicado al Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas. Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico 2015,2-4: 271-277

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jannette.contreras@uady.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El presente estudio estadístico, se basa en datos provenientes de análisis de laboratorio realizados a aguas residuales que se generan en una institución educativa; tales efluentes son recolectados de las aguas residuales de los diversos servicios que el campus ofrece, como son: cafeterías, baños, laboratorios y cualquier otro tipo de servicio que requiere del uso del agua. El agua residual que se genera de los sitios antes mencionados es tratada por medio de un proceso de tipo fisicoquímico el cual involucra la utilización de sustancias coagulantes que llevan a cabo la remoción de los contaminantes; la gama de estas sustancias es muy variada y cada coagulante posee diferentes propiedades fisicoquímicas haciendo que cada uno tenga diferente eficiencia en la remoción de los contaminantes.

Al momento del estudio la institución contaba con una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo fisicoquímico, la cual debido al incremento de usuarios de las instalaciones del campus tales como servicios sanitarios, servicios alimentarios, centros deportivos, etc. recibe una mayor fluctuación de aguas residuales que a su vez contienen una mayor carga orgánica y de sólidos. En el año de 1986, la institución contaba con 10, 373 alumnos y 866 profesores; para el año de 1990, la cantidad de alumnos se incrementó a 16, 277 y de profesores a 1, 177. Para el año de 2003 la cantidad de alumnos llegó a la cifra de 16, 371 alumnos y la cifra de profesores a 1394.

En general se generan en promedio 775.76 m³ de agua residual al día, que son tratadas por la propia institución mediante un proceso de coagulación con una posterior sedimentación y desinfección; por último el agua tratada se utiliza con propósitos de riego de áreas verdes de la misma institución.

El propósito de este artículo es llevar a cabo pruebas de tratabilidad (pruebas de jarras) que permitan establecer a través de un análisis estadístico, un modelo que se ajuste a las variables de interés.

La calidad de las aguas ha sido siempre referida a sus características físicas, tales como la turbidez, la presencia de sólidos y características químicas como la demanda química de oxígeno (DQO), la alcalinidad, dureza, conductividad, etc. Bajo condiciones naturales, esto es propiciado por la presencia de coloides inorgánicos y por un alto contenido de materia iónica disuelta en las aguas [1]. Con la finalidad de pulir la calidad del agua para diferentes usos del agua (potabilización, procesos industriales, irrigación, renovación), es necesario desarrollar mecanismos de remoción que permitan el retiro de dicha masa.

Los estudios para la tratabilidad conducen a la utilización de la llamada "Prueba de Jarras", la cual sirve específicamente para probar la efectividad de los coagulantes y de esta manera verificar cual es el mejor tratamiento. La prueba consiste en colocar seis vasos de precipitado conteniendo 500 ml de muestra cada uno, estos vasos se colocan en un equipo que tiene seis paletas de agitación y estas pueden accionarse a diferentes revoluciones por minuto [2].

Para la remoción de las partículas coloidales es necesario desestabilizar el medio mediante la adición de coagulantes químicos (coagulación), y propiciar agitación controlada al agua para lograr la aglutinación de los coloides (floculación), para que finalmente dichas partículas aglutinadas (floculos), se encuentren bajo el efecto de la gravedad (sedimentación) [3]

Metodología

Entre las variables analizadas se encuentran:

SST: esta variable representa los sólidos suspendidos totales que se encuentran en el agua residual al final del tratamiento es decir, aquellos sólidos remanentes que no lograron eliminarse con la aplicación del coagulante. Mientras menor sea esta variable más eficaz es la remoción. [4].

Turbidez: esta variable representa las impurezas contenidas en el agua al final del tratamiento, es una medida de la opacidad. [5].
DQO: la demanda química de oxígeno representa la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica contenida en el agua residual, mientras menor sea esta variable más eficaz es la remoción. [5].

Conductividad: Esta medición resulta de utilidad para evaluar las variaciones en la concentración de minerales disueltos en el agua residual y el agua tratada.

Dureza: la medición de la dureza por calcio es de importancia técnica debido a los problemas que puede ocasionar al generar incrustaciones en el equipo y tuberías. [5].

Alcalinidad: El conocimiento y el control de este parámetro es importante en el proceso de tratamiento de aguas, sobre todo al tratarse de un proceso de coagulación química pues la alcalinidad posee la propiedad de inhibir la acción del coagulante. [5].

Adicionalmente se midieron parámetros tales como: dureza por calcio, alcalinidad, conductividad, temperatura, el tiempo de agitación y la velocidad de agitación.

Debido a que las aguas negras de la institución están conformadas por agua residual de los servicios sanitarios y de los diversos puntos de descarga de los servicios alimentarios, la carga orgánica contenida se ha ido incrementando con el paso del tiempo. En la Tabla 1 se observan los parámetros medidos y los rangos obtenidos de cada uno.

Parámetros	Rangos
Flujo volumétrico	432.88 a 813.21 m ³ /día
Sólidos totales	755 a 1280 mg/L
SST	5 a 370 mg/L
Turbidez	14.6 a 256 UTN
pH	6.15 a 8.69 unidades de pH
Alcalinidad	166 a 760 mg/L de CaCO ₃
DBO	11.5 a 450 mg/L
DQO	70.18 a 592.35 mg/L
Conductividad	764 a 2170 S/cm
Calcio	101.6 a 225.6 mg/L

Tabla 1 Rangos mínimos y máximos de parámetros en el influente de la planta de tratamiento.

De acuerdo a la caracterización de la Tabla 1, se seleccionaron las siguientes variables en los clarificados:

$$Y = DQO = \text{demanda química de oxígeno}$$

$$X1 = SST = \text{sólidos suspendidos totales}$$

$$X2 = \text{Turbidez (UTN)}$$

$$X3 = \text{Dureza por calcio}$$

$$X4 = \text{Conductividad}$$

$$X5 = \text{Alcalinidad}$$

Se realizaron diez pruebas de jarras de las cuales se extrajeron seis muestras de cada una para dar un total de 60 muestras.

En cuanto al análisis estadístico, se evaluó un modelo de regresión lineal múltiple con aquellas variables que resultaron más significativas en una inspección inicial.

Resultados

Los datos se analizaron con el programa SPSS, primeramente se analizaron las correlaciones entre todas las variables para identificar aquellas que pudieran resultar más significativas para el modelo como se muestra en la Figura 1. La variable turbidez fue la que mostro la mayor correlación con la variable dependiente DQO de 0.753, y las variables SST, dureza y conductividad mostraron correlaciones de 0.353, 0.528 y -0.427 respectivamente. Debido a lo anterior se graficó un diagrama de dispersión matricial con dichas variables. Se puede observar en la Figura 2 que hay una tendencia lineal entre la variable DQO y las variables turbidez y SST que son las que tuvieron los valores de correlación más altos.

		DQO	SST	TURBIDEZ	Alcalinidad	Dureza (Ca)	Conductividad
DQO	Pearson Correlation	1	,353**	,753**	,033	,528**	-.427*
	Sig. (2-tailed)	.	,006	,000	,800	,000	,001
	N	60	60	60	60	60	60
SST	Pearson Correlation	,353**	1	,290*	,188	,273*	-.240
	Sig. (2-tailed)	,006	.	,025	,151	,035	,065
	N	60	60	60	60	60	60
TURBIDEZ	Pearson Correlation	,753**	,290*	1	,102	,615**	-.410*
	Sig. (2-tailed)	,000	,025	.	,436	,000	,001
	N	60	60	60	60	60	60
Alcalinidad	Pearson Correlation	,033	,188	,102	1	-.264*	-.703*
	Sig. (2-tailed)	,800	,151	,436	.	,042	,000
	N	60	60	60	60	60	60
Dureza (Ca)	Pearson Correlation	,528**	,273*	,615**	-.264*	1	-.064
	Sig. (2-tailed)	,000	,035	,000	,042	.	,629
	N	60	60	60	60	60	60
Conductividad	Pearson Correlation	-.427*	-.240	-.410*	-.703*	-.064	1
	Sig. (2-tailed)	,001	,065	,001	,000	,629	.
	N	60	60	60	60	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Figura 1 Resultados de las correlaciones entre todas las variables

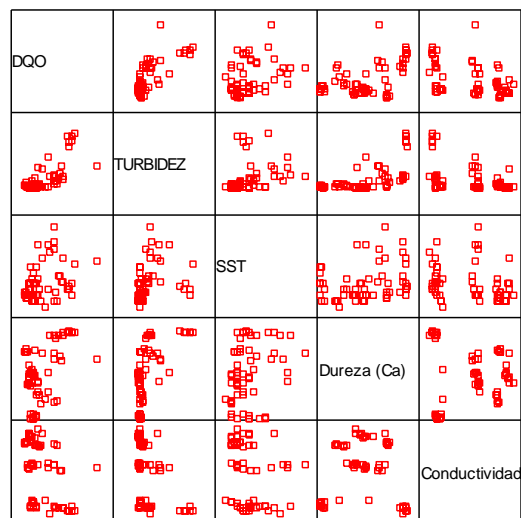


Figura 2 Diagrama de dispersión

En base esta inspección inicial se verificó si la regresión con todas las variables pudiera ser significativa y se obtuvieron los resultados de la Tabla 2. Se planteó la prueba de hipótesis expresada en (1) y (2).

$$H_0: B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 0 \quad (1)$$

$$H_1: B_i \neq 0 \text{ para algún } 1 \leq i \leq 4 \quad (2)$$

Debido a que el p-valor fue de $0.000 < 0.05$, se rechazó la H_0 y por lo tanto la regresión es significativa al juntar todas las variables de interés; sin embargo al analizar los coeficientes de cada una por separado sus p-valoros correspondientes indican que por sí solas no tienen significancia a excepción de la variable turbidez que tuvo un p-valor de 0.000 como se ve en la Tabla 2.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,781 ^a	,610	,582	144,569

a. Predictors: (Constant), Conductividad, Dureza (Ca), SST, TURBIDEZ

b. Dependent Variable: DQO

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1797083	4	449270,781	21,496	,000 ^b
	Residual	1149508	55	20900,143		
	Total	2946591	59			

a. Predictors: (Constant), Conductividad, Dureza (Ca), SST, TURBIDEZ

b. Dependent Variable: DQO

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	135,264	56,271		2,404	,020
	SST	,801	,642	,112	1,247	,218
	TURBIDEZ	2,189	,463	,574	4,733	,000
	Dureza (Ca)	,176	,148	,134	1,193	,238
	Conductividad	-7,41E-02	,046	-,156	-1,604	,114

a. Dependent Variable: DQO

Tabla 2 Resultados del ANOVA para el modelo completo

Como las variables dureza por calcio y conductividad tuvieron valores de correlaciones relativamente bajos se analizó su contribución en la regresión, dado que las otras variables ya estuvieran consideradas en el modelo, y se planteó la prueba de hipótesis expresada en (3) y (4).

$$H_0: B_3 = B_4 = 0 \quad (3)$$

$$H_1: B_3 \neq 0 \text{ ó } B_4 \neq 0 \quad (4)$$

Se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 3 a partir del modelo reducido.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,766 ^a	,587	,573	146,034

a. Predictors: (Constant), TURBIDEZ, SST

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1731012	2	865506,107	40,585	,000 ^b
	Residual	1215579	57	21325,943		
	Total	2946591	59			

a. Predictors: (Constant), TURBIDEZ, SST

b. Dependent Variable: DQO

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	94,304	31,831		2,963	,004
	SST	1,047	,633	,147	1,662	,104
	TURBIDEZ	2,709	,339	,711	7,998	,000

a. Dependent Variable: DQO

Tabla 3 Resultados del ANOVA para el modelo reducido

Con los datos del modelo reducido y el completo se verificó la significancia de las variables dureza y conductividad para el modelo.

$$Y = B_0 + B_1SST + B_2 \text{ turbidez} + B_3 \text{ Dureza} + B_4 \text{ Conductividad} \quad (5)$$

$$Y = B_0 + B_1SST + B_2 \text{ turbidez} \quad (6)$$

$$F = \frac{(SSE_r - SSE_c)/(p-m)}{SSE_c/(n-p-1)} = 1.5806 \quad (7)$$

Con el criterio de $F_{0,05,2,55} = 3.15$, 1.5806 no es mayor y por lo tanto no se rechaza la H_0 , por lo que no hay evidencia para decir que la dureza y la conductividad contribuyan significativamente en el modelo.

Posteriormente se planteó si las variables turbidez y dureza contribuyen significativamente, dado que la variable SST está considerada en el modelo y se planteó la prueba de hipótesis como se indica en (8) y (9).

$$H_0: B_2 = B_3 = 0 \quad (8)$$

$$H_1: B_2 \neq 0 \text{ ó } B_3 \neq 0 \quad (9)$$

Se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 4 y 5 a partir del modelo completo y el reducido respectivamente.

$$Y = B_0 + B_1SST + B_2 \text{ turbidez} + B_3 \text{ Dureza} \quad (10)$$

$$Y = B_0 + B_1SST \quad (11)$$

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,769 ^a	,592	,570	146,584

a. Predictors: (Constant), Dureza (Ca), SST, TURBIDEZ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1743323	3	581107,680	27,045	,000 ^a
	Residual	1203268	56	21486,928		
	Total	2946591	59			

a. Predictors: (Constant), Dureza (Ca), SST, TURBIDEZ

b. Dependent Variable: DQO

Tabla 4 Resultados del ANOVA para el modelo completo

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,353 ^a	,125	,109	210,895

a. Predictors: (Constant), SST

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	368941,1	1	368941,096	8,250	,006 ^a
	Residual	2579650	58	44476,722		
	Total	2946591	59			

a. Predictors: (Constant), SST

b. Dependent Variable: DQO

Tabla 5 Resultados del ANOVA para el modelo reducido

Con los datos del modelo reducido y el completo se verificó la significancia de las variables turbidez y dureza para el modelo.

$$F = \frac{(SSE_r - SSE_c)/(p-m)}{SSE_c/(n-p-1)} = 32.028 \quad (12)$$

Con el criterio de $F_{0.05,2,56} = 3.15$, el valor de 32.028 es mucho mayor y por lo tanto se rechaza la H_0 , por lo que hay evidencia de que al menos una de las variables (turbidez y/o dureza) contribuye significativamente en el modelo. Por último se realizó una selección hacia atrás; los resultados se muestran en la Tabla 6. Las variables excluidas fueron todas a excepción de la turbidez que tuvo un p-valor de 0.000, con lo cual se demuestra su significancia. Para validar el análisis, se verificó la homocedasticidad así como la normalidad de los residuos la cual se presenta en la Figura 3.

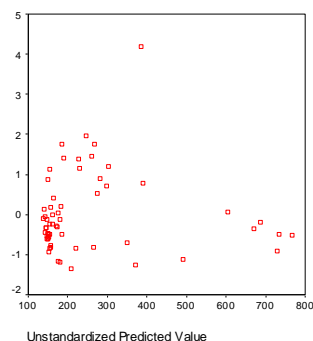


Figura 3. Gráfico de dispersión de los residuos vs valores predichos

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	TURBIDEZ		Forward (Criterion: Probabilty-of-F-to-enter <= ,050)

a. Dependent Variable: DQO

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1672779	1	1672779,019	76,166	,000 ^a
	Residual	1273812	58	21962,275		
	Total	2946591	59			

a. Predictors: (Constant), TURBIDEZ

b. Dependent Variable: DQO

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics Tolerance
1	SST	,147 ^a	1,662	,104	,214	,916
	Dureza (Ca)	,104 ^a	,947	,348	,124	,622
	Conductividad	-,142 ^a	-1,516	,135	-,197	,832
	Alcalinidad	-,044 ^a	-,507	,614	-,067	,989

a. Predictors in the Model: (Constant), TURBIDEZ

b. Dependent Variable: DQO

Tabla 6 Regresión lineal con selección hacia atrás

En la Figura 3 se observa que los residuos estandarizados se distribuyen a los largo del grafico de dispersión sin seguir ningún patrón específico, validando así la homocedasticidad.

En la tabla no.7 se observa el p-valor para los residuos del modelo con una variable (turbidez) y como $0.088 > 0.05$ no se rechaza H_0 y no hay evidencia en contra de la normalidad de los residuos. Adicionalmente se elaboró un gráfico Q-Q para verificar normalidad, el cual presenta en la Figura 4.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		60
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,99148923
Most Extreme Differences	Absolute	,161
	Positive	,161
	Negative	-,088
Kolmogorov-Smirnov Z		1,249
Asymp. Sig. (2-tailed)		,088

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Tabla 7 Prueba de kolmogorov-smirnov para la normalidad

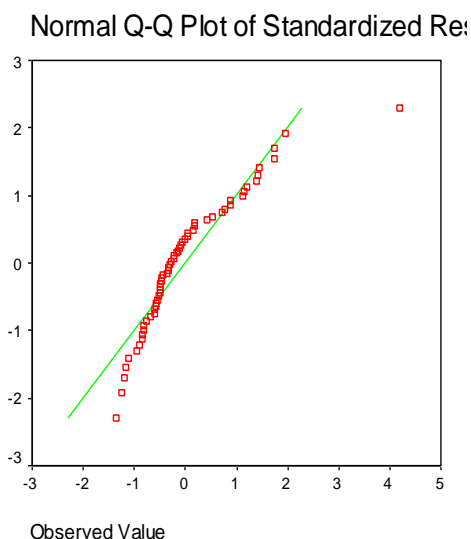


Figura 4 Gráfica en papel de probabilidad normal

Conclusiones

El modelo de regresión lineal que mejor describe los datos analizados en los clarificados provenientes de las diez pruebas de jarras, es un modelo simple donde se incluye la variable turbidez:

$$Y (\text{DQO}) = B_0 + B_1 \text{Turbidez}$$

El resultado coincide con lo descrito en la teoría de tratabilidad de aguas residuales, pues se tiene evidencia de que la turbidez es un factor preponderante que influye sobremanera en la demanda química de oxígeno. Se sabe que los sólidos suspendidos totales están relacionados con las lecturas de turbidez obtenidas en laboratorio, en este estudio se pudo verificar que los SST fueron la segunda variable de importancia aparente al tener una correlación de 0.353, aunque por ser una correlación débil esto no se reflejó significativamente en el modelo final.

Referencias

AWWA Coagulation Committee. "Committee Report: Coagulation as an Integrated Water Treatment Process". Journal of AWWA 81, pp. 72-78. 1989.

APHA-AWWA-WPCF, "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Ed. Díaz de Santos, 17ª edición. 1989.

Dentel, S.K., Gossett, J.M. "Mechanisms of Coagulation with Aluminum Salts". Journal of AWWA. 80, pp. 187-198. 1988.

Crites, R., Tchobanoglous, G. "Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones". Ed. Mc. Graw-Hill. México, 2000.

Eckenfelder, W. "Industrial water pollution control". Ed. Mc. Graw-Hill, 3ra. Ed. 2000.

Estudio del efecto del volumen, la relación aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto y la eficiencia térmica en un ciclo Otto

ORTEGA, Francisco*†, SANTOYO, Abraham, RODRIGUEZ, Rafael, FIGUEROA, Fernando y GARCIA, Miguel

Coordinación de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carr Irapuato-Silao Km 12.5, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México.

Recibido 6 de Julio, 2015; Aceptado 3 de Septiembre, 2015

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla un modelo matemático que permite analizar el efecto del volumen, la razón aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto, la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible de un motor de encendido por chispa que funciona bajo el ciclo Otto. El modelo matemático se desarrolla partiendo de la primera ley de la termodinámica y utilizando el método de calores específicos variables, considerando como fluido de trabajo aire, el cual es modelado como gas ideal. Los resultados obtenidos son graficados obteniendo como conclusión que para el caso de estudio analizado la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible no es afectado por la variación del volumen. Mientras que el trabajo neto es afectado por la razón de compresión, la relación aire combustible y el volumen.

Otto, Eficiencia, Trabajo

Abstract

In this paper, a mathematical model to analyze the effect of volume, the air fuel ratio and the compression ratio in the net work, thermal efficiency and specific fuel consumption of a spark ignition engine operating under the Otto cycle is developed. The mathematical model is developed based on the first law of thermodynamics and using variable specific heat method, considering air as work fluid, which is modeling as an ideal gas. The results are graphed, obtaining for the case study analyzed the thermal efficiency and specific fuel consumption is not affected by the change in volume. While the net work is affected by the compression ratio, the air-fuel ratio and volume.

Otto, Efficiency, Work, Thermal

Citación: ORTEGA, Francisco, SANTOYO, Abraham, RODRIGUEZ, Rafael, FIGUEROA, Fernando y GARCIA, Miguel. Estudio del efecto del volumen, la relación aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto y la eficiencia térmica en un ciclo Otto. Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico 2015, 2-4: 278-287

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: frortega@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Nomenclatura

A continuación se presenta la nomenclatura utilizada durante el desarrollo del presente caso de estudio.

CEC	Consumo específico de combustible
m	Masa total de aire y combustible
m_f	Masa del combustible
P_1	Presión en el estado 1
q_{2-3}	Calor del proceso 2 a 3
q_{4-1}	Calor del proceso 4 a 1
q_c	Poder calorífico del combustible
R_a	Constante del aire
r	Relación de compresión
r_{ac}	Relación aire-combustible
s_1	Entropía específica del estado 1
s_2	Entropía específica del estado 2
s_3	Entropía específica del estado 3
s_4	Entropía específica del estado 4
T_1	Temperatura del estado 1
T_2	Temperatura del estado 2
T_3	Temperatura del estado 3
T_4	Temperatura del estado 4
u_1	Energía interna del estado 1
u_2	Energía interna del estado 2
u_3	Energía interna del estado 3
u_4	Energía interna del estado 4
v_1	Volumen específico del estado 1
v_2	Volumen específico del estado 2
v_3	Volumen específico del estado 3
v_4	Volumen específico del estado 4
V_c	Volumen en el punto muerto superior
V_d	Volumen entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior
V_{pmi}	Volumen en el punto muerto inferior
w_{neto}	Trabajo neto del ciclo
η_t	Eficiencia térmica del ciclo

Introducción

Existen varias investigaciones en el ámbito de los motores de encendido por chispa que funcionan bajo el ciclo Otto pero estas investigaciones utilizan el método de calores específicos constantes por su simplicidad de aplicación, algunas de las investigaciones desarrolladas en este tema se presentan a continuación.

González, Rodríguez, García y Fernández (2010) analizan los resultados de investigaciones realizadas sobre el consumo de combustibles de motores de combustión interna de consumo diésel y gasolina y su variación en función de la masa y la potencia desarrollada. Se establecen correlaciones entre los índices y la influencia de las características de diseño mediante el programa STATGRAPHICS Plus 5.0, obteniendo ecuaciones de modelos ajustados. Los modelos elaborados permiten, para los automóviles que correspondan a las características de cada uno de los cuatro grupos, determinar los índices de consumo de combustible a velocidad óptima de régimen con solo contar con los valores de potencia del motor y su masa.

Por su parte Silgado y Ojeda (2012) mencionan que los ciclos de potencia son sistemas muy analizados mediante conceptos termodinámicos elementales, debido a que muchas máquinas basan su funcionamiento en ellos. Sin embargo, cuando el sistema se complica, no es posible obtener una expresión analítica que se pueda estudiar matemáticamente para obtener resultados, por lo cual es imprescindible el manejo de herramientas y técnicas de simulación. Así, la simulación de procesos es una herramienta imprescindible para el diseño y análisis de este tipo de ciclos termodinámicos, ya que permite resolver problemas de análisis, diseño y optimización.

Por lo anterior, los autores analizan dos ciclos de potencia (Otto y Carnot) con la ayuda del software UniSim Desing R390®, donde se establece las propiedades específicas de los sistemas, y se determinan las variaciones en parámetros como trabajo, calor y flujo másico sobre el desempeño del ciclo.

Mientras que Melo, Sánchez, Ferrer y Ferrer (2012) realizan un análisis del rendimiento de un motor de encendido por chispa al usar como combustible mezclas de etanol con gasolina en un 10%, 20% y 30%. Los parámetros analizados en cada experimento son el torque efectivo, la potencia efectiva, el consumo específico de combustible y las emisiones de monóxido de carbono. Los resultados obtenidos se analizan estadísticamente mediante una comparación de muestras múltiples en el software estadístico Statgraphics Centurion XV.II. El análisis es realizado con el objetivo de analizar las posibles diferencias entre los parámetros evaluados para cada combustible a una misma rpm. A partir de los resultados obtenidos se puede establecer satisfactoriamente dos porcentajes adecuados de la mezcla etanol-gasolina para ser utilizado en motores de encendido por chispa en las condiciones de Cuba y sin hacer modificaciones en el motor. Los autores concluyen que a medida que aumenta el por ciento de etanol en la mezcla con gasolina, el consumo de combustible aumenta para todos los puntos experimentales evaluados.

Malvar (2008) presenta la influencia de la razón de compresión, la razón de presiones, la relación de corte, la temperatura y eficiencia en un ciclo termodinámico dual. Los resultados obtenidos muestran que el trabajo y la eficiencia del ciclo dual es función de la alta temperatura del ciclo, la razón de compresión y la relación de corte.

El estudio de las ecuaciones deducidas es capaz de predecir las condiciones de operación que permiten maximizar el trabajo neto e incrementar la eficiencia del ciclo estudiado. Los resultados presentados muestran que para valores fijos de T_1 y T_3 , el trabajo neto del ciclo dual disminuye con la relación de compresión del motor. Mientras mayor sea la temperatura al final del calentamiento isobárico, mayor es el trabajo neto del ciclo estudiado. Para una relación de compresión dada, el rendimiento térmico del ciclo decrece rápidamente al aumentar la relación de cierre de admisión del motor. Como es de esperarse, la eficiencia térmica se incrementa con la relación de compresión, para una relación de corte dada. Si el valor de la relación de compresión no varía, el rendimiento térmico se mantiene constante cuando se incrementa la relación de presiones del motor. En un ciclo dual altos valores de la relación de compresión y de la temperatura máxima del ciclo incrementan el rendimiento térmico y el trabajo neto.

Carranza y Romero (2009) presentan un estudio comparativo de algunas características y parámetros de desempeño de un motor de combustión interna operando con gasolina y con gas natural. Se implementa el software Stanjan® para la determinación de la composición de productos de combustión y el cálculo de las temperaturas de llama. Para el cálculo de otros parámetros de desempeño, como la presión media efectiva indicada, se lleva a cabo la simulación de un motor, mediante el software Engine Simulation Program®. Los autores concluyen que las emisiones CO_2 y CO generadas (en porcentaje volumétrico) por la operación de un motor con gas natural, son menores que en su operación con gasolina, bajo similares relaciones aire-combustible. El índice de emisión de contaminantes por unidad de masa de combustible para el CO_2 y CO , resulta favorable a la utilización de gas natural en comparación con la gasolina.

El consumo específico de combustible es menor para la gasolina, por lo tanto, para motores que generen similar trabajo indicado, la generación global de contaminantes sería mayor para el GNV que para la gasolina. La presión media efectiva indicada para un motor operando con gas natural es menor que la presión media efectiva indicada del mismo motor operando con gasolina, lo que indica que ocurre una reducción de potencia cuando se emplea gas natural.

Espinoza y Lara (2009) realizan un estudio experimental donde se compara el desgaste ocurrido en un motor de 1.3 litros usando gasolina y gas natural vehicular (GNV) para las condiciones de velocidad variable y arranque-calentamiento. El desgaste se mide indirectamente mediante la cuantificación de las partículas metálicas contaminantes del lubricante, proveniente del desgaste de las piezas internas del motor. Las partículas de desgaste se miden con un espectrómetro de emisión. Las muestras de lubricantes se toman y analizan cada cinco horas de operación. El estudio se basa en el análisis de las concentraciones de hierro, plomo, cobre, aluminio y sílice. Los resultados evidencian que la velocidad de contaminación del aceite por partículas de desgaste de Fe, Pb, Cu y Al es mayor utilizando gasolina que GNV en porcentajes de 447%, 910%, 129% y 142% para velocidad variable y de 240%, 630%, 203% y 71% en condición de arranque y calentamiento. los resultados muestran que el motor produce menor concentración de metales de desgaste en el lubricante cuando opera con GNV como combustible que cuando utiliza gasolina, igualmente, se observa que la condición de velocidad variable del motor produce mayor desgaste que la condición de arranque y calentamiento, lo cual evidencia que las condiciones de lubricación son críticas durante los procesos de aceleración que en el calentamiento.

Debido a la mayor viscosidad del lubricante durante la prueba de calentamiento con respecto a la de velocidad variable. Los resultados evidencian que la velocidad de contaminación del aceite por partículas de desgaste de Fe, Pb, Cu y Al es mayor utilizando gasolina que GNV en porcentajes de 447%, 910%, 129% y 142% para velocidad variable y de 240%, 630%, 203% y 71% en condición de arranque y calentamiento. El GNV, como combustible en motores duales, produce menor desgaste que la gasolina, garantizando mayor vida útil tanto al motor como al lubricante, independientemente de la condición de operación del equipo.

Silgado Correa y Ojeda (2012) describen al ciclo Otto como el ideal para los motores encendidos por chispa que admiten una mezcla de aire combustible que se comprime para poder reaccionar con la adición de calor. Por su parte González y Hernández (n.d.) concluyen al ciclo Otto como la realización de 4 procesos cuasi-estáticos que comprenden una compresión adiabática, un aumento isocoro de la temperatura y presión, una expansión adiabática con un descenso de la temperatura y finalmente un descenso isocoro de la temperatura y presión. Romero Morales (2012) presenta al ciclo en cuatro tiempos que corresponden a la carrera de admisión de la mezcla, carrera de compresión de la mezcla, la chispa al final de esta carrera que enciende la mezcla liberando energía y una carrera de escape expulsando los gases generados por la explosión.

Zhao, Lin y Chen (2007), concluyen que los factores que afectan el rendimiento del motor de ciclo Otto son: las propiedades del combustible utilizado durante el ciclo del motor como es el poder calorífico, las pérdidas de calor que es transferido por las paredes del cilindro donde ocurre el ciclo dentro del motor y la eficiencia en los procesos de compresión y expansión de la mezcla de aire combustible.

Urrecheaga y Malaver (2003), determinan que el factor que influye en la eficiencia del ciclo es la relación de compresión de la mezcla de aire combustible, es decir, entre mayor sea la relación mayor será la eficiencia del motor. Por su parte Patiño G. (2003) comenta que los motores de encendido por chispa que no usan gasolina sino que usan gas los factores que afectan la eficiencia del ciclo son: la densidad del gas utilizado además de los accesorios utilizados para convertir los motores de gasolina a gas debido a la obstrucción al flujo de aire, al igual que otros autores se dedujo que con la relación de compresión se aumenta la eficiencia del motor.

Los motores de encendido por chispa ampliamente empleados en el sector automotriz por tal motivo es importante conocer sus condiciones óptimas de funcionamiento. El presente trabajo analiza el efecto que el volumen del motor, la relación aire combustible y la razón de compresión tienen en la eficiencia térmica, el trabajo neto y el consumo específico de combustible de un motor de encendido por chispa que funciona bajo el ciclo Otto.

El modelo matemático desarrollado parte de la primera ley de la termodinámica y utiliza el método de calores específicos variables, a diferencia de los modelos que se analizan en la literatura donde el trabajo neto y la eficiencia térmica son analizadas empleando el método de calores específicos constantes. El presente trabajo presenta resultados más exactos debido a que el método de calores específicos variables considera el efecto de la temperatura en las propiedades termodinámicas en los distintos estados termodinámicos presentes en el sistema, a diferencia del método de calores específicos constantes que no considera el efecto de la temperatura en las propiedades termodinámicas. El modelo desarrollado es resuelto numéricamente mediante la ayuda del software Engineering Equation Solver (EES).

Método

El método utilizado para crear el modelo matemático consiste en utilizar el método de calores específicos variables, se utiliza este método para considerar la variación de las propiedades termodinámicas en función de la temperatura. Se considera que el fluido de trabajo es aire el cual es modelado utilizando la suposición de aire estándar, considerando el fluido de trabajo como un gas ideal.

El diagrama termodinámico $P-v$ de una máquina de encendido por chispa que funciona bajo el ciclo Otto se presenta en el Figura 1, mientras que el Figura 2 presenta el diagrama termodinámico $T-s$ para una máquina de encendido de chispa que funciona bajo el ciclo Otto.

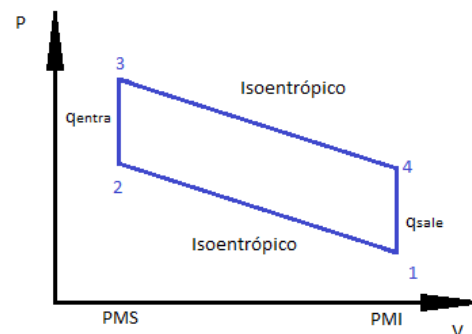


Figura 1 Diagrama termodinámico P-v

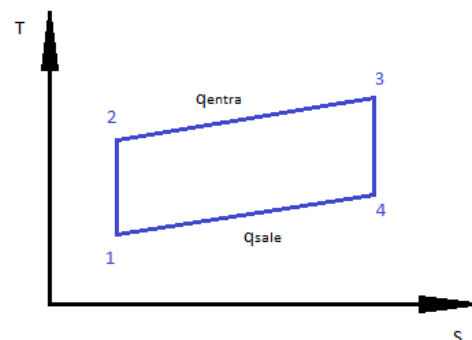


Figura 2 Diagrama termodinámico T-s

Se considera que el motor de encendido por chispa estudiado funciona bajo el ciclo Otto y que dicho motor es de cuatro tiempos.

Modelo Matemático

A continuación se describe el modelo matemático realizado para analizar el caso de estudio planteado. Dicho modelo se realiza partiendo de la primera ley de la termodinámica y utilizando el método de calores específicos variables.

El caso de estudio a analizar consiste en un motor de combustión interna que trabaja bajo el ciclo Otto, utilizando gasolina como combustible, se considera, que el motor es de cuatro tiempos, de cuatro pistones y de 1.6 a 5.0 litros. El aire entra a $P_1=101$ kPa y una temperatura $T_1 = 320$ K al comienzo del proceso de compresión. El motor usa gasolina con un poder calorífico 33,000 kJ/kg.

La relación de compresión (r) es definida por la Ecuación (1)

$$r = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

Los volúmenes específicos de los distintos estados termodinámicos del ciclo se relacionan por las Ecuaciones (2) y (3).

$$v_1 = v_4 \quad (2)$$

$$v_2 = v_3 \quad (3)$$

Las entropías específicas de los distintos estados termodinámicos del ciclo se relacionan por las Ecuaciones (4) y (5).

$$s_1 = s_2 \quad (4)$$

$$s_3 = s_4 \quad (5)$$

La eficiencia térmica (η_t) para un ciclo Otto de aire estándar se calcula por la Ecuación (6).

$$\eta_t = \frac{w_{neto}}{q_{2-3}} \quad (6)$$

Donde el trabajo neto (w_{neto}) es determinado por la Ecuación (7).

$$w_{neto} = q_{2-3} - q_{4-1} \quad (7)$$

El calor que entra al sistema es definido por el calor del proceso 2 a 3 (q_{2-3}), el cual se determina por la Ecuación (8) y el calor que sale del sistema es definido por el calor del proceso 4 a 1 (q_{4-1}), determinado por la Ecuación (9)

$$q_{2-3} = m_f q_c \quad (8)$$

$$q_{4-1} = m(u_4 - u_1) \quad (9)$$

La masa total de aire y combustible (m) se determina aplicando la Ecuación (10), el poder calorífico del combustible (q_c) es un dato de entrada al sistema el cual depende del combustible utilizado, la masa del combustible (m_f) es calculada por la Ecuación (11) y las energías internas específicas de los estados 1 y 4 (u_1 y u_4) son determinadas mediante tablas de propiedades termodinámicas.

$$P_1 = \frac{mR_a T_1}{V_{pmi}} \quad (10)$$

$$r_{ac} = \frac{m - m_f}{m_f} \quad (11)$$

El volumen en el punto muerto inferior (V_{pmi}) se determina por la Ecuación (12).

$$V_{pmi} = V_c + V_d \quad (12)$$

V_c es determinado por la Ecuación (13) y V_d es un dato de entrada del caso de estudio.

$$r = \frac{V_c + V_d}{V_c} \tag{13}$$

Finalmente la energía interna específica del estado 3 (u_3) es calculada por la Ecuación (14), mientras que la energía interna específica del estado 2 (u_2) se determina mediante la utilización de tablas termodinámicas.

$$q_{2-3} = m(u_3 - u_2) \tag{14}$$

Finalmente el consumo específico de combustible se determina por la Ecuación (15).

$$CEC = \frac{m_f}{w_{neto}} \cdot 1000 \cdot 3600 \tag{15}$$

Las Ecuaciones (1) a (15) determinan el modelo matemático del caso de estudio analizado.

Resultados

El modelo matemático desarrollado es modelado en el software Engineering Equation Solver (EES). Para resolver el modelo matemático se considera que las condiciones iniciales del sistema son: $P_1 = 101$ kPa, $T_1 = 320$ K, $q_c = 33,000$ kJ/kg y el volumen se varía de 1.6 L a 5 L.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran la variación del trabajo neto, la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible respectivamente, dichas Figuras son creadas manteniendo constante la razón de compresión en 12 y variando la relación aire combustible en un rango de 14 a 22.

La Figura 3 muestra que el volumen no incluye en la eficiencia térmica pero cuando la razón aire combustible aumenta la eficiencia térmica también se incrementa.

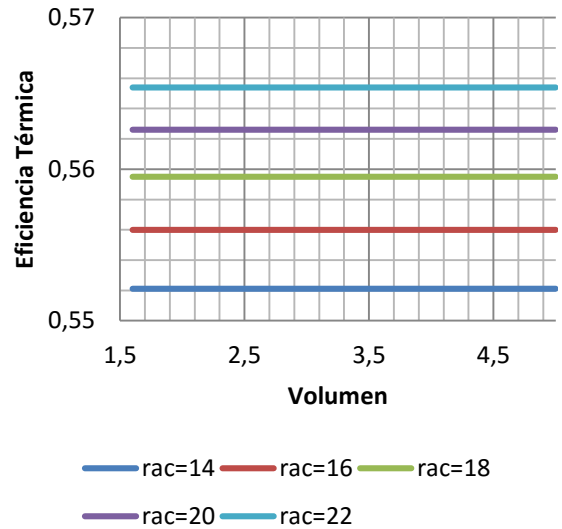


Figura 3 Eficiencia térmica en función del volumen para una razón de compresión de 12

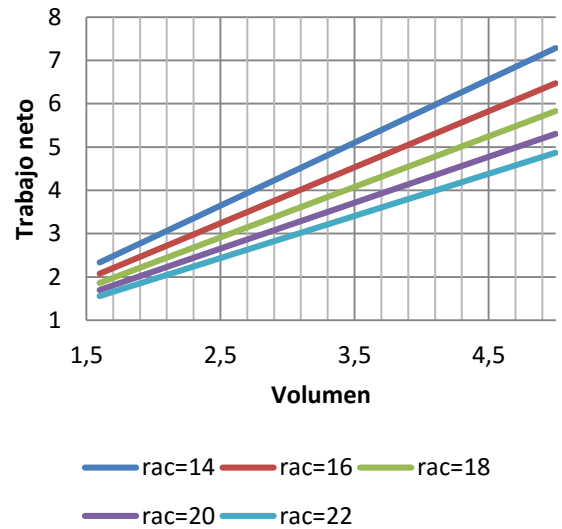


Figura 4 Trabajo neto en función del volumen para una razón de compresión de 12

La Figura 4 muestra que el trabajo neto aumenta conforme se incrementa el volumen y además se incrementa conforme la relación aire combustible disminuye.

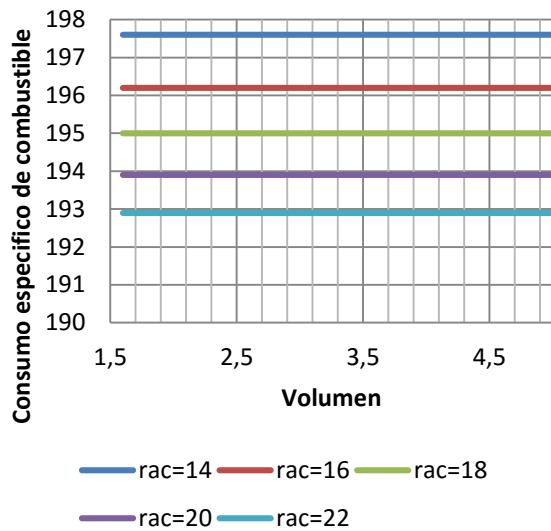


Figura 5 Consumo específico de combustible en función del volumen para una razón de compresión de 12

La Figura 5 muestra que el consumo específico de combustible no se ve afectado por el volumen pero se incrementa conforme disminuye la relación aire combustible

Las Figuras 6, 7 y 8 muestran la variación del trabajo neto, la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible del caso de estudio analizado, dichas Figuras son creadas manteniendo constante la relación aire combustible en 16 y variando la razón de compresión en un rango de 8 a 16.

La Figura 6 muestra que para cada una de las razones de compresión graficadas la eficiencia térmica no se ve afectada por el volumen, ya que se mantiene constante en todo el rango analizado, pero si se ve afectada por la razón de compresión y aumenta conforme aumenta la razón de compresión. La Figura 7 muestra que el trabajo neto si se ve afectado por el volumen y aumenta conforme el volumen aumenta, además que también se incrementa conforme la razón de compresión aumenta.

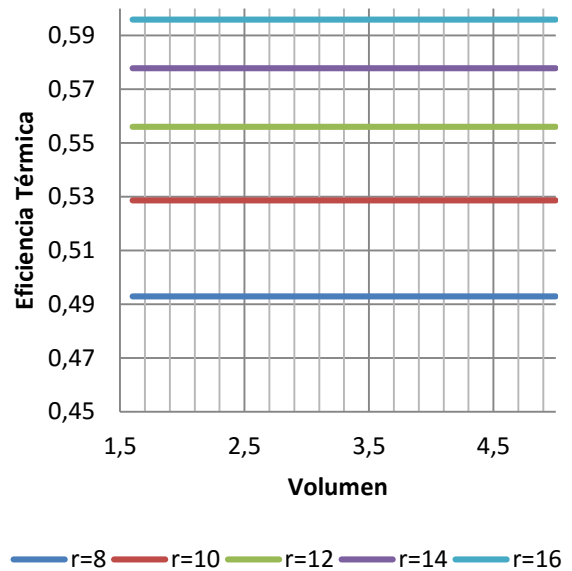


Figura 6 Eficiencia térmica en función del volumen para una razón aire combustible de 16

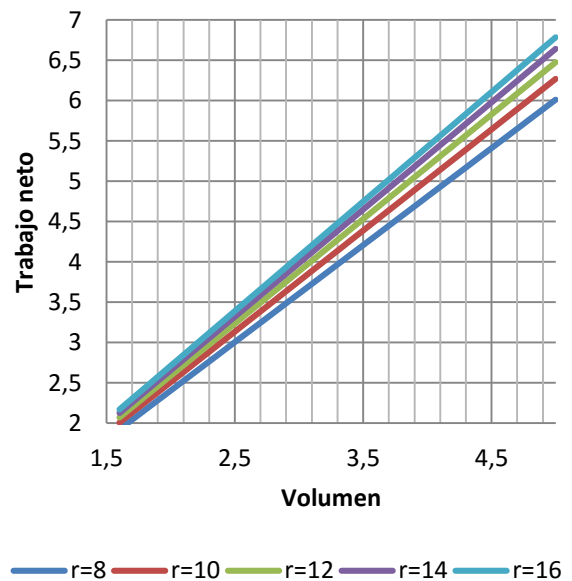


Figura 7 Trabajo neto en función del volumen para una razón aire combustible de 16

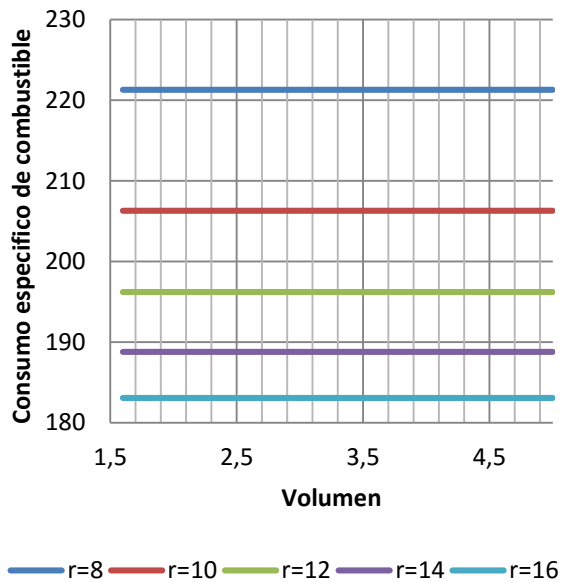


Figura 8 Consumo específico de combustible en función del volumen para una razón aire combustible de 16

La Figura 8 muestra que el consumo específico de combustible no se ve afectado por el incremento de volumen ya que este se mantiene constante para todo el rango de volumen analizado, pero se ve afectado por la razón de compresión debido a que entre más pequeña sea la razón de compresión el consumo específico de combustible se incrementa.

Conclusiones

El volumen de un motor que funciona bajo el ciclo Otto no afecta la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible del caso de estudio analizado. Sin embargo la eficiencia térmica aumenta conforme se incrementa la razón de compresión. De la misma forma el consumo específico de combustible se ve afectado por la razón de compresión, esto debido a que al incrementar la razón de compresión el consumo específico de combustible disminuye.

La eficiencia térmica aumenta conforme se incrementa la relación aire combustible, mientras que el consumo específico de combustible disminuye conforme aumenta la relación aire combustible.

La eficiencia térmica es más sensible a la variación de la razón de compresión que a la relación aire combustible, debido a que debido a que la eficiencia térmica sufre cambios más grandes conforme cambia la relación de compresión que si cambia la relación aire combustible.

El trabajo neto se ve afectado por la razón de compresión, por el volumen y por la relación aire combustible, al aumentar la razón de compresión el trabajo neto crece, al incrementar el volumen el trabajo neto aumenta y al aumentar la relación aire combustible el trabajo neto disminuye.

Referencias

Carranza Y. y Romero C., (2009), Estudio teórico comparativo de características termodinámicas del desempeño de un motor de combustión operando con gasolina y con gas natural, *Scientia et Technica*, Universidad Tecnológica de Pereira, 15(41), 99-104.

Espinoza H. y Lara Y., (2009), Estudio comparativo del desgaste en un motor de encendido por chispa usando gasolina y gas natural como combustible, *Científica*, ESIME-IPN, 13(1), 3-8.

González E. y Hernández R. (n.d.), Dos problemas de termodinámica clásica, XI Coloquio Annual de Termodinámica, recuperado el 09 de Julio de 2014, de: http://www.math.umb.edu/~eduardo/Papers_files/termo.pdf

González R., Rodríguez Y., García Y. y Fernández L. (2010), Consumo de combustible de los motores de combustión interna, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Universidad Agraria de La Habana, 19(1), 1-6.

Malaver M., (2008), Análisis de las temperaturas, la eficiencia térmica y el trabajo neto en un ciclo dual, *Educación Química*, Universidad Nacional Autónoma de México, 19(2), 1-10.

Melo E., Sánchez Y., Ferrer Na. y Ferrer No., (2012), Evaluación de un motor de encendido por chispa trabajando con mezclas etanol-gasolina, *Ingeniería Energética*, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cujae, 33(2), 94 –102.

Patiño, G. (2003), Estudio de los factores que inciden en el desempeño de motores de encendido provocado (MEP) convertidos a gas natural, pp.3-116.

Romero L. (2012) Descripción, funcionamiento y mantenimiento del motor inyectado 2.0 VW, Tesis de Ingeniería Mecánico Electricista, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Silgado K. y Ojeda K. (2012). Análisis termodinámico de ciclos de potencia, *INGENIATOR*, Revista virtual de los programas de ingeniería, Vol.3, No.4, pp.100-109.

Silgado K. y Ojeda K. (2012), Análisis termodinámico de ciclos de potencia, *Ingeniator*, Universidad de San Buenaventura, 2(4), 100-109.

Urrecheaga, K. y Malaver, M., (2003), Análisis de las temperaturas y de la eficiencia térmica en el ciclo de Otto, *Educ. quím.*, 14(3) 138-141, 2003.

Zhao Y., Lin B. y Chen J., (2007), Optimum Criteria on the Important Parameters of an Irreversible Otto Heat Engine With the Temperature-Dependent Heat Capacities of the Working Fluid, *Journal of Energy Resources Technology*, Vol. 129, pp. 349-354.

Método computacional para calcular la resistencia del sistema de tierra para subestaciones al aire libre

TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto*†, GUARDADO-ZAVALA, José Leonardo'', TAPIA-TINOCO, Guillermo' y JURADO-PÉREZ, Fernando''

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Gto.

'Instituto Tecnológico de Morelia. Av. Tecnológico 1500, Col. Lomas de Santiaguito, C.P. 58297, Morelia, Mich.

Recibido 8 de Julio, 2015; Aceptado 10 de Septiembre, 2015

Resumen

En el presente artículo se describe la forma para calcular la resistencia de tierra (R_g) para subestaciones eléctricas al aire libre utilizando el método computacional matricial e integral (MAT-INT). El método MAT-INT utiliza la ecuación de Laplace para obtener los Factores de Distribución de Voltaje (FDV) en un punto. Donde cada electrodo de la malla de puesta a tierra se divide en pequeñas secciones de segmentos con la suposición de que una corriente eléctrica total fluye de la superficie de un segmento y fluye hacia el interior del suelo. La resistencia del sistema de puesta a tierra se opone a la corriente que fluye a disiparse al interior del suelo. En este sentido, es importante analizar como varía el valor de R_g cuando se modifican algunos parámetros de diseños de la red de tierra.

En este trabajo se propone realizar un estudio de sensibilidad de parámetros. El método computacional es utilizado para calcular la resistencia de tierra para mallas cuadrículadas de diferentes dimensiones. Los resultados son comparados con valores de R_g obtenidos utilizando diferentes métodos presentados en literatura.

Resistencia total del sistema (R_g), sistema de tierra, Métodos computacionales, sensibilidad de parámetros

Abstract

This article describes how to calculate the resistance of grounding systems (R_g) for electrical substations outdoors using matrix and comprehensive computational method (MAT-INT). The MAT-INT method uses the Laplace equation for the Voltage Distribution Factors (VDF) at one point. Each electrode of the ground network is divided into different small sections of segments, with the assumption that a total electrical current emanating from the surface of a segment and flows into the soil. Resistance grounding system opposes to the current that is dissipated into the soil. It is important to analyze how varies the value of R_g when some design parameters of the ground network are changed.

In this paper a study parameter sensitivity is presented. The computational method is used to calculate the resistance of soil to squared grids of different sizes. The results are compared with R_g values obtained using different methods presented in literature.

Total system resistance (R_g), ground system, Computational methods, parameter sensitivity

Citación: TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto, GUARDADO-ZAVALA, José Leonardo, TAPIA-TINOCO, Guillermo y JURADO-PÉREZ, Fernando. Método computacional para calcular la resistencia del sistema de tierra para subestaciones al aire libre. Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico 2015, 2-4: 295-306

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jacinto.torres@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La creciente demanda de energía eléctrica ha originado la expansión y crecimiento de la red eléctrica. Este constante crecimiento del sistema eléctrico ha originado la necesidad de planificar y construir nuevas subestaciones eléctricas para niveles de voltaje de transmisión, sub-transmisión y distribución, con la finalidad de mantener la calidad de los parámetros eléctricos.

Sin embargo, es conveniente que el diseño básico de la red de tierra se optimice, a fin, de minimizar los costos de construcción y mejorar su eficiencia, seguridad y confiabilidad.

Cabe mencionar que en las últimas décadas diversos autores han realizado y presentado estudios que tratan de solucionar el problema de optimizar el diseño de los sistemas de tierra utilizando diversas técnicas de optimización. De las técnicas más significativas se pueden mencionar: computación evolutiva (Otero et al., 2002), estrategia evolutiva (Elrefaie, et al., 2012), algoritmos genéticos, (Yi-min, et al., 2009; He, et al., 2007; y Covitti, et al., 2005), algoritmo evolutivo (Ghoneim, et al., 2007 y Neri, et al., 2005) programación lineal entera mixta (Khodr, et al., 2006 y Khodr, et al., 2009) y elemento de contorno (Colominas, et al., 1999). Sin embargo, los trabajos de investigación presentados están orientados a optimizar la red de puesta a tierra utilizando un criterio mono-objetivo, donde la función objetivo es minimizar los costos de construcción con la restricción de cumplir con los límites de seguridad.

Por otra parte cuando se plantea diseñar, proyectar y construir una subestación eléctrica, uno de los tópicos más relevantes que se deben satisfacer son estándares de seguridad (IEEE Std. 80-2000).

En este sentido el diseño de los sistemas de puesta a tierra constituye uno de los elementos de seguridad más significativos de las subestaciones, ya que su función principal es drenar al interior del suelo las corrientes excesivas que se originan al ocurrir alguna perturbación en los parámetros de la red eléctrica en condiciones normales de operación y/o de falla. Esta función primordial de los sistemas de puesta a tierra permite salvaguardar a las personas que se encuentran dentro y alrededor de la subestación de posibles descargas eléctricas, evitando que las altas corrientes pongan en peligro su integridad física. Asimismo, ayudan a proteger a los dispositivos y equipos de las descargas eléctricas evitando que se dañen e interrumpa la continuidad del servicio eléctrico.

En general el criterio de seguridad consiste en calcular los valores de voltaje de contacto y de paso a frecuencias de 50 y 60 Hz, que una persona puede soportar sin sufrir desfibrilación ventricular al estar en contacto con superficies que presenten alto diferencial de potencial. Para determinar las magnitudes de los voltajes de paso y de contacto se utilizan principalmente las variables físicas y de diseño de la malla de tierra como son: la dimensión de la malla, el número total de electrodos, la profundidad a la que se ubicará la red de tierra, el radio de los electrodos, la resistencia total de la rejilla de tierra, así como, la resistividad del suelo.

Uno de los parámetros eléctricos más significativos que impactan en la seguridad del diseño de la red de tierra, es la resistencia total de la malla y se puede definir como la oposición que presenta a la corriente eléctrica que fluye a disiparse al interior del suelo. El valor de R_g dependerá principalmente de las características físicas del conductor que compone la red de tierra como son: el diámetro, el material y la longitud total del conductor.

Un valor bajo de R_g permitirá reducir el gradiente de potencial en la rejilla de puesta a tierra.

Para calcular el valor de R_g se han propuesto en literatura diferentes modelos empíricos y computacionales (Sarker et al., 2002 y Zitzler et al., 2001). Los resultados publicados muestran que los métodos computacionales son más exactos que los métodos empíricos.

Además cada vez que se propone un diseño de sistema de tierra es conveniente que se realice un estudio de sensibilidad de parámetros, que consista en variar los parámetros de diseño más significativos como son la separación de los electrodos, diámetro del conductor y el área de la malla de tierra, con la finalidad de evaluar como impactan al valor de R_g . En este sentido en el presente artículo se presenta un estudio de sensibilidad en un sistema de puesta a tierra de prueba utilizando el método MAT-INT.

Resumen de la Guía de la IEEE stand. 80 2000 para la seguridad de sistemas de puesta a tierra de subestaciones de corriente alterna.

La guía IEEE Stand 80-2000 proporciona un conjunto de recomendaciones para diseñar de forma segura sistemas de tierras en subestaciones de corriente alterna. Los objetivos principales de la guía son: 1) Establecer los límites de seguridad de los voltajes que una persona puede estar expuesta en condiciones de falla, 2) Desarrollar un criterio para un diseño seguro, 3) Proporcionar un procedimiento práctico para el diseño de sistemas de puesta a tierra, 4) Desarrollar métodos analíticos como apoyo para comprender y solucionar problemas de gradientes.

En resumen el objetivo de la IEEE Stand 80-2000 es proporcionar procedimientos y técnicas para evaluar sistemas de tierra en términos de criterios de seguridad (IEEE Std. 80-2000).

Criterio de seguridad en sistemas de tierra

En general la función principal de un sistema de tierra es drenar las corrientes excesivas a tierra y evitar que las personas que se encuentran dentro y alrededor de la subestación sufran sobrecargas que ponga en peligro su vida. No obstante, un diseño seguro de sistema de tierra debe cumplir los dos objetivos siguientes:

1) Proporcionar un medio adecuado para drenar las corrientes eléctricas a tierra, en condiciones normales como de falla, para evitar que se excedan los límites de operación de los equipos que puedan afectar de forma negativa a la continuidad del servicio eléctrico. Cabe mencionar, que durante condiciones de falla el flujo de corriente que fluye al interior del suelo producirá gradientes de potencial dentro y alrededor de una subestación de magnitudes considerables.

2) Asegurar que una persona en las proximidades de las instalaciones de puesta a tierra no esté expuesto de sufrir una descarga eléctrica crítica que ponga en peligro su vida. Los efectos de una corriente eléctrica que pasa a través de las partes vitales de un cuerpo humano dependen especialmente de la duración, la magnitud y frecuencia de dichas corrientes. La consecuencia más peligrosa de tal exposición es una condición cardiaca conocida como fibrilación ventricular, que resulta en el paro inmediato de la circulación sanguínea.

Generalmente los accidentes por descargas eléctricas se originan por las causas siguientes:

1) Corrientes de falla a tierra excesivamente alta con relación al área del sistema de puesta a tierra.

2) Que la resistividad y la distribución de las corrientes a tierras permitan producir altos gradientes de potencial en puntos de la superficie del suelo.

3) Que el cuerpo de un individuo cierre dos puntos con alto diferencial de potencial.

4) Ausencia de la resistencia de contacto suficiente u otra resistencia en serie que pueda limitar la corriente a través del cuerpo a un valor seguro y

5) Duración de la falla y el contacto con el cuerpo, que permita que el flujo de corriente a través de un cuerpo humano durante un tiempo suficiente pueda causar daño debido a la intensidad de corriente (IEEE Std. 80-2000).

Límite de corriente eléctrica que puede tolerar el cuerpo humano:

De acuerdo a la referencia (IEEE Std. 80-2000) la magnitud y duración de la corriente que puede circular a través de un cuerpo humano a 50Hz o 60Hz debe ser menor que el valor de corriente necesaria para que pueda causar al corazón fibrilación ventricular. El límite del voltaje de contacto y paso permisible por el cuerpo humano para personas de 50 y 70 kg se presentan en las ecuaciones (1) - (5):

$$E_{paso50} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (1)$$

$$E_{paso70} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (2)$$

$$E_{contacto50} = (1000 + 1.5C_s\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (3)$$

$$E_{contacto70} = (1000 + 1.5C_s\rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09(1-\frac{\rho}{\rho_s})}{2h_s+0.09} \quad (5)$$

Dónde

C_s Factor de reducción de la capa de la superficie

ρ_s Resistividad del material de la superficie ($\Omega.m$)

ρ Resistividad del material de bajo de la superficie ($\Omega.m$)

h_s Espesor del material superficial en (m)

t_s Tiempo de duración de la descarga eléctrica (s)

Evaluación de la resistencia del sistema de tierra (R_g)

La resistencia que presenta el mallado de la red de tierra (R_g) es uno de los parámetros determinante en el diseño de los sistemas de tierra, debido a que su magnitud es un factor determinante para poder establecer la dimensión del área y la disposición de la misma. Por otra parte, R_g se puede definir como la oposición que presenta la rejilla de tierra al paso de la corriente para poder dispersarse al interior del suelo. En este sentido la filosofía del diseño de redes de tierra está orientada a reducir los valores de R_g con la finalidad de mantener la magnitud de los voltajes de paso, de contacto y superficiales a niveles aceptables de seguridad. Un diseño de sistema de tierra adecuado debe proveer un valor apropiado de R_g en orden de minimizar el incremento de potencial de tierra GPR por sus siglas en inglés (Ground Potential Rise).

Por ejemplo, para subestaciones de transmisión y otras subestaciones grandes dimensiones la resistencia de tierra está alrededor de 1 Ohm o menos.

Sin embargo, para subestaciones pequeñas (subestaciones de distribución) la resistencia de tierra está en el orden de 1 a 5 Ohms dependiendo de las condiciones locales. Debido a la importancia de R_g en el diseño de subestaciones de C.A. en literatura se han propuestos diferentes métodos empíricos y computacionales para calcular su magnitud. A continuación presentan los trabajos más representativos para calcular la resistencia total del sistema de tierra (R_g).

Método de Laurent y Sverak

Sverak, (1984) propone la ecuación (6) formulación para calcular la resistencia total del sistema de tierra:

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{\rho}{L_T} \tag{6}$$

Dónde:

ρ .- resistividad del suelo ($\Omega \cdot m$)

A .- Área que abarca la malla de tierra (m^2)

L_T .- Longitud total de los conductores de la malla (m)

Severak modificó la expresión propuesta por Lauren para incluir la profundidad de la malla de tierra:

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left[1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right] \right] \tag{7}$$

Donde:

h .- profundidad de la malla de tierra (m)

Método de Schwarz

Schwarz (1954) propone una formulación para determinar la resistencia de tierra considerando suelos homogéneos y la inclusión de varillas verticales.

$$R_g = \frac{(R_1)(R_2) - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \tag{8}$$

Dónde:

R_1 .- Valor de la resistencia a tierra de los conductores de la rejilla (Ω)

R_2 .- Valor de la resistencia a tierra de las varillas de la rejilla (Ω)

R_m .- Valor mutuo de la resistencia a tierra entre el grupo de los conductores de la malla y de las varillas de tierra. (Ω)

Resistencia de la rejilla:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{a'} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \tag{9}$$

Donde.

L_c .- Valor de la longitud total de todos los conductores de la malla de tierra (m)

a' .- es $\sqrt{a \cdot 2h}$ para todos los conductores que se entierran a una profundidad de h metros.

$a' = a$ para un conductor en la superficie terrestre (m)

$2a$.- Diámetro del conductor (m)

K_1 y K_2 .- Coeficientes.

Resistencia de las varillas:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi(n_R)(L_r)} \left[\ln \left(\frac{4L_r}{b} \right) - 1 + \frac{(2K_1)(L_r)}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \tag{10}$$

Dónde:

L_r .- valor de la longitud de cada varilla (m)

2_b .- diámetro de la varilla (m)

n_R .- número de varillas que se colocan en el área A .

Resistencia mutua entre la rejilla y las varillas:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi(L_c)} \left[\ln\left(\frac{2L_c}{L_r}\right) + \frac{(K_1)(L_c)}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \quad (11)$$

Métodos computacionales

Se ha demostrado que los métodos computacionales tienen la ventaja de calcular la magnitud de R_g de una forma más exacta que los métodos empíricos. En este trabajo se utilizará el método matricial combinado con el método de integración (MA-INT) para determinar R_g por las razones siguientes: 1) permite obtener valores aceptables de R_g para mallas cuadradas y rectangulares con electrodos paralelos espaciados a distancias uniformes y no uniformes, 2) Se pueden incluir varillas de tierra en el eje z y 3) El método es más exacto que los métodos (Sakis-Meliopoulos, 1988).

El método computacional MA-INT parte de la ecuación de Laplace, a fin, de obtener los Factores de Distribución de Voltaje (VDF) en un punto. Los elementos de la matriz VDF se denominan factores de distribución de voltaje debido a que proporcionan el voltaje en un punto originado por el flujo de una fuente de corriente específica y tienen dimensiones de resistencia (Ohms). En literatura la matriz VDF se le conoce frecuentemente como resistencia de transferencia, resistencias mutuas y propias, sin embargo, su significado físico no tiene relación alguna con el concepto de resistencia.

Para determinar el VDF el método MA-INT divide los electrodos de tierra en n segmentos pequeños y considera que una corriente eléctrica total I_i que emana de la superficie de un segmento fluye hacia el interior del suelo como se presenta en la Figura 1. Además, se asume que la distribución de corriente a lo largo del segmento es uniforme. Dependiendo de la dirección de los segmentos, se puede calcular la matriz VDF para los escenarios siguientes: 1) la tensión en un punto en el suelo, ocasionado por el flujo de una corriente eléctrica del conductor 1, 2) Calcular la tensión transferida al segmento de conductor 2 debido al flujo de corriente eléctrica del conductor 1 y 3) Calcular la tensión del segmento del conductor 1 ocasionado por el flujo de su propia corriente eléctrica (Sakis-Meliopoulos, 1988).

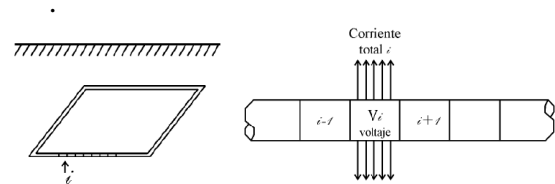


Figura 1 Sistema de tierra dividida en electrodos pequeños

Construcción de las Matrices de Factor de Distribución de Voltaje (FDV)

La construcción de la matriz de FDV ocupa un lugar importante en la metodología propuesta. Para ilustrar la manera en que se obtuvo esta matriz considérese la Figura 2, la cual consiste de una malla con un cuadro (1x1), cuyas dimensiones son de 10 m. de ancho por 10 m. de largo, la cual se encuentra enterrada a una profundidad de 0.5 m de la superficie de la tierra.

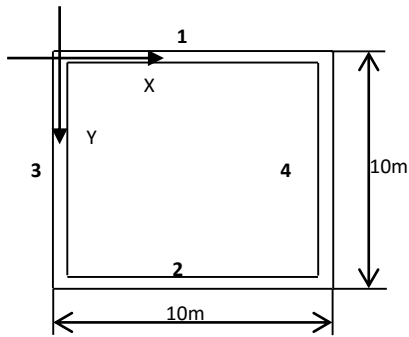


Figura 2 Malla de tierra de un cuadro (1x1)

Para facilitar los cálculos, el origen se situará en una de las esquinas de la red. Asimismo, cada segmento será considerado como una línea de transmisión individual. Bajo estas observaciones se tendría un sistema orientado en “x” y “y” como se muestra en la Figura 3.

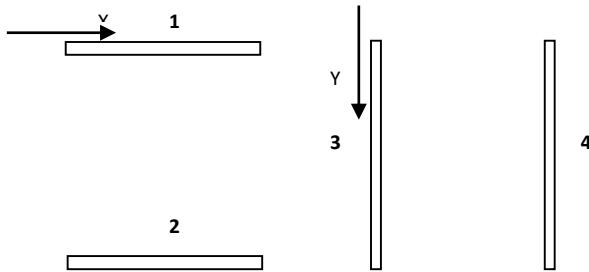


Figura 3 Sistema de tierra malla 1x1

Determinando las coordenadas del centro de cada segmento de acuerdo a la Figura 2, se obtienen los datos presentados en la Tabla 1. Con este tipo de arreglo es posible determinar el FDV únicamente para los segmentos 1,2 y 3,4 en la dirección “x” y “y”, respectivamente.

Coordenadas al centro de los segmentos del conductor					
Segmento	x	y	z	Longitud de los segmentos del conductor (m)	Diámetro (m)
1	5	0	-0.5	10.0	0.007
2	5	10	-0.5	10.0	0.007
3	0	5	-0.5	10.0	0.007
4	10	5	-0.5	10.0	0.007

Nota: Los electrodos están orientados en la dirección de “x” y “y”.

Tabla 1 Parámetros de los segmentos del sistema de tierra de la Figura 5.2

Utilizando las fórmulas de la referencia de (Sakis-Meliopoulos, 1988) se tiene:

$$FDV_{direccion_x} = \begin{vmatrix} 149.1289 & 14.8374 \\ 14.8374 & 149.1289 \end{vmatrix} \quad (12)$$

$$FDV_{direccion_y} = \begin{vmatrix} 149.1289 & 11.3934 \\ 11.3934 & 149.1289 \end{vmatrix} \quad (13)$$

Las matrices (12) y (13) corresponden al FDV de los segmentos 1,2 y 3,4 respectivamente. Para la construcción de la matriz FDV del sistema de tierras completo, se colocarán las submatrices individuales de FDV en la diagonal principal como se presenta en la ecuación (14). Con este tipo de arreglo no se consideran acoplamientos entre segmentos orientados en un ángulo de 90°.

$$FDV_{direccion_x_y} = \begin{vmatrix} FDV_{direccion_x} & 0 \\ 0 & FDV_{direccion_y} \end{vmatrix} \quad (14)$$

$$FDV_{direccion_y_x} = \begin{vmatrix} 149.1289 & 14.8374 & 0 & 0 \\ 14.8374 & 149.1289 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 149.1289 & 11.3934 \\ 0 & 0 & 11.3934 & 149.1289 \end{vmatrix} \quad (15)$$

Cálculo de la Matriz de Conductancia (G)

Una vez que se obtienen las matrices de FDV, es posible calcular el parámetro de la conductancia de la red de tierra. Si recordamos que $G=[FDV]^{-1}$ al invertir (12), (13) se tiene:

$$G_{-x} = \begin{vmatrix} 0.0068 & -0.0007 \\ -0.0007 & 0.0068 \end{vmatrix} \quad (16)$$

$$G_{-y} = \begin{vmatrix} 0.0067 & -0.0005 \\ -0.0005 & 0.0067 \end{vmatrix} \quad (17)$$

Donde las matrices de conductancia (16), (17) corresponden a los conductores 1,2 y 3,4 respectivamente sin considerar los acoplamientos a 90°. Para la construcción de conductancia total del sistema, existen dos maneras de obtenerla:

a) Tomar las matrices de conductancias en sus respectivas direcciones y situarlas en la diagonal principal como se observa en la ecuación (18):

$$G_{-x-y} = \begin{bmatrix} G_{-x} & 0 \\ 0 & G_{-y} \end{bmatrix} \quad (18)$$

b) Directamente, es posible invertir la ecuación (15) para obtener la conductancia de todo el sistema.

$$G_{-x-y} = \begin{vmatrix} 0.0068 & -0.0007 & 0 & 0 \\ -0.0007 & 0.0068 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0067 & -0.0005 \\ 0 & 0 & -0.0005 & 0.0067 \end{vmatrix} \quad (19)$$

De la matriz de conductancia del sistema, la resistencia, la inductancia y la capacitancia se obtienen utilizando las ecuaciones presentadas en la referencia de (Meliopoulos, y Moharam, 1983).

Comparación de resultados

En esta sección se propone comparar el método MA-INT con otros métodos presentados en literatura para calcular Rg, con la finalidad de demostrar que el método MA-INT es una herramienta idónea que se puede utilizar para optimizar el diseño de redes de tierra. El estudio comparativo consiste en calcular la magnitud de Rg para rejillas de tierra de topologías y dimensiones diferentes.

El sistema de prueba está compuesto por una malla cuadrada con un número total de cuadrículas (N=4), cada cuadrícula tiene una dimensión de (PC=10mX10m) y el área total de la malla es de (PM=20mX20m), la estructura se encuentra enterrada a 0.5m de las superficie de la tierra en un suelo homogéneo de resistividad de 100 Ω.m, el diámetro de los electrodos es de 10 mm, se considera no conectar varillas en el eje z, ver Figura 4. La dimensión del sistema de tierra queda completamente representada por la nomenclatura siguiente:

4-20X20-10X10.

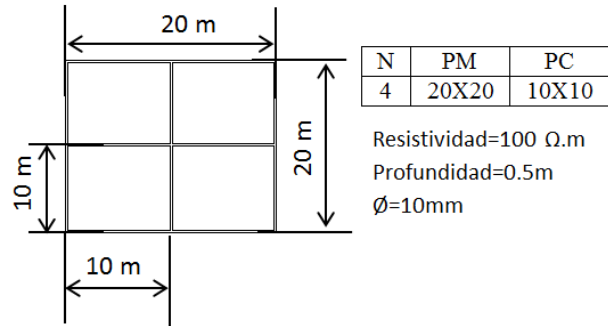


Figura 4 Sistema de prueba: 4-20X20-10X10

En la Tabla 2 se presentan los valores de Rg calculados con diferentes métodos para diversos sistemas de prueba. Se puede observar que para el sistema 4-20X20-10X10, el valor de Rg calculado con el método MA-INT es de 2.68 Ω mientras que el valor máximo y mínimo obtenidos con los métodos de Güemes y Schwarz es de 2.74 Ω y 2.56 Ω respectivamente. Es evidente que el valor de Rg determinado con el método MA-INT está por abajo del valor máximo en un 3.25 % y por arriba del valor mínimo en un 4.33 %. En la Figura 4 es posible apreciar de forma gráfica los valores de Rg calculados utilizando los diferentes métodos. Además, se puede observar que el método MA-INT es idóneo para calcular Rg con buenos resultados.

Dimensión de la Malla N-PM-PC	Métodos para calcular la resistencia de la malla (Rg)					
	Güemes, (2004)	Thapar (1991)	Sverak (1984)	Schwarz (1954)	Thapar (1991)	Matricial-Integral
4-20X20-10X10	2.74	2.77	2.96	2.56	2.63	2.68
16-20X20-5X5	2.58	2.46	2.62	2.49	2.37	2.39
9-24X24-8X8	2.26	2.16	2.31	2.12	2.06	2.12
4-40X40-20X20	1.42	1.41	1.51	1.35	1.41	1.44
16-40X40-10X10	1.27	1.25	1.34	1.29	1.25	1.26
64-40X40-5X5	1.16	1.15	1.23	1.22	1.15	1.16

Resistividad de 100Ω.m, diámetro del conductor 10mm, Profundidad 0.5m, N.- Numero de cuadrículas, PM.- Perímetro de la malla (m), PC.- Dimensión de la cuadrícula (m).

Tabla 2 Métodos para calcular la resistencia de la malla

Por otra parte, es evidente observar que para rejillas con áreas iguales pero con diferentes números de electrodos cómo se muestra en los sistemas de tierra de los incisos A) y B) de la Figura 5, el valor de Rg varía.

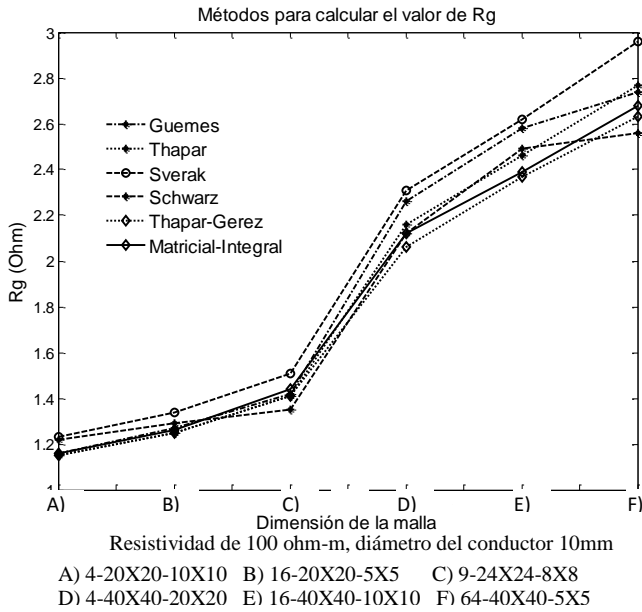


Figura 5 Métodos para calcular la Resistencia de Malla para redes de diferentes dimensiones

Estudio de sensibilidad de parámetros

El estudio consiste en utilizar los datos del sistema de prueba presentado en la Figura 4, pero con la posibilidad de poder incrementar: 1) el número de electrodos, 2) el diámetro del conductor y 3) el área de la malla de tierra con las siguientes restricciones: 1) los electrodos paralelos en la dirección “x”, y “y” estarán espaciados de forma uniforme. 2) La malla debe ser simétrica, es decir el número total de electrodos que se coloquen en el eje x deben ser igual al número de electrodos en el eje y 3) No se considera conectar varillas de tierra en el eje Z.

Separación de electrodos

En orden de evaluar cómo influye al valor de Rg el número de electrodos en la rejilla de tierra y por consiguiente la distancia de separación que existe entre ellos, se propone incrementar el número de electrodos con las siguientes restricciones:

1) El número mínimo de electrodos que se pueden instalar en la dirección “x”, “y” es de 2 electrodos, 2) el número máximo de electrodos que se pueden instalar en la dirección “x”, “y” es de 300 electrodos, 3) La dimensión del área de la rejilla será constante de 400 m². El resultado de este estudio se presenta en la Figura 6. Se puede observar que conforme se incrementa el número de electrodos en la red de tierra el valor de Rg presenta un comportamiento exponencial; no obstante después de incrementar un número determinado de electrodos la diferencia del valor de Rg es insignificante. A manera de ejemplo, cuando se instalan 86 electrodos por cada lado, el sistema queda totalmente representado por la siguiente nomenclatura: 7225-20X20-0.24X0.24. La magnitud de Rg para este sistema es de 2.131 Ω, cuando se instalan 300 electrodos por lado el valor de Rg que se obtiene es de 2.121 Ω decreciendo únicamente en un 0.046%, pero el número electrodos que se adicionaron es aproximadamente de 348.83%. Estos resultados demuestran que minimizar el valor de Rg es válido pero no es suficiente para resolver por completo el problema de optimizar el diseño del sistema de tierra.

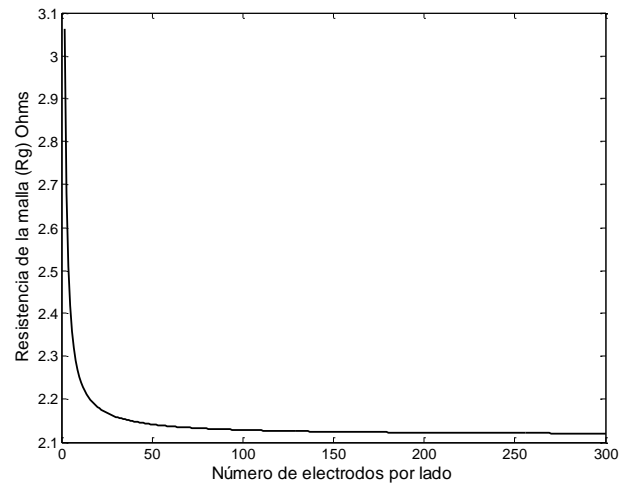


Figura 6 Resistencia de Malla (Rg) para diferentes topologías de redes de tierra

Incremento del diámetro del conductor

Ahora el estudio de sensibilidad que se propone es incrementar el diámetro del conductor satisfaciendo las siguientes restricciones: 1) El diámetro mínimo del electrodo será de 8 mm que corresponde al calibre de 1/0, 2) El diámetro máximo del electrodo será de 24 mm, 3) La dimensión del área de la rejilla será constante de 400 m² y 4) El número de cuadrículas en la dirección “x”, “y” será constante de 50. Los resultados se presentan en la Figura 7. Es evidente observar que conforme se incrementa el diámetro del conductor de la malla, disminuye el valor de Rg.

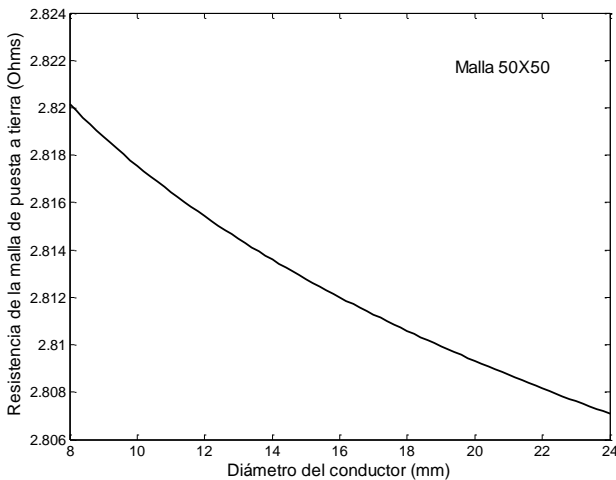


Figura 7 Rg para malla de 50X50 utilizando conductores de diferentes diámetros.

Los resultados muestran que cuando el diámetro del conductor es de 8mm el valor de la resistencia de la malla es de 2.82Ω, mientras que para un conductor con diámetro de 24mm el valor de Rg es de 2.807Ω, decreciendo aproximadamente en 0.5% con relación al conductor de menor diámetro. Es importante mencionar que en el diseño de redes de puesta a tierra elegir un conductor con diámetro grande implicaría incrementar los costos de construcción.

Incremento del área de la malla de puesta a tierra

En este caso se incrementará el área del sistema de tierra satisfaciendo las siguientes consideraciones: 1) El área mínimo de la malla de puesta a tierra será de 400 m², 2) El área máxima de la malla de puesta a tierra será de 10000 m², 3) El número de electrodos en la dirección “x”, “y” será constante de 51 electrodos, 4) el diámetro del conductor será de 10mm. En la Figura 8 se puede observar que el valor de Rg para mallas de 50X50 cuadrículas con área de 20 y 100 m² es de 2.809 y 0.58 Ω respectivamente, decreciendo en un 79% aproximadamente. Es importante observar que la Rg decrece exponencialmente conforme se incrementa el área del sistema de tierra.

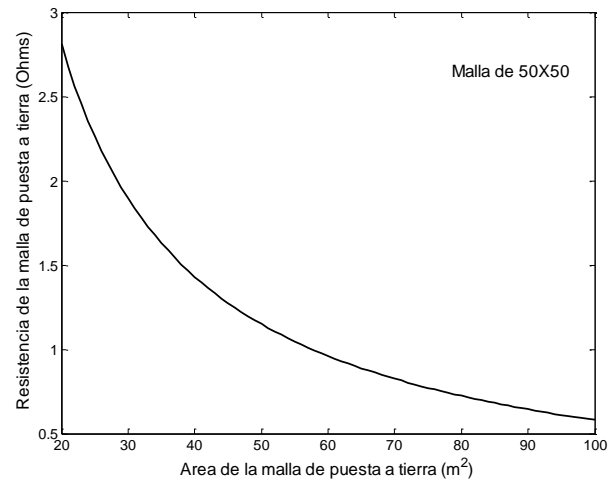


Figura 8 Rg utilizando diferentes areas para una Malla de 50X50

Conclusiones

En este trabajo se presenta un método computacional especializado para calcular el valor de la resistencia remota de tierra. Los valores de Rg fueron comparados con resultados publicados por otros autores utilizando diferentes métodos.

En este sentido es conveniente utilizar métodos adecuados para calcular el valor de R_g , porque es uno de los parámetros eléctricos más relevantes en el diseño de sistemas de tierra para subestaciones al aire, porque está estrechamente ligado al criterio de seguridad, ya que la resistencia de tierra se opone al paso de la corriente que fluye a disiparse al interior del suelo. Valores bajo de R_g permite reducir el gradiente de potencial en la rejilla de tierra.

Por otra parte realizó un estudio de sensibilidad de parámetros de diseño de redes de tierra para evaluar cómo impacta en el valor de R_g . Los parámetros que se analizaron fueron: el diámetro y la separación de los conductores de la rejilla de puesta a tierra, así como, el área de la superficie que cubre la malla de tierra. Los resultados muestran que es importante elegir apropiadamente cada uno de los parámetros de diseño porque permiten reducir el valor de R_g , pero por otra parte se debe tener cuidado de no incrementar el costo de construcción.

Reconocimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México-DGEST, al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apreciable apoyo financiero en la realización de este proyecto de investigación.

Referencias

Colominas, I., Navarrina, F., & Casteleiro, M. (1999). A boundary element formulation for the substation grounding design, 30(9-11), 693-700
Covitti, A., Delvecchio, G., Fusco, A., Lerario, F., & Neri, F. (2005). Two Cascade Genetic Algorithms to Optimize Unequally Spaced Grounding Grids with Rods, *IEEE EUROCON*, Serbia and Monte negro, 22-24.

Elrefaie, E.M., Ghoneim, S., Kamal, M., & Ghaly, R. (2012) Evolutionary Strategy Technique to Optimize the Grounding Grids Design, Power and Energy Society General Meeting, 1-6

Güemes, J.A. & Hernando, F.E. (2004). Method for Calculating the Ground Resistance of Grounding Grids Using FEM, *IEEE Transactions On Power Delivery*, 9(2). 595-600.

Ghoneim, S., Hirsch, H., Elmorshedy A., & Amer, R. (2007). Optimum grounding grid design by using an evolutionary algorithm, *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 1-7.

He, Z., Wen, X., & Wang, J. (2007) Optimization Design of Substation Grounding Grid Based on Genetic Algorithm”, *IEEE Third International Conference on Natural Computation*, (ICNC 2007), 140-144.

IEEE Std. 80-2000, (2000). IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, *IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.*, New York.

Khodr, H. M., Salloum, G. A., & Miranda, V. (2006). Grounding System Design in Electrical Substation: An Optimization Approach, *IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America*, 1-5.

Khodr, H. M., Salloum, G. A., Saraiva, J. T., & Matos, M. A. (2009). Design of grounding systems in substations using a mixed-integer linear programming formulation, 79(1), 126-133

Meliopoulos, A.P., & Moharam. M.G (1983). Transient Analysis of Grounding Systems, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 102(2), 389-399

Neri, F., Cascella, G.L., Salvatore N., Acciani, G., & Gassi, D.A., (2005). A Hierarchical Evolutionary-Deterministic Algorithm in Topological Optimization of Electrical Grounding Grids, *2005 WSEAS Int. Conf. on DYNAMICAL SYSTEMS and CONTROL*, Venice, Italy, 570-575

Otero, A. F., Cidrás, J., & Garrido, C., (2002). Grounding Grid Design Using Evolutionary Computation-Based Methods, *Electric Power Components and Systems*, 30(2), 151-165

Sakis-Meliopoulos, A. P. (1988) *Power System Grounding and Transients: an Introduction*, Marcel Dekker, New York, 1988

Sarker, R., Mohammadian, M., & Yao, X. (2002) *Evolutionary Optimization*, Klumer Academic Publishers, New York.

Sverak, J.G. (1984) "Simplified analysis of electrical gradients above a ground the present IEEE method?," *IEEE Transaction on Power Apparatus and System*, vol. PAS-103, pp., 7-25, Jan. 1984

Schwarz, S.J. (1954) "Analytical expression for resistance of grounding systems," *IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems*, vol. 73, no. 13, part III-B, pp. 1011-1016, Aug. 1954.

Thapar, B., Gerez, V., Balakrishnan, A. & Blank, D.A. (1991) Evaluation of a grounding grid of any shape, *IEEE Transaction. Power Delivery*, 6(1), 640-647.

Yi-min, Y., Min-fang, P., Hai-tao, H., & Yue-hua, Y. (2009) Optimal Design of Grounding Grids Based on Genetic Algorithm, *IEEE Third International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*, (WGEC '09), 129-132

Zitzler, E., Laumanns, M. & Thiele, L. (2001) SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm. *Technical Report 103, Computer Engineering and Networks Laboratory (TIK), Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.*

Optimización del Sistema Institucional de Tutorías utilizando el modelo de gestión CRM

CAMPOS-MADRIGAL, Ana Laura*†, FRANCO-AGUILAR, Norma, SÁNCHEZ-LOPEZ, Verónica y ARIZA-BATALLA, Vivianissel

División Académica Económico Administrativa. Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, Av. Universidad Tecnológica No. 1, Colonia Palo Escrito, Emiliano Zapata, Morelos, México.

Recibido 14 de Julio, 2015; Aceptado 16 de Septiembre, 2015

Resumen

Se realizó el diseño, validación y fiabilidad del instrumento Customer Relationship Management (CRM) para medir el grado de asociación que existe entre los factores internos y externos que influyen en la deserción escolar, del nivel de Técnico Superior Universitario de la División Académica Económica-Administrativa de la Universidad, con la finalidad de atender oportunamente estos factores y disuadir la decisión de los estudiantes para reducir el índice de deserción. Para cumplir con el objetivo, se realizó una revisión de la literatura relacionada al tema, seleccionando el instrumento psicométrico Alfa de Cronbach, debido a que es el que mayormente se adecua a las características de la población en estudio. Éste fue contestado por cincuenta y tres alumnos elegidos aleatoriamente al momento de generar su baja escolar. Cabe mencionar que los datos importantes arrojados refieren a que el factor externo obedece a problemas laborales y el interno a la reprobación. Con los datos obtenidos se demuestra que es factible la implementación del CRM en este tipo de estudios.

Sistemas de tutorías, Customer Relationship Management, Deserción

Abstract

Design, validation and reliability of Customer Relationship Management (CRM) tool was performed to measure the degree of association between the internal and external factors that influence the dropout level Technician University Academic Division of Economic and Administrative of the University, in order to timely respond to these factors and deter the decision of students to reduce the dropout rate. To meet the target, a review of the literature related to the subject was conducted by selecting the Cronbach's alpha psychometric instrument, because it is the one that mostly adapts to the characteristics of the study population. This was answered by fifty-three students chosen randomly when generating their school low. It is worth mentioning that important data thrown refer to the external factor due to labor problems and internal to reprobation. The data obtained shows that the implementation of CRM in this type of study is feasible.

Tutoring systems, Customer Relationship Management, Defection

Citación: CAMPOS-MADRIGAL, Ana Laura, FRANCO-AGUILAR, Norma, SÁNCHEZ-LOPEZ, Verónica y ARIZA-BATALLA, Vivianissel. Optimización del Sistema Institucional de Tutorías utilizando el modelo de gestión CRM. Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico 2015, 2-4: 316-323

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: anacampos@utez.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La Universidad Tecnología Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ), ofrece a sus alumnos educación de calidad acorde con la de su entorno socioeconómico, con servicios y productos competitivos e innovadores, todo ello basado en un enfoque humanista con la finalidad de satisfacer las demandas sociales del mercado global. Un indicador de lo anterior en las Universidades, es sin duda, la calidad en la eficiencia terminal, entendiendo a ésta como el hecho que debe existir en la correspondencia directa entre el número de alumnos que ingresa con el que concluye y certifica sus estudios.

Dentro de los problemas más comunes y difíciles que tienen que atender las Universidades de México, se encuentra sin duda alguna la deserción estudiantil; la UTEZ no está exenta de este fenómeno y para hacer frente al problema, cuenta con un programa de tutoría y su diseño es acorde a las necesidades específicas del alumnado y alineado al Sistema Institucional de Tutorías que la propia Coordinación de Universidades Tecnológicas y Politécnicas propone a las instituciones. Sin embargo, la insuficiencia de recurso humano y de la infraestructura para ofrecer el apoyo son sus principales áreas de oportunidad. La primera refiere atención solo del personal docente de tiempo completo, quien a pesar de estar capacitado no resulta suficiente, en número, por la creciente matrícula a nivel institucional. La segunda requiere mayores espacios, dado que la infraestructura es principalmente utilizada para la impartición de clases; de tal forma que en ambas la eficiencia de los recursos resulta primordial para atender efectivamente a los estudiantes.

Contar con información estratégica acerca de sus clientes y mercados es vital para una empresa u organismo.

Saber quiénes compran, qué, dónde, cuánto, cuándo fue la última vez que estuvieron en contacto con la empresa, por qué razón, cuál es el potencial de compra futuro, cuánto cuesta servirlos, cuál es el nivel de satisfacción actual y cuál es el valor de un cliente, son cuestiones clave para tomar decisiones inteligentes. A partir de esta información las empresas pueden decidir: qué clientes vale la pena conservar, a quiénes es mejor dejar partir, qué ofrecer a cada uno, cómo hacer que un cliente no se vaya con la competencia, cómo ejecutar las campañas de mercadeo para lograr atraer a clientes rentables, cómo vender más a los mismos clientes y obtener mayores ganancias. El párrafo anterior expresa claramente la atención que demanda el cliente, es por ello que la presente investigación tiene como objetivo central, adaptar como estrategia el modelo de gestión del CRM al Sistema de Tutorías de la UTEZ, el cual permitirá identificar y acceder de manera oportuna para determinar cuáles son los factores que inciden en la deserción escolar, contemplando de esta manera la interrelación entre los diferentes elementos que definen el éxito de los procesos en adopción y el uso de un CRM. Lograrlo precisamente el objetivo principal de esta investigación, para lo cual se ofrece como punto de partida una sección clara de la revisión teórica relacionada con este tema. Incluye además una sección con la parte experimental que orientó la investigación, particularmente el Estudio de Caso, permitiendo de esta manera llevar a cabo un trabajo de campo en la DACEA de la UTEZ, y para lo cual fue requerido la aplicación de una entrevista semi-estructurada (Márquez et al., 2012) de salida a 53 alumnos que causaron baja. Finalmente, se ofrece una sección con las conclusiones más importantes de la investigación.

Marco Referencial

Concepto alumno-cliente

El concepto alumno-cliente se empezó a utilizar recientemente generando discusión al ser una definición dispersa. Según la Real Academia Española alumno significa “Discípulo, respecto de su maestro, de la materia que está aprendiendo o de la escuela, colegio o universidad donde estudia” y cliente lo define como: “Persona que utiliza con asiduidad los Servicios de un profesional o empresa”, por consecuencia este nuevo conocimiento a trajo mucha discusión ya que se relaciona la educación con prácticas comerciales; si se observa que en las empresas venden un producto o servicio a través de un proceso (entrada-proceso-salida), en la educación de nivel superior es lo mismo, los alumnos ingresan como materia prima y por medio de un proceso (enseñanza – aprendizaje) se obtiene un producto, el cual cubre un perfil profesional que se ajuste y satisfaga a las necesidades del mercado laboral. Tomando en consideración lo descrito anteriormente la UTEZ busca incluir en su quehacer diario el uso de la tecnología de gestión de relaciones con clientes (CRM) para aplicarse a la universidad para automatizar los procesos relacionados con los alumnos (asesoría, tutorías, seguimiento, captación, matriculación, estadías, etcétera) buscando optimizar la gestión y mejorando la calidad de servicio.

La tutoría y la función del tutor dentro de la UTEZ

La tutoría, es sin duda alguna, uno de los contenidos indispensables, en cualquier programa de estudios sin importar del nivel que se trate, ya sea elemental o educación básica, media superior o superior

La tutoría debe tener como propósitos fundamentales el acompañar a los alumnos en su inducción y participación en la vida escolar, conocer sus necesidades y sus intereses, además de ser una valiosas ayuda en la planeación de su proyecto de vida íntimamente ligado a su realización como personas y miembros de una sociedad y de su participación activa e integral en ella (Campos i Martínez, 2011).

Los propósitos de la tutoría se enfocan primordialmente a: (Campos et al., 2011)

- Acompañar a los alumnos en aquellas acciones que tiendan a favorecer su introducción en las dinámicas de la Institución Educativa en que se encuentran y en los distintos momentos a lo largo de su permanencia en la misma (ídem).

- Contribuir a reconocer y detectar las necesidades y los intereses de los alumnos, apoyar la formulación de un proyecto de vida viable o factible, así como comprometido con la realización personal a corto, mediano y largo plazo y con el mejoramiento de la convivencia en los ámbitos donde participe (ídem).

Los elementos que conforman el SIT de la UTEZ, se basan principalmente en los requerimientos que se derivan del modelo educativo adoptado por la institución.

Para poder crearse fue necesario, bajo el criterio de las autoridades competentes a la Universidad, asignar un comité que pudiera generar el máximo de ideas para obtener un amplio espectro de posibilidades en dónde abordar la actividad tutorial, creando un listado de necesidades, procediendo a analizar todas las ideas y a pulir su cercanía con lo que se desea obtener (ídem).

CRM

El CRM es una estrategia de negocio que utiliza la tecnología de la información para proveer a la empresa de un panorama total, confiable e integrado de su base de consumidores, de manera que todos los procesos y las interacciones con los clientes ayuden a mantener y expandir una relación mutuamente beneficiosa. Entonces, el sistema es una técnica o un grupo de procesos designados para recolectar datos y ofrecer información que ayude a la organización a evaluar opciones estratégicas (William, 2008).

Metodología

El presente estudio se abordó desde un enfoque cualitativo (Hernández et al., 2010), donde las interpretaciones y significaciones de los alumnos fueron elementos centrales para alcanzar el objetivo de la investigación.

A fin de dar sentido al origen de los datos, a continuación se presenta el diseño metodológico empleado en la investigación, que constó de tres fases, que interactúan entre ellas.



Figura 1 Diagrama del proceso metodológico

Revisión de la Literatura: tanto de material teórico como empírico, con el propósito de orientar la construcción teórica del fenómeno a investigar, con la finalidad de abordarlo desde un punto de vista diferente y realizar un aporte al marco teórico existente (Márquez et al., 2012).

Trabajo de Campo: La selección de la muestra se realizó a través del cálculo de poblaciones finitas, donde la población constó de 117 estudiantes de la DACEA, con un error permitido del 11% y un nivel de confianza estimado del 95% dando como resultado una muestra de cincuenta y tres alumnos (Hernandez et al., 2014), esta encuesta se realizó cuando los alumnos estaban realizando su trámite de baja en el año 2013. Después de seleccionar a los sujetos de estudio, se llevó a cabo el proceso de recolección de datos, se diseñó un instrumento tipo entrevista semi-estructurada (Ryan Berente, 2007), la cual fue valorada previo a su aplicación final por seis expertos, las observaciones y recomendaciones fueron incluidas en el formato final de la entrevista, donde se consideraron todos los factores.

Análisis e interpretación de los resultados: Una vez obtenidos los datos se realizó un análisis e interpretación de los mismo, con el fin de identificar los patrones de coincidencia para llegar de esta manera a las conclusiones finales (Poot, Faems y Vanhaverbeke, 2009).

Fiabilidad

La confiabilidad define como el grado de un instrumento de varios ítems mide consistentemente una muestra de la población, para el coeficiente alfa de Cronbach se usa para medir la confiabilidad del tipo de consistencia interna de una escala (Prieto y Delgado 2010), para esta investigación se diseñó un instrumento con 38 ítems, de los cuales se determinaron dos variables denominadas factores internos, la cual al realizar el análisis estadístico se requirió eliminar tres ítem y de factores externos se eliminaron 3 ítems, con la finalidad de mejorar la fiabilidad.

Por tanto, en la tabla 3 se detallan los valores alcanzado por el coeficiente alfa de Cronbach, para cada una de la escalas.

Instrumento	Alfa de Cronbach	No. De ítems
General	.822	34
Factores Internos	.783	24
Factores Externos	.715	10

Tabla 3 Fiabilidad del instrumento

Validez

Se efectuó un análisis correlacional entre las dimensiones de factores internos y factores externos y los niveles alcanzados por éstas, superando el valor crítico del 0.3 (Hernández *et al.*, 2010), con estos valores se afirmó que las escalas utilizadas en esta investigación pueden ser consideradas válidas (Tabla 4).

	Factores Internos	Factores Externos
Factores Internos	1	.560**
Factores Externos	.560**	1

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral)

Tabla 4 Validez del instrumento

Resultados

Factores externos

De acuerdo a esta investigación los factores externos son aquellos que influyen en la alta deserción pero que no están relacionados con el quehacer diario de la universidad, por tanto los:

a) Problemas económicos, b) Problemas familiares y c) problemas laborables se determinaron como factores externos y de acuerdo a las encuestas aplicadas esto son los resultados.

a) Problemas Económicos

El porcentaje más impactante refiere que el setenta y dos por ciento de los estudiantes de la DACEA en la universidad, consideran que las becas otorgadas por la misma, son viables para sostener sus estudios (Figura 3). Sin embargo, es la mayoría de los estudiantes (80%) quienes considera que el costo beneficio de la beca es relativa al pago de la colegiatura, pero para ello, un 68% refiere que las convocatorias podrían ser difundidas de manera más oportuna (Figura 3).



Figura 3 Apoyo de becas universitarias

b) Problemas familiares

Más de la mitad de los alumnos (60 %) consideran que pueden realizar sus estudios sin el apoyo de algún familiar. Un punto importante, resalta que el sesenta y cuatro por ciento de ellos consideran que han tenido apoyo a través del sistema de tutorías de la universidad y solo el 38% menciona que ha requerido del apoyo terapéutico en su estancia. Finalmente, y de manera impactante es el ochenta y ocho por ciento de los alumnos, quienes consideran que el sistema de tutorías ha incrementado en ellos la integración personal (Figura 4).



Figura 4 Problemas Familiares

c) Problemas laborables

Por lo que respecta a este factor externo, es el 80% de los alumnos encuestados quienes mencionan que requieren de un trabajo para sostener sus estudios universitarios. Sin embargo, cuarenta y cinco por ciento de los alumnos mencionan que sus actividades laborales interfieren con sus horas de estudios; contraponiendo en ambos factores equivalentes al 49% que comentan que no tienen problemas en sus trabajo a causa de sus actividades estudiantiles, o que su actividad laboral no infiere en problemática alguna como estudiante de esta universidad (Figura 5).



Figura 5 Problemas Laborables

Factores internos

De acuerdo a esta investigación los factores internos son aquellos que influyen en la alta deserción relacionados con el quehacer diario de la universidad, por tanto los factores de: a) Reprobación, b) Cambio de universidad, c) Cambio de carrera, d) Cambio de turno y e) Problemas de seguridad, se determinaron como factores internos y de acuerdo a las encuestas aplicadas esto son los resultados.

a) Reprobación

El ochenta y un por ciento de los alumnos conocen las ponderaciones de la calificación final de cada una de sus asignaturas, además de que en su mayoría, 84 % de los estudiantes consideran que los profesores de la universidad comunican oportunamente los resultados de las evaluaciones realizadas durante el periodo cuatrimestral.

Sin embargo, solo el ochenta y dos por ciento de los encuestados refiere que los profesores realizan los exámenes de recuperación y extraordinarios a los que tienen derecho y más de la mitad (78%) de los profesores otorgan una retroalimentación de sus calificaciones reprobatorias. Finalmente, 80% por ciento de estos jóvenes consideran que el número de oportunidades otorgadas para acreditar una materia resultan suficientes y el ochenta y un por ciento de estos mismos, mencionan que los profesores informaron sobre número de asistencias requeridas para contar con el derecho a presentar evaluaciones tanto ordinarias como extraordinarias (Figura 6).



Figura 6 Reprobación

b) Cambio de universidad

El ochenta por ciento de los alumnos se encuentran conformes con los servicios y la atención proporcionada por la universidad; menos de la mitad (44 %), de los alumnos mencionan que su cambio se originó por un mal servicio recibido. Cabe resaltar un factor importante que refiere precisamente, a la calidad en la educación de la oferta otorgada a los estudiantes y de como ellos perciben su importancia (90%) para el desarrollo de sus egresados. Por lo que aun cuando esta tuviera una disminución, un ochenta y cuatro por ciento de los estudiantes no cambiarían de institución ya que su percepción de calidad es determinante. Por lo que respecta al horario de clases y su determinación para realizar un cambio de universidad, esto no resulta representativo, ya que es solo un 38% de los encuestados quienes lo consideran inapropiado (Figura 7).

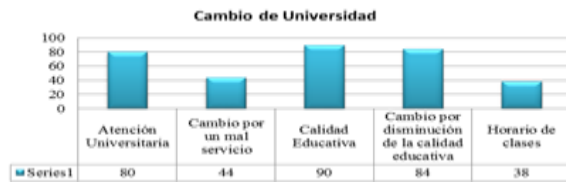


Figura 7 Cambio de Universidad

c) Cambio de carrera

Un 84% de los alumnos encuestados, tiene una orientación vocacional clara por la carrera de su elección. En cuanto a procesos, solo el 59% refiere desconocer cuales son los pasos para realizar un cambio de oferta educativa y más de un tercio de los alumnos (36%), consideran inadecuados los trámites para generar un cambio. No obstante, más de la mitad (58%) consideran que estos procesos pueden mejorarse (Figura 8).



Figura 8 Cambio de Carrera

Discusiones

De acuerdo a Voelkl et al., (2009), las instituciones de educación superior, deben establecer procesos con valor agregado a partir de CRM, desde diferentes enfoques educativos, al mismo tiempo, Hilbert et al.(2007), los beneficios de la competitividad se derivan en la reorientación organizacional, tanto para la entidad de educación superior como para los usuarios a lo largo de su ciclo de vida, de acuerdo a los resultados obtenidos podemos denotar la necesidad de implementar un CMR en la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata, con la finalidad de disminuir el índice de deserción de los alumnos en el nivel de Técnico Superior Universitario.

Conclusiones y trabajos futuros

El resultado de esta investigación, contribuyó para determinar la fiabilidad y validez del instrumento con la finalidad de generar modelo de gestión administrativa, el cual permitirá atender a los alumnos no solo como emisores, este nuevo modelo determina la viabilidad para dar atención personalizada a los requerimientos específicos tanto de los estudiantes como de la propia institución. Un modelo altamente competitivo, requiere una visión innovadora que le permita ofrecer servicios oportunos y acordes a las necesidades actuales del entorno educativo. Si bien es cierto que el uso de un CRM aplica como una herramienta para modelo de negocios, es una realidad migrar al uso de este instrumento visualizando al estudiante como un verdadero “cliente”, la satisfacción de éste en la atención de necesidades concretas, contribuirá durante su trayectoria, con la certeza en las decisiones de permanencia. Es una realidad también que el uso de las tecnologías de la información no son condicionantes para la operatividad del modelo, un sistema dinámico de comunicación realiza de manera efectiva la optimización de los procesos en las diferentes áreas que contribuyen de manera integral al otorgamiento de los servicios educativos en un nivel superior, como lo es el de Técnico Superior Universitarios en la UTEZ.

Referencias

Campos, A. y Martínez, M. (2011). *El Sistema Institucional de Tutorías como sistema de gestión de la actividad tutorial en la UTEZ*. Primer Congreso de Tutorías de Universidades Tecnológicas. México.

Campos, A., Coria, J. y Puig, J. (2011). *Sistema Institucional de Tutorías de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos*. 1er Foro de Investigación de las Universidades Tecnológicas en el área Económico Administrativa. México.

Hernández, R., Fernández, C. Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*, México: McGraw Hill.

Hilbert, Andreas; Schonbrunn Karoline y Schmode Sophie. (2007). Student relationship management in Germany: foundations and opportunities, Management Revue, ABI/INFORM Global, 2 (18).

Rainer Hampp Verlag Corporate, Mering, Germany 86415, GERMANY, pp. 204. 16pgs., <http://proquest.umi.com/pqdweb?index=0&did=1291464651&SrchMode=1&sid=2&Fmt=4&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1278017&clientId=23922>, 10 de julio de 2010.

Malhotra, N. (2007). *Investigación de mercados, un enfoque práctico*. México: Prentice Hall.

Márquez, J., Wences, M., Haces, G., Amado, B. y Montiel H. (2012). *Impacto de la gestión de los procesos colaborativos utilizando las TIC en empresa de manufactura*. International Review of Business Research Papers, 3(3), 5-25.

Martínez-Arias, M.R. (2010), *Evaluación del desempeño*. Papeles del Psicólogo, 31(1), 85-96.

Poot, T., Faems, D. y Vanhaverbeke, W. (2009). *Toward a dynamic perspective on open innovation: a longitudinal assessment of the adoption of internal and external innovation strategies in the Netherlands*. International Journal of Innovation Management, 3(2), 177-200.

Prieto, G. y Delgado, A. (2010). *Fiabilidad y Validez*, *Papeles del Psicólogo*. 31 (1), 67-74.

Ryan, B. y Berente, N. (2007). *Embedding New IT Artifacts into Design Practice for Knowledge Creation*. Paper presented at the 40th Hawaii International Conference on System Sciences. January 3-6, 2007. Waikoloa, Big Island, Hai. USA.

Voelkl P.J.R, Silva R.J.A, Solano V.C. M y Pulido M. L.M. (2009). *Enfoque CRM percepciones de los usuarios de los procesos administrativos académicos y su valor agregado*, *Revista Universidad EAFIT*, 45(156), 90-103.

William, G. y Raymond, Mc. (2008). *CRM, Administración de relaciones con los clientes*. México: CECSA.

Instrucciones para Autores

A. Envió de artículos con las áreas de Análisis Cuantitativo y Estadístico.

B. La edición del artículo debe cumplir las siguientes características:

- Redactados en español o en inglés (preferentemente). Sin embargo, es obligatorio presentar el título y el resumen en ambos idiomas, así como las palabras clave.

- Tipografía de texto en Time New Roman #12 (en títulos- Negritas) y con cursiva (subtítulos- Negritas) #12 (en texto) y # 9 (en citas al pie de página), justificado en formato Word. Con Márgenes Estándar y espaciado sencillo.

- Usar tipografía Calibre Math (en ecuaciones), con numeración subsecuente y alineación derecha: Ejemplo;

$$\sigma \in \Sigma: H\sigma = \bigcap_{s < \sigma} Hs \quad (1)$$

- Comenzar con una introducción que explique el tema y terminar con una sección de conclusiones.

- Los artículos son revisados por los miembros del Comité Editorial y por dos dictaminadores anónimos. El dictamen será inapelable en todos los casos. Una vez notificada la aceptación o rechazo de un trabajo, su aceptación final estará condicionada al cumplimiento de las modificaciones de estilo, forma y contenido que el editor haya comunicado a los autores. Los autores son responsables del contenido del trabajo y el correcto uso de las referencias que en ellos se citen. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los textos a nuestra política editorial.

C. Los artículos pueden ser elaborados por cuenta propia o patrocinados por instituciones educativas ó empresariales. El proceso de evaluación del manuscrito no comprenderá más de veinte días hábiles a partir de la fecha de su recepción.

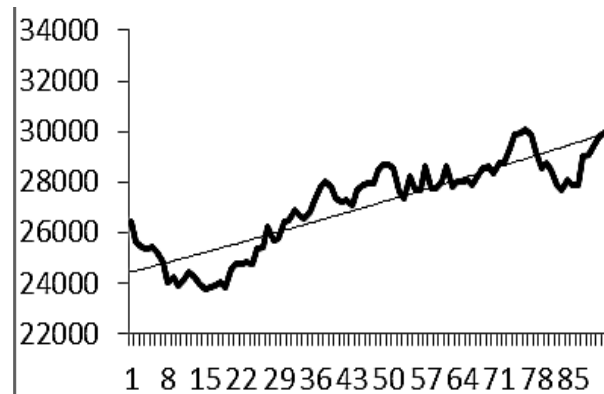
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

E. Los cuadros, gráficos y figuras de apoyo deberán cumplir lo siguiente:

- Deberán explicarse por sí mismos (sin necesidad de recurrir al texto para su comprensión), sin incluir abreviaturas, indicando claramente el título y fuente de consulta con referencia abajo con alineación izquierda en tipografía número 9 con negritas.

- Todo el material de apoyo será en escala de grises y con tamaño máximo de 8 cm de anchura por 23 cm de altura o menos dimensión, además de contener todo el contenido editable

- Las tablas deberán ser simples y exponer información relevante. Prototipo;



Gráfica 1 Tendencia determinista versus estocástica

F. Las referencias bibliográficas se incorporarán al final del documento con estilo APA.

La lista de referencias bibliográficas debe corresponder con las citas en el documento.

G. Las notas a pie de página, que deberán ser usadas sólo excepcionalmente para proveer información esencial.

H. Una vez aceptado el artículo en su versión final, la revista enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN-Bolivia únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del artículo. El autor tendrá un plazo máximo de 10 días naturales para dicha revisión. De otra forma, se considera que el (los) autor(es) está(n) de acuerdo con las modificaciones hechas.

I. Anexar los Formatos de Originalidad y Autorización, con identificación del Artículo, autor(es) y firma autógrafa, de esta manera se entiende que dicho artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico

"Análisis de un Modelo Estadístico de Regresión Aplicado al Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas"

CONTRERAS, Jannette, CRUZ, Braulio y PEÓN, Ricardo

"Estudio del efecto del volumen, la relación aire combustible y la razón de compresión en el trabajo neto y la eficiencia térmica en un ciclo Otto"

ORTEGA, Francisco, SANTOYO, Abraham, RODRIGUEZ, Rafael, FIGUEROA, Fernando y GARCIA, Miguel

"Método computacional para calcular la resistencia del sistema de tierra para subestaciones al aire libre"

TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto, GUARDADO-ZAVALA, José Leonardo, TAPIA -TINOCO, Guillermo y JURADO-PÉREZ, Fernando

"Optimización del Sistema Institucional de Tutorías utilizando el modelo de gestión CRM"

CAMPOS-MADRIGAL, Ana Laura, FRANCO-AGUILAR, Norma, SÁNCHEZ-LOPEZ, Verónica y ARIZA-BATALLA, Vivianissel

ISSN-2410-3438

