

INFOCIENCIA

VOLUMEN 7 / 2013



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

REVISTA
INFOCIENCIA

Año MMXIII
Diciembre de 2013
500 ejemplares
ISSN: 1390-339X

Rector

Grab.
Roque Moreira Cedeño

Director ESPE Extensión Latacunga

Tcrn. De EM.
Freddy Játiva Coronel

Subdirector ESPE Extensión Latacunga

Tcrn. Esp.
Fabián Pazmiño Pazmiño

Comité Editorial

Ing. Germán Erazo
Dra. Mónica Huera
Ing. Ximena López
Ing. Euro Mena
Ing. Diego Ortiz Villalba
Dra. Jacqueline Pozo
Dr. Roman Rodríguez
Dr. Luis Enrique Sánchez
Ing. Galo Vásquez
Dr. Faisal Zeidan

Colaboradores

Ing. Ana María Parreño

Editor General

Ing. José G. Bucheli Andrade
Ing. Carlos Marcelo Silva Monteros

Responsable Legal:

ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA
Quijano y Ordóñez s/n y Hermanas Páez
Telf: (03)2810206 Fax: (03)2810280
<http://www.espe.edu.ec>

Diseño:

Sexto Sentido

Impresión:

INDICE

Escenarios Energéticos para la Planificación Estratégica.....4
Faisal Zeidan

Desarrollo del Algoritmo para la protección diferencial del transformador de potencia aplicando a la subestación Azogues II utilizando la transformada de Fourier.....8
Freddy Guillen
Javier Narváez
Flavio Quizhpi

Técnicas de usabilidad de Open Source Software (OSS).....16
Santiago Jácome

Modelo de calidad para la planificación de proyectos de software: caso práctico Empresa BABEL Software del Ecuador.....26
Cristina Orna
Lucas Garcés

Análisis del Uso de Teléfono Inteligentes como nodos de una Red Inalámbrica de sensores.....35
González R.
Huerta Mónica

Diseño del Bastidor y Carrocería del vehículo de competición Fórmula SAE.....42
Mena Euro
Iza Henry
Manjarrez Felix
Cely Jorge
Efrén Jaramillo
Zeidan Faisal
Arteaga Oscar

“Módulo Didáctico de un Converso AC/DC – DC/DC con control PWM, para puente completo utilizando IGBT destinado al Laboratorio de Control Eléctrico de la ESPE Extensión Latacunga”.....47
Ing. Marcelo Silva
Calapaqui Rober
Leonel Reyes

Determinación de los niveles de Iluminación de faros e implementación de un sistema automatizado en el automóvil.....52
Andrés Cevallos
Santiago Reina
Germán Erazo
Stalin Mena

Reprogramación Electrónica de la ECU para elevar los parámetros característicos de motor de combustión interna OPEL 1.4.58
German Erazo
María José Díaz
Luis Sopa
Fabián Salazar

Escenarios Energéticos Para la Planificación Estratégica

Zeidan A. Faisal M., PhD

Investigador de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Latacunga, Ecuador. (Prometeo-Senescyt).
ffzeidan@espe.edu.ec

Abstract- Se estructuran y analizan los escenarios obtenidos a partir de una reflexión Prospectiva, a veinte años, de la Industria Petrolera, llevada a cabo por un grupo multidisciplinario de profesionales. Partiendo de un conjunto de 16 variables se estudiaron las motricidades directas e indirectas, llegándose a concluir que en el mediano y largo plazo el negocio petrolero se verá afectado por el agotamiento de los yacimientos, las fluctuaciones del crecimiento económico, y las tendencias del patrón cultural de consumo de combustibles fósiles en el mundo. Estos factores impactarán, a su vez, el crecimiento de los precios petroleros, la intensidad de la crisis económica y la conflictividad mundial, variables que se encuentran fuertemente interrelacionadas y con lazos de retroalimentación autocatalíticas entre ellas. La dirección y orientación estratégica de las empresas debería estructurarse sobre los estudios detallados del comportamiento probable, a largo y mediano plazo, de las variables mencionadas y de los escenarios resultantes de sus posibles combinaciones.

Palabras Clave- Escenarios, Energía, Petróleo, Planificación, Estrategia

I. INTRODUCCIÓN

Los ejercicios de Prospectiva y el Análisis de Escenarios constituyen el primer paso que las corporaciones realizan (o deberían realizar) para visualizar el futuro, a largo y mediano plazo, de manera protagónica y transformadora, en la búsqueda de claves para un accionar que proporcione la ventaja estratégica en el negocio. Adicionalmente, los métodos y herramientas de la Prospectiva posicionan al prospectivista más allá del mero análisis de proyecciones y tendencias, involucrándolo como un actor estratégico determinante en la construcción del futuro.

El presente artículo expone y analiza, brevemente, los resultados de las reflexiones sobre Prospectiva para la Industria Petrolera, llevadas a cabo en el mes de Junio, del año 2013, por un grupo multidisciplinario de docentes, investigadores de la Universidad de los Andes (ULA) e ingenieros de PDVSA, de Venezuela, bajo el coaching del autor del presente artículo. Sobre un horizonte de veinte años y con ayuda de la metodología y las herramientas de la Prospectiva y la construcción de escenarios, los ingenieros, politólogos, economistas y sociólogos participantes abordaron, desde múltiples perspectivas, las variables que definirían el futuro, a mediano y largo plazo, de la industria petrole-

ra en el mundo. Partiendo de un sistema inicial de 16 variables, determinantes en el negocio petrolero contemporáneo, se estudiaron las motricidades directas e indirectas, llegándose a concluir que el negocio petrolero se verá afectado, fundamentalmente, por el agotamiento de los yacimientos, las fluctuaciones del crecimiento económico, y las tendencias del patrón cultural de consumo de combustibles fósiles en el mundo. Estos factores marcarán, definitivamente, el crecimiento de los precios petroleros, las crisis político-militares a nivel planetario y las fluctuaciones de la crisis económica, variables que se encuentran fuertemente interrelacionadas con lazos de retroalimentación autocatalíticas entre ellas. Los resultados, aquí expuestos, podrán ser utilizados por los planificadores para realizar ejercicios más extensos y detallados en sus propias empresas. Por otra parte se muestra, brevemente, la metodología utilizada en el estudio prospectivo de la industria petrolera al año 2033, se ilustran los resultados de las matrices de impacto cruzado entre las variables, y se describe un procedimiento sencillo de formación y análisis de escenarios.

La confluencia de prospectiva, análisis de escenarios y planificación estratégica determina la dirección y orientación, a largo y mediano plazo, bajo la que se establece el Portafolio de Oportunidades del cual se extraen, a su vez, el Plan de Negocios y el Plan Anual de las corporaciones. Estos dos últimos planes se agrupan por proyectos los cuales, a su vez, se subdividen, por lo general, en paquetes, con los que quedan determinadas, en detalle, todas las actividades a realizar por la corporación.

2. UNA PROSPECTIVA DE LA INDUSTRIA PETROLERA 2013 – 2033

Para poder establecer los objetivos de largo, mediano y corto plazo en una corporación, los métodos y herramientas de la prospectiva y el análisis de escenarios resultan de gran valor ya que aportan un paradigma que se proyecta más allá, incluso, que el de la proactividad misma. En esta dimensión prospectivista, los participantes de la exploración del futuro se convierten en actores dinamizadores y transformadores de los escenarios que están considerando, en lugar de actuar como meros evaluadores de proyecciones y tendencias. Una vez realizado el ejercicio prospectivo, la

empresa, gobierno o institución dispondrá de insumos de inteligencia y conocimiento suficientes para elaborar las líneas de su accionar estratégico y táctico-operacionales, a objeto de, no buscar única y exclusivamente la ventaja estratégica sino, también, a transformar positivamente los escenarios futuros.

En una corporación petrolera estatal, la confluencia de prospectiva, escenarios y planificación estratégica implicaría considerar los factores que se mencionan brevemente a continuación:

1. El plan de la nación debe formar parte orgánica de la Visión y Misión de la Empresa;
2. Los lineamientos estratégicos nacionales y los lineamientos de la empresa deben confluir en el portafolio de Oportunidades;
3. Los lineamientos estratégicos nacionales y los lineamientos de la empresa deben determinar los procesos claves de la empresa, la dirección estratégica, la orientación estratégica, la determinación y uso de las reservas así como la visión y la caracterización de yacimientos, la clasificación de volúmenes y el plan de explotación que darán soporte al portafolio de oportunidades.

Los planificadores corporativos deben manejar con proficiencia los significados cualitativos y cuantitativos de Reservas, Manejo de Costos, Estructura de Paquetes, Balance de Gas y Manejo de Inversiones y Yacimientos, entre otros conceptos y cifras sobre las que se edificará una buena parte del análisis estratégico.

En el ejercicio prospectivo llevado a cabo, luego del estudio de diversos documentos [1], [2], [3], [4], [5],[6], y [7] y de la realización de la “tormenta de ideas” respectiva, se identificaron los siguientes factores como determinantes en los escenarios que enfrentará la industria petrolera en los próximos 20 años:

1. Crecimiento Económico(de China)
2. Oferta Decreciente (del petróleo)
3. Precios Crecientes (del petróleo)
4. Crisis Económica (de Occidente)
5. Costos Crecientes (de la extracción de crudos)
6. Seguridad de Suministros (de petróleo)
7. Conflictividad Creciente (planetaria)
8. Conflictos Comerciales
9. Alianzas Comerciales
10. Oferta de Energía no Petrolera
11. Agotamiento de Yacimientos Tradicionales
12. Nuevas Tecnologías (extracción y energías alternativas)
13. Impacto Ambiental
14. Crecimiento Demográfico
15. Patrones Culturales Energéticos (Dependencia

Civilizatoria del Petróleo)

16. Impacto Social

Después de un primer ejercicio de estudio de motricidad y dependencia, se retuvieron las siguientes diez variables - del grupo de diez y seis, anteriormente mencionadas, - como las de mayor relevancia para la industria petrolera en el periodo comprendido entre 2013 y 2033:

1. Crecimiento Económico (de China)
2. Precios Crecientes (del Petróleo)
3. Crisis Económica (de Occidente)
4. Incremento de los Costos (de Operaciones Petroleras)
5. Seguridad de Suministros (Petroleros)
6. Conflictividad Crecientes (entre países con liderazgos competitivos)
7. Agotamiento de los Yacimientos (tradicionales)
8. Nuevas Tecnologías (innovaciones tecnológicas de procesos)
9. Impacto Ambiental
10. Patrón Cultural de Consumo (energético)

En un segundo análisis, las diez variables fueron estudiadas para determinar motricidades y dependencias, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 1.

El rango de cuantificación de influencia utilizado se extiende desde 0 hasta 3, y se incluye la posibilidad de influencia potencial (P), donde

- 0: No influencia
- 1: Débil Influencia
- 2: Moderada Influencia
- 3: Fuerte Influencia
- P: Influencia Potencial.

Se calcularon las motricidades y dependencias directas e indirectas, las cuales no cambiaron significativamente de valor.

Los resultados obtenidos pueden interpretarse de la siguiente manera: La influencia del patrón cultural civilizatorio, basado en el consumo creciente de petróleo, aunado al crecimiento económico y al agotamiento de los yacimientos, constituyen los factores que impactarán, de forma más significativa, el negocio petrolero en los próximos años. Las posibles combinaciones de estos tres primeros factores (asociados a otros de menor impacto), determinará el aumento de los conflictos internacionales así como el incremento de los precios del crudo (variables de alta dependencia), las cuales a su vez (por tener una motricidad significativa), retroalimentarán catalíticamente la inestabilidad de los escenarios donde intervengan

	1: crececon	2: precrec	3: crisecon	4: costocrec	5: segusumin	6: confrec	7: agotyacimi	8: nuevastec	9: impacambia	10: patroculte
1: crececon	0	3	0	0	0	2	2	1	3	3
2: precrec	2	0	2	2	2	2	0	3	0	0
3: crisecon	0	0	0	0	2	3	0	1	0	1
4: costocrec	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1
5: segusumin	2	2	0	0	0	2	0	0	2	0
6: confrec	1	3	1	2	3	0	0	0	2	1
7: agotyacimi	2	3	2	2	3	3	0	3	3	1
8: nuevastec	1	0	0	1	1	1	0	0	2	0
9: impacambia	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1
10: patroculte	3	3	2	0	3	3	3	2	3	0

Tabla 1 Matriz de Impacto Cruzado.

Alta Motricidad y Baja Dependencia:
<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de Yacimientos, • Patrón Cultural Petrolero, • Crecimiento Económico
Baja Motricidad y Baja Dependencia:
<ul style="list-style-type: none"> • Crisis Económica, Costos Crecientes
Baja Motricidad y Alta Dependencia:
<ul style="list-style-type: none"> • Nuevas Tecnologías, • Seguridad de Suministros, • Impacto Ambiental
Media Motricidad y Alta Dependencia:
<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos Crecientes, • Precios Crecientes.

estas variables. Adicionalmente, el crecimiento económico y la persistencia del patrón civilizatorio de consumo de petróleo, continuará profundizando la crisis ambiental, mientras que, de persistir la crisis económica, aumentarán los conflictos internacionales con el consiguiente aumento de los precios petroleros y la incertidumbre de suministros. Todas estas variables poseen entre ellas diversos grados de interconexión y retroalimentación, lo cual deberá precisarse con estudios de mayor profundidad.

3. FORMACIÓN DE ESCENARIOS

La Tabla 2 muestra el etiquetado y asignación de probabilidades simples de ocurrencia para las variables estudiadas. Una vez asignadas las probabilidades de ocurrencia se deducen los escenarios posibles (Tabla 3) y se calculan las probabilidades de ocurrencia (Tabla 4). Otras combinaciones de escenarios son posibles. El monitoreo situacional y la evolución de las variables en el tiempo, nos permitirá prever que tipo de escenario se encuentra en formación para determinada coyuntura.

El análisis de escenarios concluye asignando la mayor probabilidad de ocurrencia al escenario pesimista,

ECONOMICOS		Probabilidad
E1	Crecimiento económico	0,80
E2	Oferta decreciente	0,40
E3	Precios crecientes	0,65
E4	Crisis económica	0,85
E5	Costos crecientes	0,70

POLITICOS		Probabilidad
P1	Seguridad de suministros	0,80
P2	Conflictividad comercial	0,70
P3	Alianzas comerciales	0,60
P4	Conflictividad creciente	0,80

TECNOLOGICOS		Probabilidad
T1	Oferta de energía no petrolera	0,60
T2	Agotamiento de yacimientos tradicionales	0,80
T3	Nuevas tecnologías	0,70

AMBIENTAL		Probabilidad
A1	Impacto ambiental	0,50

SOCIAL		Probabilidad
S2	Crecimiento demográfico	0,70
S3	Patrón cultural energético	0,85
S1	Impacto social	0,60

Tabla 2. Asignación de probabilidades simples de ocurrencia a las variables

ESC1	Esc muy bueno	E1	E2	E3	T3		
ESC2	Esc bueno	P1	P2	P4	S2	S3	
ESC3	Malo	E5	P3	T3	S1		
ESC4	Muy Malo	E4	T1	S3			

Tabla 3. Composición de los escenarios por variables.

ESC1	Esc muy bueno	0,80	0,40	0,65	0,8		0,1664
ESC2	Esc bueno	0,80	0,70	0,80	0,70	0,85	0,2665
ESC3	Malo	0,70	0,70	0,70	0,60		0,2058
ESC4	Muy Malo	0,85	0,60	0,85			0,4335

conformado por la combinación de probabilidad simple de ocurrencia de las variables E4, T1 y S3.

Este escenario prevé la continuidad y profundización de la Crisis Económica, la persistencia en el tiempo del Patrón Cultural de Consumo de Combustibles Fósiles en el mundo –con el Impacto Ambiental asociado, y la probable participación, en el mercado energético, de una importante Oferta de Energía No Petrolera.

Para obtener resultados de mayor confiabilidad, los cálculos de probabilidad de los escenarios deben ser refinados aplicando la Teoría de Bayes en lugar del cálculo de probabilidades simples, utilizado en este ejercicio.

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado sugiere que los planificadores corporativos deberán establecer un análisis detallado del comportamiento probable, a largo y mediano plazo, del agotamiento de los yacimientos, de las perspectivas de crecimiento económico mundial, y del patrón cultural de consumo de combustibles fósiles. Este último factor, de carácter estable y desafortunadamente característico de nuestra civilización, difícilmente se modificará en el mediano plazo a escala planetaria. Adicionalmente deben estudiarse, en combinación sistémica con los factores mencionados, los posibles conflictos internacionales que se estén incubando o en desarrollo, así como las tendencias, asociadas a las variables mencionadas, de los precios petroleros. Son estos factores y sus combinaciones los que determinarán los escenarios energéticos por venir.

RECONOCIMIENTOS:

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo del Proyecto Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ifremer. (2007). Les énergies renouvelables marines. Synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030. Ifremer Editions.
2. Enerdata. (2006). Energy Scenarios, Technology Development, and Climate Policy Analysis with the POLES Modelling System.
3. Percebois J. et al. (2012). Rapport Énergies 2050. Ministère de l'Économie. France.
4. Gori F. et al. (2007). Forecast of oil price and consumption in the short term under three scenarios: Parabolic, linear and chaotic behavior. Elsevier.
5. Mitchell J. et al (2012) What next for the Oil and Gas Industry. Chatham House.
6. Bikson T. et al (2003). New Challenges for International Leadership. Rand Corporation.
7. Zeidan Faisal. (2007). Venezuela en el ojo del huracán energético. www.aporrea.org
8. Christopher Click et al (2012). 2013 Oil & Gas Industry Perspective.
9. Lundin Group Company. (2013). Africa Oil Corp. A major Oil Company in Africa. Corporate Presentation.
10. North Dakota Legislative Management. (2013). Prospective Oil Industry Consultants.

11. US Energy Information Administration. (2013). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States.



Faisal M. Zeidan A., nacido en Caracas, Venezuela, es Ingeniero Aeronáutico y Master of Science, con estudios doctorales de la Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et Aérotechnique y estudios de postgrado, en Filosofía, de la Universidad de París IV-Sorbona, de Francia. Realizó estudios postdoctorales en la Universidad de Kioto, Japón. Ha sido Profesor Invitado por cuatro años en las Universidades de Missouri y de Florida, en Estados Unidos, Presidente del Ente Nacional del Gas, en Venezuela y Asesor Técnico de PDVSA, entre otros. Posee numerosas publicaciones y libros en diferentes áreas del conocimiento. Actualmente participa como Investigador Prometeo, en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Latacunga, de Ecuador.

DESARROLLO DEL ALGORITMO PARA LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA APLICADO A LA SUBESTACIÓN AZOGUES II, UTILIZANDO LA TRANSFORMADA DE FOURIER

Guillén Freddy. Narváez Javier. Quizhpi Flavio.

Departamento de Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca

Abstract— Este trabajo condensa los resultados obtenidos en el desarrollo, simulación y comparación del algoritmo de protección diferencial, que basa su funcionamiento en el bloqueo de armónicos, empleando la transformada discreta de Fourier; capaz de proteger al transformador de potencia de fallas internas, bloqueando la desconexión ante la presencia de estados de no falla como Energización y Sobreexcitación.

Palabras claves— Algoritmo de filtrado de armónicos, Protección Diferencial, Transformada Discreta de Fourier.

I. INTRODUCCIÓN

Los planes de expansión de la EEACA, involucran la creación de una nueva Subestación Eléctrica de distribución, en el sector Virgenpamba, con el nombre S/E Azogues II, la cual incrementará la confiabilidad y permitirá despachar la demanda que se encuentra creciendo constantemente.

El sistema de protección diferencial emplea el principio de diferencia de magnitudes de una medición en particular y es utilizada para proteger, en este caso al transformador de potencia de una falla interna, ocasionada generalmente por el cortocircuito entre espiras de sus devanados o fallas a tierra de los mismos.

Los avances tecnológicos han permitido desarrollar algoritmos digitales que constituyen el cerebro para el funcionamiento de los sistemas de protección diferencial.

El presente estudio, utiliza el concepto de la expansión de señales diferenciales de corriente en sus componentes armónicos, empleando la transformada de Fourier, las cuales se utilizan para determinar la condición de operación del sistema y así poder excluir un estado de falla de un estado de operación normal.

II. EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES.

Las características eléctricas necesarias, requeridas por el algoritmo de protección diferencial, son las propias del transformador de potencia de la subestación Azogues II y de los transformadores de medida

tipo buje, las cuales se muestran en las Tablas I y II respectivamente.

La hoja de datos del SWITCHGEAR (Fuente: Empresa Eléctrica Azogues, Departamento Técnico.) que monitorea el transformador de potencia de la Subestación Azogues I de un día típico laborable, permite modelar la carga que se encuentra conectada actualmente en cada una de las fases del sistema de distribución, para así poder simular los posibles estados de operación en los que puede operar el sistema y validar el funcionamiento del algoritmo.

TABLA I

DATOS TÉCNICOS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE LA SUBESTACIÓN AZOGUES. FUENTE: EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES, DEPARTAMENTO TÉCNICO. II.

VOLTAJES NOMINALES				
69+2X2.5%/22kV				
POTENCIA CONTINUA [MVA]				
TERMINALES			REFRIGERACIÓN	
			ONAN	ONAF
1U-1V-1W			16	20
2N-2U-2V-2W			16	20
TERMINALES		VOLT	AMP	AMP
	CONECTA		ONAN	ONAF
1U-2U-3U	3-4	69000	133.9	167.3
2N-2U-2V-2W		22000	419.9	524.9

TABLA II

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BUJE. FUENTE: EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES. DEPARTAMENTO TÉCNICO

TC	TERMINALES	RELACIÓN
TC10...TC12	S1-S3	300/5A
TC13-TC15	S1-S3	800/5A

En la Fig. 1. se exhibe la curva de potencia activa y reactiva despachada por el transformador de potencia de la S/E Azogues I en un día típico laborable, de la cual, se puede determinar el factor de potencia al cual está operando el sistema; considerando la potencia total que manejan los alimentadores y las relaciones de potencia compleja; se obtiene que el factor de potencia $fp=0,986$ en adelante.

Para la determinación de la carga que despacha el sistema, se tiene en cuenta las tres fases que conforman el sistema eléctrico de distribución en forma independiente y con ayuda de los datos de la hoja del SWITCHGEAR; mediante el análisis estadístico elaborado en Microsoft Excel, se obtienen los valores resistivos e inductivos medios, mostrados en la tabla III, los cuales reflejan una aproximación al comportamiento real del sistema.

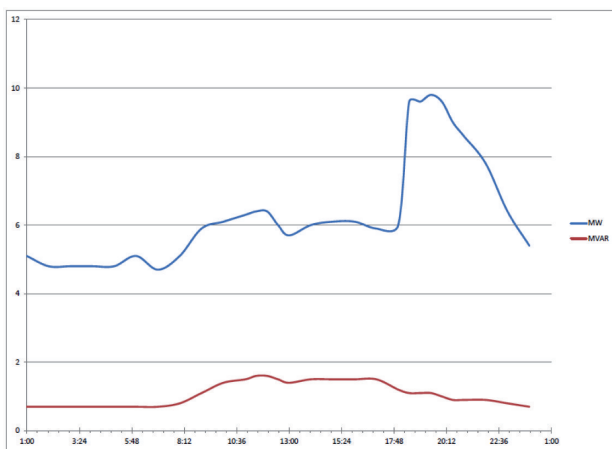


Fig. 1. Potencia despachada por el transformador de potencia de la S/E Azogues I.

TABLA III
VALORES DE RESISTENCIA E INDUCTANCIA DE LA CARGA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

	FASE A	FASE B	FASE C
RESISTENCIA R [OHM]	322.55	390.193	334.902
INDUCTANCIA	0.14469	0.17503	0.15022

III. IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN.

El sistema de protección más común y de mayor utilización en la actualidad es sin duda la protección diferencial, el mismo que basa su principio de funcionamiento en la diferencia de corriente que se presenta en la entrada respecto de la salida del transformador de potencia, véase Fig. 2. Ante la presencia de una falla interna, se produce un desbalance entre la corriente primaria y secundaria, causando que la corriente diferencial sea diferente de cero o a la del valor de referencia; la cual provoca la actuación inmediata del relé que desconecta el transformador de potencia.

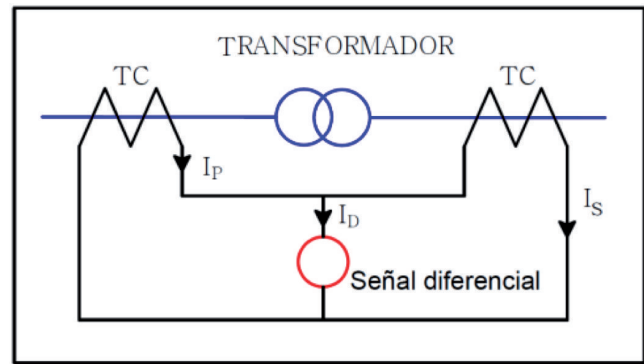


Fig. 2. Esquema básico de protección diferencial para el transformador.

Es de suma importancia tener ciertas consideraciones al momento de realizar la coordinación de este tipo de protección específicamente en los transformadores, tales como [8]: Variación en el cambiador de derivaciones, que modifica el voltaje en un rango $\pm 5\%$ de su valor nominal.

Tipo de conexión del primario y el secundario del transformador, ya que la conexión típica de transformadores de potencia delta/estrella, produce un desfase de corrientes del primario respecto al secundario.

Relación de transformación, que se presenta debido a que las corrientes del primario no son las mismas que las del secundario.

A. RAZÓN E INCONVENIENTES DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.

La protección diferencial debe ser capaz de excluir la existencia de la corriente de magnetización INRUSH, que se presenta en el instante en que se energiza el transformador. Esta corriente se produce debido a que el núcleo del transformador no se satura inmediatamente después de ser energizado, y por lo tanto la corriente del lado primario no es igual a la del lado secundario, ocasionando que la corriente diferencial producida, sea lo suficientemente elevada, capaz de permitir la desconexión innecesaria del equipo.

La condición de sobreexcitación del transformador de potencia es otra causa por la cual la protección diferencial actúa en falso, entendiendo a la sobreexcitación como un incremento del voltaje ante una desconexión de carga considerable. El flujo magnético que atraviesa el núcleo del transformador, es directamente proporcional al voltaje aplicado y al mismo tiempo inversamente proporcional a la frecuencia; por lo tanto el núcleo sufre una saturación inmediata cuando existe un incremento del voltaje o una reducción considerable de la frecuencia, provocando una corriente de excitación elevada presente únicamente en uno de los devanados del transformador; la cual causa una diferencia de corriente entre el devanado primario y

secundario ocasionando que el relé diferencial desconecte el equipo innecesariamente [8],[9].

B. PROTECCIÓN DIFERENCIAL TRIFÁSICA.

La protección diferencial trifásica, involucra las magnitudes de corriente de los dos lados del transformador, y su diferencia fasorial, por lo tanto, sabiendo que las corrientes de línea y de fase en la conexión de un devanado en estrella son las mismas, mientras que las corrientes de línea en una conexión delta son iguales a 1,73 veces las corrientes de fase [17], y considerando la relación de transformación de los TC's, se tienen las relaciones de corriente diferencial que se exhibe en las ecuaciones (1), (2) y (3).

$$i_{difA} = (i_A - i_C) - (FACTOR)(i_a - i_c) \quad (1)$$

$$i_{difC} = (i_C - i_B) - (FACTOR)(i_c - i_b) \quad (2)$$

$$i_{difB} = (i_B - i_A) - (FACTOR)(i_b - i_a) \quad (3)$$

Donde:

$(i_{difA}, i_{difB}, i_{difC})$: Corrientes diferenciales que circulan por medio de cada relevador.

(i_A, i_B, i_C) : Corrientes de línea de los TC's en el lado primario.

(i_a, i_b, i_c) : Corrientes de línea de los TC's en el lado secundario.

V_{ns} : Voltaje nominal del secundario.

RTC_s : Relación de transformador del transformador de corriente del secundario

V_{np} : Voltaje nominal del primario.

RTC_p : Relación de transformador del transformador de corriente del primario.

Se evita el problema de desfaseamiento de las corrientes, con el término $FACTOR = (V_{ns} * RTC_s) / (V_{np} * RTC_p)$, que reduce considerablemente el error provocado por las relaciones de transformación de los TC's, que suelen ser diferentes en ambos lados del transformador.

C. ALGORITMOS MATEMÁTICOS PARA LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.

El uso de técnicas numéricas y algoritmos computacionales, son utilizados por los relés diferenciales para proteger no solo al transformador de potencia, sino también otros elementos como: generadores, barras y líneas de transmisión, por la velocidad de respuesta y el corto tiempo de procesamiento que requieren. Los algoritmos utilizados por los relés diferenciales pueden dividirse en cuatro grupos basados en [19], [10], [12]:

1. Sistemas analógicos.
2. Las características del equipo que se va a proteger.
3. Bloqueo de armónicos.
4. La identificación de forma de onda.

La utilización de la transformada de Fourier para la implementación del algoritmo que se basa en el bloqueo de armónicos, permite procesar las componentes fundamental y de segunda armónica permitiendo discriminar una corriente de falla de una corriente de energización, y analizar la componente de quinta armónica que asegura la existencia de sobreexcitación provocada por un sobrevoltaje en el sistema [12].

D. ALGORITMO BASADO EN LA TRANSFORMADA DE FOURIER.

La lectura continua por medio de los TC's de las señales de corriente deben ser convertidas en señales digitales; tomando muestras discretas de la señal continua, para posteriormente convertirlas en un fasor digitalizado, cuya magnitud y ángulo representan la señal medida.

La transformada de Fourier en el tiempo, describe señales periódicas mediante espectros discretos; mientras que la transformada discreta de Fourier, describe señales discretas por medio de espectros periódicos. Por lo tanto se dice que las señales discretas y periódicas en un dominio, son igualmente discretas y periódicas en el otro dominio (Procesamiento de señales analógicas) [4].

La transformada discreta de Fourier, de una función $x(n)$, compuesta de N muestras, se representa mediante la ecuación (4).

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j \frac{2\pi}{N} nk}$$

Donde:

$n=0, 1, 2, \dots, N-1$

N: Número de muestras.

$X(k)$: Secuencia de muestreo discreto.

El proceso de expandir una función discreta, se realiza aplicando una aproximación matemática de una función $f(t)$ continua a una función $f(N)$ discreta, la cual se divide en una parte real y una parte imaginaria, que contienen la magnitud y ángulo del fasor de la forma de onda de la señal de la componente fundamental.

La parte real y la parte imaginaria del armónico n-ésimo se encuentran a través de las ecuaciones (5) y (6), las cuales se obtienen a partir de las ecuaciones:

$$a_n^{(r)} = \frac{2}{N} \sum_{k=r}^{r+N-1} i_k \cos\left(\frac{2n\pi k}{N}\right)$$

$$b_n^{(r)} = \frac{2}{N} \sum_{k=r}^{r+N-1} i_k \sin\left(\frac{2n\pi k}{N}\right)$$

Donde:

$n=0, 1, 2, \dots, N-1$

r : Número de Iteración.

N : Número de muestras.

$a_n^{(r)}$: Parte real del armónico n -ésimo

$b_n^{(r)}$: Parte imaginaria del armónico n -ésimo

La magnitud y ángulo del fasor del armónico n -ésimo de corriente, se pueden obtener mediante las ecuaciones (7) y (8):

$$|I_n^{(r)}| = \sqrt{[a_n^{(r)}]^2 + [b_n^{(r)}]^2} \quad (7)$$

$$\phi_n^{(r)} = \tan^{-1} \left(\frac{b_n^{(r)}}{a_n^{(r)}} \right) \quad (8)$$

Donde:

$|I_n^{(r)}|$: Magnitud del fasor del armónico n -ésimo

$\phi_n^{(r)}$: Ángulo del fasor del armónico n -ésimo

Es de gran importancia conocer las componentes armónicas de primero, segundo y quinto orden, para determinar la condición en la cual está operando el transformador de potencia, por lo que n toma los valores de 1, 2 y 5 respectivamente en las ecuaciones (5) a (8).

Para el tratamiento de las ecuaciones mencionadas, que involucran el procesamiento de los datos que se desarrollan en el algoritmo, se hace uso del Software Matlab-mfile para poder efectuar los cálculos y su respectiva sintaxis de programación; tanto para las expansiones, transformaciones y restricciones que darán los resultados pertinentes al objetivo de activación o no activación del relé de protección diferencial.

E. RESTRICCIÓN DE ARMÓNICOS.

Una vez conocidas la componente fundamental, de segunda y quinta armónica, se aplican las restricciones de corriente diferencial pertinentes, para determinar si el relé diferencial debe o no actuar ante las condiciones en las que se encuentra el transformador de potencia.

Ante la presencia de una corriente INRUSH, el disparo del relé diferencial se bloquea, cuando la magnitud de componente de segunda armónica, supera el 20% de la magnitud de la componente fundamental. Así mismo si se presenta una corriente de sobreexcitación, el disparo del relé se bloquea cuando la magnitud de componente de quinta armónica, supera el 30% de la magnitud de la componente fundamental [8], [15].

La curva típica de operación del relé diferencial, se exhibe en la Fig. 3. siendo ésta el límite que separa las condiciones de operación y no operación del relé diferencial.

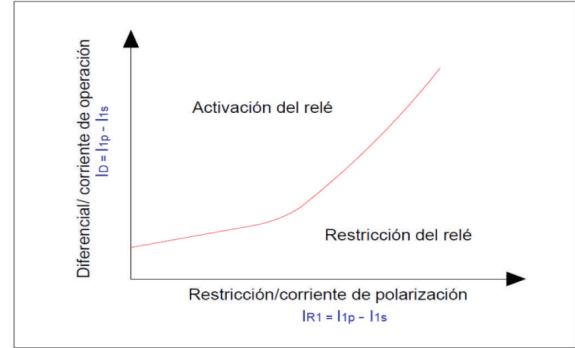


Fig. 3. Curva típica de operación del relé diferencial..

Dicha curva se obtiene a partir de las características eléctricas y de operación del transformador de potencia. El punto de partida de la curva es determinado a través de una corriente de umbral, el cual establece cierto valor de tolerancia para la corriente diferencial, mientras que la inclinación y curvatura denominadas corriente porcentual, se obtienen mediante dos parámetros de pendiente α_1 y α_2 que se obtienen a partir de las corrientes nominales del transformador de potencia [9], [13], [15].

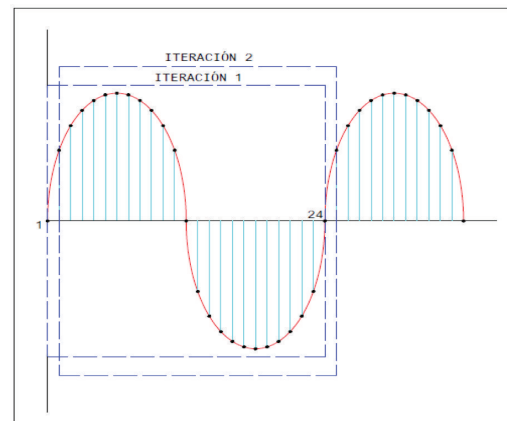


Fig. 4. Barrido de muestras

F. DIAGRAMA DE FLUJO.

El tratamiento de la señal de las corrientes diferencial detallado en las secciones anteriores, se lo realiza mediante un programa desarrollado en el paquete Matlab, del cual se describe el diagrama de flujo que se exhibe en la Fig. 5.

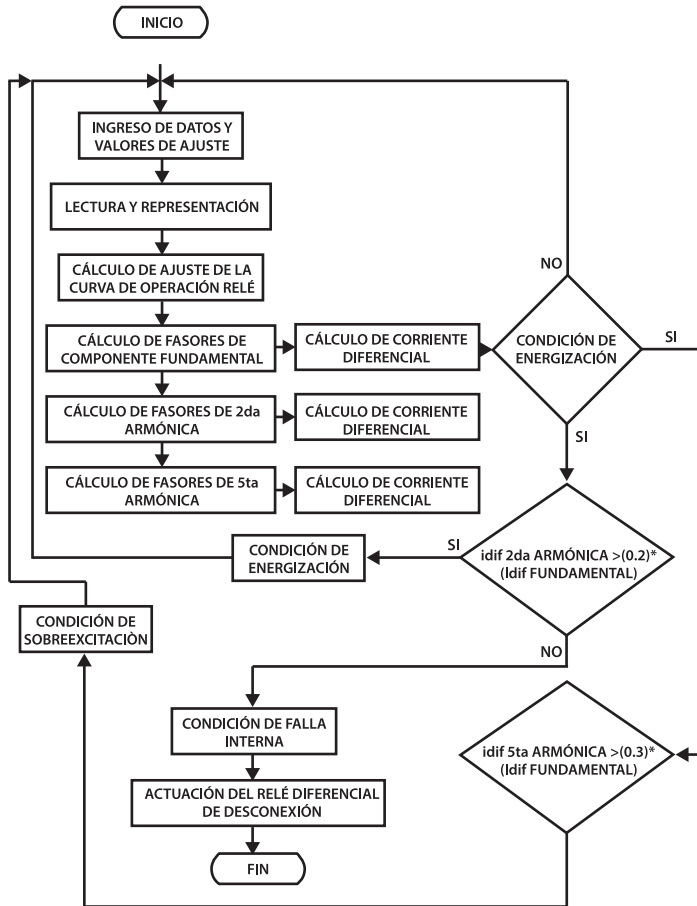


Fig. 5. Diagrama de flujo.

La información requerida por el algoritmo es la potencia, voltaje nominal del devanado primario, secundario, relación de transformación de los TC's del lado primario y secundario, el cambiador de derivaciones máximo y mínimo del transformador. Además son necesarios los valores porcentuales a los cuales se realiza el bloqueo

por armónicos; generalmente se recomienda 20 y 30% para el bloqueo de segunda y quinta armónica respectivamente.

Si la magnitud de corriente diferencial de segunda armónica, supera el 20% de la magnitud de corriente diferencial de componente fundamental, se bloquea la actuación del relé. Del mismo modo, si la magnitud de la corriente diferencial de quinta armónica, supera el 30% de la magnitud de corriente diferencial de componente fundamental, la actuación del relé es bloqueada, ya que cada circunstancia descrita, corresponden a estados de operación de no falla.

El algoritmo realiza un barrido de todas las muestras, tomando las 24 primeras en la iteración 1, y las transforma en un fasor armónico de componente fundamental, segunda y quinta armónica, para las tres corrientes diferenciales, en la iteración 2 toma el segundo grupo de 24 muestras, que corresponden a la muestra 2 hasta la 25, es decir cada iteración se actualiza con cada nuevo valor registrado, como se exhibe en la Fig. 4.

IV. VALIDACIÓN DEL ALGORITMO.

Para la validación del algoritmo se requiere de la simulación de un sistema de transformación; en este estudio, se utilizan los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Azogues, pertinentes a las condiciones de operación de la subestación Azogues I, simuladas en el paquete PSCAD.

Las condiciones de: Energización, Operación Normal, Falla Interna, Sobreexcitación son simuladas en el paquete PSCAD sobre el circuito descrito en la Fig. 6. las cuales permiten determinar la validación del algoritmo de protección.

TABLA IV
RESUMEN DE RESULTADOS DE VALIDACIÓN

PRUEBA	CORRIENTES DE UMBRAL (CURVA DE OPERACIÓN DEL RELÉ)	CORRIENTE DIFERENCIAL EN EL RELÉ			PORCENTAJE DE CORRIENTE DIFERENCIAL DE 2DA ARMÓNICA			PORCENTAJE DE CORRIENTE DIFERENCIAL DE 5TA ARMÓNICA			BLOQUE POR:	SEÑAL HACIA EL RELÉ DIFERENCIAL
		A	B	C	A	B	C	A	B	C		
ENERGIZACIÓN	0.68A	4.2A	4A	1.5A	45%	44%	105%	10%	10%	11%	2DA ARMÓNICA	0
OPERACIÓN NORMAL	0.68A	0.038A	0.051A	0.01A	-	-	-	-	-	-	-	0
SOBREEXCITACIÓN	0.68A	0.99A	0.81A	0.066A	48%	59%	69%	31%	38%	39%	2DA Y 5TA ARMÓNICA	0
FALLA INTERNA	0.68A	23A	44A	15A	8%	5%	11%	3%	2%	5%	SIN BLOQUEO	1

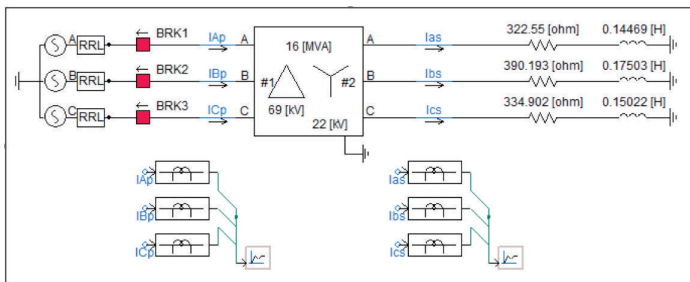


Fig. 6. Sistema Eléctrico de prueba.

La Tabla IV detalla un resumen de los resultados emitidos por el algoritmo de protección, obtenidos en las diferentes pruebas realizadas sobre el sistema de potencia, de la que se concluye un funcionamiento correcto del algoritmo.

A. ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN ALTERNATIVO.

Para la comparación y validación del algoritmo, se toma como referencia el principio utilizado por Adel Aktaibi, M. Azizur Rahman, Prasenjit Dey, Priyanath Das, Ajoy Kumar Chakraborty y Orlys Ernesto Torres Breffe, quienes emplean el paquete Simulink de Matlab, para realizar la simulación de la protección diferencial de un transformador de potencia.

El circuito empleado para la simulación es el que se exhibe en la Figura [Circuito empleado para la simulación en Simulink de Matlab.], cuyas características eléctricas del transformador y de la carga, se modificaron de tal forma que coincidiera con la información de la Empresa Eléctrica Azogues.

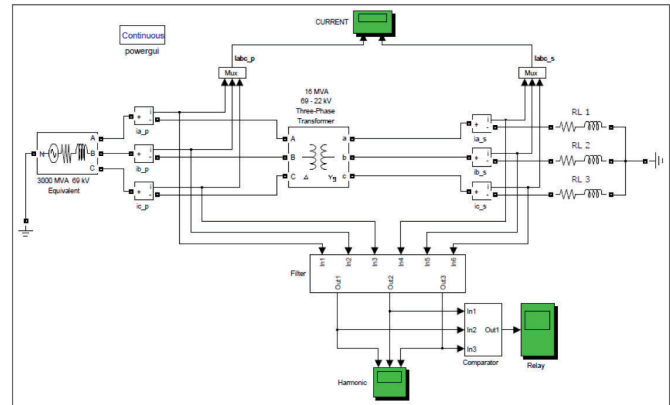


Fig. 7. Circuito empleado para la simulación en Simulink de Matlab

Las pruebas realizadas sobre este sistema coinciden con las realizadas sobre el algoritmo desarrollado, llegando a obtener los mismos resultados para cada prueba que son:

- Bloqueo de disparo de relé diferencial durante Energización.
- Bloqueo de disparo de relé diferencial durante Sobreexcitación.
- Reposo de relé diferencial durante Operación Normal.
- Disparo de relé diferencial ante la presencia de Falla Interna.

V. 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A.CONCLUSIONES.

Con la información del tablero SWITCHGEAR de la subestación Azogues I, se modeló las curvas de carga de un día típico; con el fin de obtener una aproximación de carga razonable, que refleje el comportamiento de la demanda de la empresa.

Se compararon las diferentes técnicas que gobiernan el funcionamiento de los sistemas de protección diferencial; desde las que presenta menor grado de complejidad hasta las técnicas que emplean algoritmos digitales, llegando a comprender que aquellos que basan su funcionamiento en el bloqueo de armónicos son los más eficientes, siendo uno de éstos, el que se presenta en este trabajo.

Se desarrolló un algoritmo de protección basado en la Transformada de Fourier Discreta, justificándose en el bloqueo de armónicos, que permite diferenciar una corriente de energización y sobreexcitación, analizando las componentes de 2^{da} y 5^a armónica.

El algoritmo desarrollado, se moldeó en el paquete mfile de Matlab, el cual controla el relé que desconecta el transformador de potencia, discriminando la corriente de falla de la corriente de energización o de sobreexcitación.

Se comprobó la funcionalidad del algoritmo desarrollado y se lo comparó con un sistema de simulación alternativo desarrollado en el paquete Simulink de Matlab, llegando a obtener los mismos resultados.

El algoritmo desarrollado tarda 0.71ns en procesar un periodo de la señal de frecuencia fundamental, con un procesador de 4 núcleos.

En la práctica no se puede implementar el algoritmo de protección diferencial y evidenciar los resultados obtenidos, debido a que la Empresa Eléctrica Azogues C.A. en la actualidad se encuentra en un proceso de construcción de la Subestación Azogues II, encontrándose en la fase de construcción civil por el momento; por lo que la implementación del mencionado y estudiado algoritmo para la protección diferencial del transformador de potencia no se puede efectuar.

B. RECOMENDACIONES.

La implementación de cualquier tipo de algoritmo para la protección diferencial, debe estar respaldada por un estudio que involucre las condiciones eléctricas y físicas de operación normal y de contingencia del sistema, debido a los siguientes aspectos.

- Las componentes armónicas de segundo y quinto orden, se presentan con mayor proporción en sistemas de alto voltaje.
- Las características de funcionamiento del sistema de medición dependen de las condiciones ambientales como humedad, temperatura, etc.
- Las características eléctricas y constructivas de los transformadores de potencia juegan un papel muy importante en algoritmos de protección como en el que se basa en la identificación de forma de onda.

Se debe además estimar la velocidad de respuesta que requiera cualquier sistema para liberar una falla, ya que probablemente el algoritmo más veloz sea menos eficaz que un algoritmo menos rápido.

El algoritmo de protección diferencial ser capaz de actuar correctamente ante las contingencias que se puedan suscitar, ya que una desconexión en falso, puede provocar pérdidas económicas extremadamente grandes para la empresa que presta el servicio eléctrico. El principio utilizado por este algoritmo puede implementarse a otros componentes del SEP tales como: generador, barras o líneas de transmisión, teniendo en cuenta las características y condiciones eléctricas que los gobiernan.

La velocidad de procesamiento del algoritmo puede reducirse significativamente al expandir operaciones matemáticas que involucran varias iteraciones o al reducir el tiempo de muestreo, volviéndolo más rápido; pero menos eficiente.

REFERENCIAS

- [1] J. R. Platts A. T. Jhons. DIGITAL PROTECTION FOR POWERSYSTEMS, Chapter 2, pages 1:20, 1997
 - [2] Adel Aktaibi and M. Azizur Rahman. Digital Differential Protection of Power Transformer Using Matlab. Memorial University of Newfoundland, Canada, Chapter 10, 1:24, 2012.
 - [3] Gabriel Benmouyal Armando Guzman, Stan Zocholl and Senior Hector J. Altuve. A CURRENT-BASED SOLUTION FOR TRANSFORMER DIFFERENTIAL PROTECTION-PART I: PROBLEM STATEMENT, IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL 12, NO 4, OCTOBER 2001.
 - [4] Ashock Ambardar. PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES. Ciencias e Ingeniería. International Thomson Editores, S. A, page 811, 2002.
 - [5] CONELEC. PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN. pages 287-352, 2012.
 - [6] Enrique González F. Diseño e implementación de un algoritmo de protección diferencial para transformadores de potencia. Apencie C, Cálculo de ajustes para la curva de protección diferencial, 1:111-113, 2005.
 - [7] J. Narváez M. F. Guillén L. DESARROLLO DE ALGORITMO PARA LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA APLICADO A LA SUBESTACIÓN AZOGUES II, UTILIZANDO LA TRANSFORMADA DE FOURIER, volumen I. 2013.
 - [8] Benmouyal Gabriel Guzmán Armando and Héctor J. Altuve. A CURRENT-BASED SOLUTION FOR TRANSFORMER DIFFERENTIAL PROTECTION-PART I: PROBLEM STATEMENT. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, 16(4), October 2001.
 - [9] Benmouyal Gabriel Guzmán Armando, Zocholl Stan and Hector J. Altuve. PERFORMANCE ANALYSIS OF TRADITIONAL AND IMPROVED TRANSFORMER DIFFERENTIAL PROTECTIVE RELAYS. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman, WA USA. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México, 2000.
 - [10] A. G. Phadke J. S. Thorp. A NEW COMPUTER BASED, FLUX RESTRAINED, CURRENT DIFFERENTIAL RELAY FOR POWER PROTECTION, Volume: PAS-102, pages 3624-3629, 1983.
 - [11] William D. Stevenson Jr. Jhon J. Grainger. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA. Transformadores Trifásicos, Cap 2, page 54, 2001.
 - [12] Ajoy Kumar Chakraborty P. G. Scholar, Priyanath Das. Implementation of Power Transformer Differential Protection Based on Clarke's Transform and Fuzzy Systems. National Institute of Technology, Agartala, India, 1(ISSN: 2278-0181):11, 2012.
 - [13] Mandyam D. SRINATH Samir S. SOLIMAN. SEÑALES Y SISTEMAS continuos y discretos, volumen 1. 1999.
 - [14] Hou Daqing Stanley E. Zocholl, Guzmán Armando. TRANSFORMER MODELING AS APPLIED TO DIFFERENTIAL PROTECTION. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman, Washington. Vol. 1, pages 108-114, 1996
 - [15] O.E. Torres. Evaluación del Comportamiento de la Protección de Porcentaje Diferencial para Transformadores de Potencia a partir de la Simulación en MATLAB. Instituto Superior José Antonio Echeverría, Centro de investigación y Pruebas Eléctricas, La Habana, Cuba.
 - [16] B. M. Weedy. SISTEMAS ELÉCTRICOS DE GRAN POTENCIA. 1982.
 - [17] Steven M. Durbin William Hart Hayt (Jr), Jack Ellsworth Kemmerly. ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN INGENIERÍA.
 - [18] McGraw-Hill Interamericana de España S. L. Edition 7ma, page 856, 2007.
- Gerhard Ziegler. NUMERICAL DIFFERENTIAL PROTECTION. 2012.



Guillén Esteban.-Nació en Azogues - Ecuador en 1989. Recibió su título de bachiller en Instalaciones de viviendas y cuadros eléctricos en el Instituto Tecnológico Superior Luis Rogerio González en 2007. Actualmente, egresado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
Email: fguillen@ups.edu.ec



Narváez Javier.- Nació en Azogues - Ecuador en 1985. Recibió su título de maestro de Taller en Mecánica en General y bachiller en Mecánica de precisión en la Unidad Educativa Artesanal Particular Luis Fernando Castanier Crespo en 2006. Actualmente, egresado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
Email: jnarvaezmo@est.ups.edu.ec



Quizhpi Flavio.- Nació en Cuenca- Ecuador, en 1969. Recibió el Título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana en el 2003, Licenciado en Ciencias de la Educación en la Universidad Politécnica Salesiana en el 1999, Especialista en Educación Superior en la Universidad del Azuay en el 2002. Actualmente cursando el programa Doctoral en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Simón Bolívar de Venezuela. Dedicado al área de investigación de los Sistemas Eléctricos de Potencia, Confiabilidad, FACT's e Inversores Multinivel. Email: fquizhpi@ups.edu.ec

Técnicas de Usabilidad en Open Source Software (OSS)

Jácome Santiago

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas
ESPE Extensión Latacunga

Abstract— En los últimos años la comunidad que utiliza Software de Código Abierto (OSS, del inglés Open Source Software) ha prestado atención a la mejora de sus prácticas de usabilidad [4, 8, 10, 11, 18]. Siguiendo esta tendencia algunos investigadores han identificado los desafíos inherentes en el tratamiento de la usabilidad en el desarrollo OSS. Por ejemplo, la distribución y la naturaleza voluntaria del desarrollo OSS dificultan la participación en los métodos de diseño centrado en el usuario, ya que los desarrolladores tienden a trabajar en los componentes de las aplicaciones de forma aislada [2, 4, 11]. Debido a estos retos y para responder a la demanda de usuarios la comunidad OSS está adoptando y desarrollando poco a poco algunas técnicas para abordar los problemas de usabilidad. Algunos proyectos OSS han intentado adoptar técnicas de trabajos propietarios previos, como las guías de interfaces de usuarios para el desarrollo de aplicaciones [3] y prototipos de papel. Este trabajo tiene como objetivo identificar las técnicas o prácticas de usabilidad empleadas por la comunidad OSS en sus desarrollos. La identificación de estas técnicas/prácticas se realiza a partir de la lectura de trabajos de investigación previos.

Palabras claves— Diseño Centrado en el Usuario, Interacción Persona-Computador, Software de Código Abierto, HCI, OSS.

I. INTRODUCCIÓN

El Software de Código Abierto se refiere a software liberado bajo licencia que le permite al usuario utilizar, modificar y distribuir el código fuente del programa. OSS es a menudo descrito como software "libre", lo que refleja la libertad de utilización y necesariamente que esté libre de costo. El desarrollo de la cultura OSS, junto con el concepto de proporcionar el libre acceso al software y su código fuente, eleva el estado de OSS a la de un fenómeno [15] en crecimiento. Por lo general este tipo de software es desarrollado por personas o equipos pequeños con sus propias particularidades, sin embargo últimamente grandes empresa de desarrollo de software propietario han comenzado a insertarse en esta tendencia cada vez más creciente e importante. Se considera que la comunidad OSS desarrolla software centrándose más en la funcionalidad que la usabilidad de la aplicación, sin embargo en los últimos tiempos se ha visto que esta comunidad presenta una preocupación creciente en aspectos de usabilidad.

En la siguiente sección del artículo se realiza una revisión de los aspectos esenciales de las principales técnicas de Interacción Persona-Computador (HCI, del inglés Human-Computer Interaction) existentes. La Sección 3 determina el objetivo, metodología y conclusiones de los artículos analizados. La Sección 4 realiza un análisis comparativo entre técnicas de usabilidad OSS y HCI. Finalmente la Sección 5 establece las conclusiones del estudio.

II. ESENCIA DE LAS TÉCNICAS HCI

A continuación se presenta un resumen de las técnicas de prototipado y de evaluación de la usabilidad más comúnmente utilizados por HCI.

A. Técnicas de prototipado

Bocetos (Sketches): Realización de un dibujo rápido (15 a 20 segundos) en papel sobre alguna funcionalidad del sistema. Recoge las primeras impresiones del espacio de trabajo de la interacción.

Prototipos de Papel (Paper prototypes): Es una técnica de prototipado de baja fidelidad, se basa en la utilización de materiales básicos como lápiz y tijeras. Su objetivo es verificar si los usuarios son capaces de realizar sus tareas con la interfaz propuesta.

Storyboards (Desarrollo secuencial de viñetas): Su origen se da en la industria cinematográfica. Consiste en una serie de dibujos dispuestos en formato de secuencia de viñetas. Representa, cómo un determinado sistema será utilizado durante una determinada tarea. Es como un comic de una revista.

Maquetas: Son objetos construidos normalmente con materiales básicos, con el fin de evaluar una parte física del sistema. Permite saber cómo será un dispositivo antes de construirlo.

Maquetas digitales: Son representaciones de calidad en formato digital. Normalmente llenan el espacio entre el prototipo de papel y la versión definitiva de una interfaz o parte de ella.

Videos: Rodar o grabar un video permite desarrollar un escenario, que gracias al uso de técnicas de reproducción y posproducción pueden parecer funcionalidades

reales que podría tener un sistema (ideas de propuestas tecnológicas inexistentes).

Escenarios (Lenguaje Natural, Storyboards y Diagramas de Caso de Uso): El momento que se tenga que analizar y diseñar software, se necesita tener una manera de ver cómo estos nuevos sistemas pueden transformar los contextos actuales de la actividad humana, a la vez que pueden verse restringidos por ellos. Existen varias técnicas para representarlos. Permiten describir las actividades que se realizan durante el proceso de desarrollo.

Software prototypes (Prototipos software): Son implementaciones realizadas con técnicas de programación del sistema interactivo propuesto que reproducen el funcionamiento de una parte importante de las funcionalidades con el objetivo de probar determinados aspectos del sistema final.

Storyboards Navegacional: Desarrolla una serie de dibujos o imágenes que representan el espacio navegacional de una parte o todo el sistema.

B. Técnicas de evaluación

B.1 Inspección (Inspección)

Los evaluadores (expertos en usabilidad) examinarán aspectos de la usabilidad y la accesibilidad de la interfaz del sistema.

Heuristic Evaluation (Evaluación Heurística): Jakob Nielsen “el gurú de la usabilidad” es una de las personas más respetadas en el ámbito mundial sobre usabilidad. Jakob estudió 249 problemas de usabilidad y a partir de ellos diseñó lo que denominó las “reglas generales” para identificar los posibles problemas de usabilidad.

1. Visibilidad del estado del sistema: el sistema siempre debería mantener informados a los usuarios de lo que está ocurriendo, a través de retroalimentación apropiada dentro de un tiempo razonable.
2. Relación entre el sistema y el mundo real: el sistema debería hablar el lenguaje de los usuarios mediante palabras, frases y conceptos que sean familiares al usuario, más que con términos relacionados con el sistema. Seguir las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.
3. Control y libertad del usuario: hay ocasiones en que los usuarios elegirán las funciones del sistema por error y necesitarán una “salida de emergencia” claramente marcada para dejar el estado no deseado al que accedieron, sin tener que pasar por una serie de pasos. Se debe apoyar las funciones de deshacer y

rehacer.

4. Consistencia y estándares: los usuarios no deberían cuestionarse si acciones, situaciones o palabras diferentes significan en realidad la misma cosa; hay que seguir las convenciones establecidas.
5. Prevención de errores: mucho mejor que un buen diseño de mensajes de error es realizar un diseño cuidadoso que prevenga la ocurrencia de problemas.
6. Reconocimiento antes que recuerdo: se deben hacer visibles los objetos, acciones y opciones. El usuario no tendría que recordar la información que se le da en una parte del proceso, para seguir adelante. Las instrucciones para el uso del sistema deben estar a la vista o ser fácilmente recuperables cuando sea necesario.
7. Flexibilidad y eficiencia de uso: la presencia de aceleradores, que no son vistos por los usuarios novatos, puede ofrecer una interacción más rápida a los usuarios expertos que la que el sistema puede proveer a los usuarios de todo tipo. Se debe permitir que los usuarios adapte el sistema para usos frecuentes.
8. Estética y diseño minimalista: los diálogos no deben contener información que es irrelevante o poco usada. Cada unidad extra de información en un diálogo, compite con las unidades de información relevante y disminuye su visibilidad relativa.
9. Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores: los mensajes de error se deben entregar en un lenguaje claro y simple, indicando en forma precisa el problema y sugerir una solución constructiva al problema.
10. Ayuda y documentación: incluso en los casos en que el sistema pueda ser usado sin documentación, podría ser necesario ofrecer ayuda y documentación. Dicha información debería ser fácil de buscar, estar enfocada en las tareas del usuario, con una lista concreta de pasos a desarrollar y no ser demasiado extensa.

Cognitive walkthroughs (Recorrido cognitivo): Es un método de inspección de usabilidad, se centra en evaluar en un diseño su facilidad de aprendizaje básicamente por exploración, debido a que muchos usuarios prefieren comprender y aprender un software a base de explorar sus posibilidades. Determina los posibles problemas que puede tener el usuario. Determina la curva de aprendizaje que podría tener el usuario. Las actividades son:

- 1) Definición de los datos necesarios para hacer el recorrido
 - a) Identificación de los usuarios
 - b) Prototipo a ser evaluado
 - c) Enumeración de las tareas a desarrollar
 - d) Para cada tarea hacer una lista de acciones (del tipo: usuario-respuesta del sistema)
- 2) Recorrer las acciones: los evaluadores realizan las tareas determinadas anteriormente siguiendo los

pasos especificados y utilizando el prototipo detallado.

Standards: El experto en usabilidad revisa la interfaz para determinar si cumple con los criterios del estándar que se crea pertinente utilizar.

B.2 Inquiry (Indagación)

Los evaluadores hablan con los usuarios, los observan cuando llevan a cabo el trabajo real con el sistema para obtener respuestas a preguntas de forma verbal o por escrito.

Field observation (Observación de campo): El objetivo es entender como el usuario interactúa con el sistema en el entorno real. Es observar a los usuarios y si se requiere se plantea una serie de preguntas para ellos.

Focus Group (Grupo de discusión dirigido): Se reúne a varios usuarios representativos para discutir aspectos relacionados con el sistema. El experto en usabilidad actúa como moderador, el cual previamente ha preparado una lista de aspectos a discutir. Posteriormente recoge la información necesaria.

Interviews (Entrevistas): Son conversación donde uno o varios usuarios reales del sistema que se va a desarrollar o a rediseñar respondan a una serie de preguntas relacionadas al sistema.

Questionnaires (Cuestionarios): Consiste en preparar una lista de cuestionarios o preguntas planteadas sobre algún tema, con la finalidad de que los usuarios las respondan.

Logging Actual Use (Grabaciones del uso – análisis de logs): Creación de una aplicación que se ejecuta en segundo plano en el dispositivo electrónico sin que el usuario se percate (forma no intrusiva) para determinar las acciones que realiza.

B.3 Testing (Pruebas)

Los usuarios representativos trabajan en tareas utilizando el sistema (o prototipo). Los evaluadores utilizan los resultados para ver cómo la interfaz de usuario soporta a los usuarios en sus tareas.

Thinking Aloud Protocol (Pensando en voz alta): Se pide a los usuarios que expresen en voz alta y libremente sus pensamientos, sentimientos y opiniones sobre aspectos de diseño y funcionalidad mientras interactúa con el sistema.

Constructive Interaction (Interacción Constructiva): También conocido como aprendizaje por descubrimiento, es una derivación del pensado en voz alta. En este caso intervienen dos usuarios los cuales realizan conjuntamente los test del sistema. Se grava en video la interacción, para recoger la mayor cantidad informa-

ción. Posteriormente se hace que los usuarios revisen la grabación. El experto trata de interactuar lo menos posible con el usuario mientras realiza el test.

Coaching Method (Método conducido): Durante el test el usuario puede preguntar al evaluador cualquier aspecto relacionado con el sistema y éste deberá responder. El método se centra en los usuarios inexpertos. El propósito del mismo es descubrir las necesidades de información de los usuarios, de tal manera que proporcione un buen entendimiento del sistema. Al mismo tiempo es posible rediseñar la interfaz para evitar la necesidad de preguntas por parte del usuario.

Performance Measurement (Medición del rendimiento): Toma de medidas acerca del rendimiento u otro tipo de aspecto subjetivo que afecte la usabilidad del sistema. Para lo cual se requiere de un buen prototipo o sistema que permita evaluarlo. Se mide el tiempo en completar una tarea, número de opciones de menú erróneas, observación de frustración, de confusión y de satisfacción.

Card Sorting (Ordenamiento de tarjetas): Es una técnica para saber la información que debe agruparse en el sistema. Se parte del criterio de que los usuarios saben cómo usar el contenido. Sin estos comentarios cualquier intento de organizar dicha información no deja de ser un puro ejercicio teórico. Se tienen varios ítems catalogados, útil para decidir la estructura organizativa del sistema.

III. ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS DE USABILIDAD OSS

Se analizan varios artículos cuya temática se centra en el desarrollo de proyectos OSS con enfoque en usabilidad.

De cada uno de ellos se especifica su objetivo y se establece una breve descripción, metodología de investigación utilizada y conclusiones generales.

[1] - *Andreasen, M.S., Nielsen, H.V., Schrøder, S.O., and Stage, J. (2006). Usability in Open Source Software Development: Opinions and Practice. Information Technology and Control, 35(3A): 303-312.*

Objetivo: Especificar las prácticas actuales de usabilidad de la comunidad OSS y los obstáculos para adoptarlos plenamente. El estudio se realiza en base a encuestas y entrevistas a contribuyentes del proyecto, desarrolladores y evaluadores de usabilidad de software libre. Se considera que la comunidad OSS ha creado software con funcionalidad que ha llegado a ser competitivo con software propietario desarrollado por organizaciones de software comercial. En los últimos años se aprecia que compañías como IBM, Sun

Microsystems y Novell están aumentando su participación en OSS.

Método de investigación: En base a un estudio empírico (encuesta y entrevistas) a contribuyentes, desarrolladores y evaluadores de usabilidad de software libre.

Conclusiones: Los desarrolladores de software libre están interesados en la usabilidad, pero en la práctica no es su máxima prioridad; sin embargo proyectos que sí toman en cuenta la usabilidad rara vez emplean una evaluación sistemática de la usabilidad y sí lo hacen emplean métodos de evaluación estándar.

[4] - Benson, C., Müller-Prove, M., and Mzourek, J. (2004). *Professional Usability in Open Source Projects: GNOME, OpenOffice.org, NetBeans. CHI 2004, Vienna, Austria, 1083-1084.*

Objetivo: Examinar la experiencia de Sun Microsystems, Inc. en el desarrollo de proyectos de código abierto, lo cual representa nuevos retos para profesionales de HCI que tienen que cumplir con las necesidades corporativas como la coherencia, la documentación, el apoyo y la conformidad con los procesos de desarrollo. Los profesionales de HCI deben interactuar con los ingenieros de todo el mundo y evangelizar la usabilidad a una comunidad sin “condimentar”. Es conocido que los sistemas OSS tienen interfaces de usuario pobres, debido a que la mayoría de ellas son creadas por ingenieros para ingenieros. El ciclo de retroalimentación con usuarios reales prácticamente no existe, debido a que existen pocos expertos de usabilidad que participan en los procesos de desarrollo de código abierto.

Método de investigación: Observación y registro de actividades.

Conclusiones: Proyectos de OSS han sido desarrollados y siguen desarrollándose por corporaciones que proveen su know-how en usabilidad en software propietario, lo que permite obtener productos útiles y utilizables, este es el caso de proyecto de código abierto como NetBeans, Gnome y OpenOffice bajo la tutela de Sun Microsystems.

[5] - Bødker, M., Nielsen, L., and Orngreen, R.N. (2007). *Enabling User Centered Design Processes in Open Source Communities. N. Aykin (Ed.): Usability and Internationalization, Part I, HCI 2007, LNCS 4559, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 10–18.*

Objetivo: Este artículo pretende realizar una revisión de la praxis e ideología de la comunidad OSS alrededor a los criterios de usabilidad empleados por HCI. Para lo cual toma como caso de estudio el desarrollo de un proyecto de código abierto de gestión de contenidos llamado

TYPO3. Los autores del artículo determinan que un gran porcentaje de la comunidad OSS considera al usuario final como un elemento que no tiene mayor peso en el diseño de sus aplicaciones. Asignan mayor peso a las comunidades denominadas “desarrolladores innovadores”, debido a que según ellos los usuarios finales solo realizan actividades elementales. Muchos de los integrantes de esta comunidad desarrollan software solo porque les gusta programar y los comentarios del usuario final no tienen mayor relevancia porque no reciben incentivo económico directamente de ellos.

El proyecto adopta un enfoque denominado Action-Research (Investigación-Acción). Para el efecto se establecen dos fases: Ambassador Project y Learning Project. En la primera fase los investigadores integrantes de la comunidad obtienen una comprensión de los usuarios y de su situación frente al software que utilizan, para lo cual se emplean entrevistas grabadas en video y observaciones de su utilización. La misión de la fase Learning Project es el transmitir los conocimientos adquiridos al equipo de desarrolladores los cuales crean en base a heurísticas un vocabulario común y las mejoras de la interfaz.

Método de investigación: Estudio informativo (descripción del mejoramiento de usabilidad en un proyecto OSS).

Conclusiones: La comunidad OSS tiene su propia filosofía sobre las aplicaciones que desarrollan. Un gran porcentaje de la comunidad parece no importarle las opiniones del usuario común, sino la de usuarios más sofisticados.

[6] - Çetýn, G., and Göktürk, M. (2008). *A Measurement Based Framework for Assessment of Usability-Centricity of Open Source Software Projects. IEEE International Conference in Signal Technology and Internet Based Systems, 2008, 585-592.*

Objetivo: Estudiar los aspectos de mejora de usabilidad y proponer un método de medición de usabilidad de proyectos F/OSS (Software de Código Abierto/Gratis), para lo cual se realiza una revisión de la literatura, también se realizan encuestas a expertos en usabilidad y a desarrolladores de aplicaciones F/OSS sobre los criterios de usabilidad que emplean en sus proyectos. Los autores del artículo señalan que son muchos los criterios por los cuales la comunidad F/OSS no desarrolla aplicaciones considerando criterios de usabilidad del usuario común. Uno de los criterios, es que no se cobra por su utilización. En cambio en el software propietario los aspectos de usabilidad constituyen un importante generador de ingresos. La literatura que cubre temas de usabilidad, considera que la usabilidad se puede utilizar para aprovechar el retorno de la inver-

de la inversión, aumentar la satisfacción del usuario final y reducir el presupuesto de la capacitación en el manejo de la aplicación.

Método de investigación: Investigación exploratoria - Técnicas empíricas de investigación - Revisión de Literatura y encuestas.

Conclusiones: Basado en la investigación exploratoria mediante la revisión de literatura y encuestas realizadas a expertos en usabilidad y desarrolladores de F/OSS se obtiene un marco de medición de la usabilidad como punto de partida para mejorar aspectos de usabilidad de los proyectos F/OSS.

[7] - Çetýn, G., and Göktürk, M. (2011). *Assessing Usability Readiness of Collaborative Projects. International Journal of Computer Systems Science & Engineering*, 26(4): 259-274.

Objetivo: Con la finalidad de poder mejorar la usabilidad de las aplicaciones, ésta primero se la debe medir. El artículo propone un modelo de evaluación con métricas de usabilidad de proyectos colaborativos F/OSS. El modelo creado se lo emplea para analizar criterios de usabilidad del proyecto KDE. También se realizan algunas observaciones sobre el desarrollo F/OSS, consideran que la comunidad F/OSS se centra más en los elementos funcionales de la aplicación que en la usabilidad de la misma. Se considera que muchos son los factores, pero el principal es la falta de conciencia y conocimiento en HCI de los desarrolladores. De igual manera se considera que el motor que impulsa a los desarrolladores es la motivación de crear algo funcional y no necesariamente centrado en el usuario por lo cual muchas aplicaciones presentan un bajo nivel de usabilidad.

Método de investigación: Investigación empírica - evaluaciones comparativas (revisión de la literatura de investigaciones y encuestas).

Conclusiones: Se propone un modelo de medición de usabilidad de los proyectos F/OSS, el cual puede ser utilizado también para proyectos propietarios. Uno de los problemas de proyectos F/OSS es que muchas veces no se considera aspectos de usabilidad en su desarrollo, lo que conlleva a tener dificultades en el aumento de la eficiencia y eficacia que se debería tener en la realización de las tareas de utilización del software construido bajo este esquema.

[9] - Hedberg, H., Livari, N., Rajanen, M., and Harjumaa, L. (2007). *Assuring Quality and Usability in Open Source Software Development. First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development (FLOSS'07)*, IEEE Computer Society, 1-5.

Objetivo: Presentar una revisión de la calidad y facilidad de uso de aplicaciones desarrolladas en proyectos OSS en base al uso de literatura de ingeniería del software y HCI. Se presenta un resumen de las prácticas actuales utilizadas para asegurar la calidad y facilidad de uso en el desarrollo de software libre. Se presentan recomendaciones prácticas para ser usadas en este contexto. Algo muy importante que señalan los autores es que los proyectos necesitan de personal experto en usabilidad para contribuir en el desarrollo, debido a que los usuarios no pueden actuar como especialistas de usabilidad ya que no están capacitados para desarrollar y garantizar la facilidad de uso.

Método de investigación: Revisión de la literatura.

Conclusiones: En base a la revisión de la literatura del área se establece lineamientos para que los proyectos OSS consideren criterios de calidad y usabilidad.

[12] - Nichols, D.M., and Twidale, M.B. (2006). *Usability Processes in Open Source Projects. Software Process Improvement and Practice*, 11(2): 149-162.

Objetivo: Determinar la manera cómo los proyectos de código abierto hacen frente a los problemas de usabilidad. Se describen los mecanismos, técnicas y tecnologías utilizadas por las comunidades de código abierto para diseñar y refinar las interfaces de sus programas. Se considera cómo los desarrolladores hacen frente a las actividades al ser una comunidad distribuida por todo el mundo, la falta de experiencia en el campo de usabilidad, los recursos limitados y la desvinculación con los usuarios, también se analiza cómo los sistemas de notificación de errores y discusión pueden ser mejorados.

Método de investigación: Observación para determinar los problemas del manejo de usabilidad de los proyectos OSS y experimentación para desarrollar un mecanismo de mejora de los procesos de manejo de errores de usabilidad.

Conclusiones: Se mejora el mecanismo de reporte de problemas de usabilidad a través de medios electrónicos, el manejo de su complejidad y el uso explícito de directrices de interfaces de usuario.

[13] - Osinski, S., and Weiss, D. (2007). *Introducing Usability Practices to OSS: The Insiders' Experience. IFIP International Federation for Information Processing 2007, volumen 234, Open Source Development, Adoption and Innovation*, eds. Feller, J., Fitzgerald, B., Scacchi, W., Sillitti, A., (Boston: Springer), 313-318.

Objetivo: Describir las etapas para el rediseño de la interfaz de usuario de carrot2 (<http://www.carrot2.org>) utilizando técnicas HCI, Carrot2 es una

Carrot2 es una aplicación de minería de datos libre. El proyecto de rediseño tuvo una duración de 200 horas. La mejora de la interfaz hizo que el número de usuarios de la aplicación pase de 5000 a 13000 en corto tiempo.

Método de investigación: Observación y experimentación.

Conclusiones: Se utilizó técnicas HCI en un proyecto OSS de minería de datos, lo que permitió mejorar la interfaz de usuario y por ende el aumento del número de usuarios de dicha aplicación.

[14] - Paul, C.L. (2009). *A Survey of Usability Practices in Free/Libre/Open Source Software*. IFIP International Federation for Information Processing 2009, 264-273.

Objetivo: Este trabajo abarca la revisión de los estudios de usabilidad de ocho proyectos FLOSS (Free/Libre/Open Source Software) para descubrir los desafíos en el ámbito de usabilidad. Los autores señalan que uno de los más graves problemas es la falta de investigación de los usuarios, el cual es un componente clave en el proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), muchos son los criterios por los cuales no se lo realiza. Sin embargo en los últimos años grandes empresas de software propietario como Novell, Red Hat y Sun Microsystems, han incurrido en el desarrollo de aplicaciones FLOSS logrando mejoras considerables, sin embargo no a una velocidad que se quisiera.

Método de investigación: Revisión de las experiencias de ingenieros con experiencia en usabilidad en proyectos FLOSS publicadas en actas de congresos y revistas.

Conclusiones: Hay varias razones por las cuales las investigaciones del usuario pueden ser tan difícil de lograr en proyectos FLOSS; entre las principales se encuentran: cuestiones de liderazgo, culturales y de recursos. Este tipo de proyectos requieren ingenieros de usabilidad para llevar a cabo estudios de usuarios para que puedan ser implementados por los desarrolladores.

[16] - Raza, A., Capretz, L.F., and Ahmed, F. (2012). *An Open Source Usability Maturity Model (OS-UMM)*. *Journal Computers in Human Behaviour*, 28(4): 1109-1121.

Objetivo: Proponer un modelo de madurez de capacidad de usabilidad para proyectos OSS. Se parte de la premisa que los aspectos de usabilidad de los proyectos de código abierto no pueden ser mejorados si no hay una manera de probarlos y medirlos. La creciente popularidad de proyectos de código abierto entre los usuarios novatos y no técnicos requiere una metodología de evaluación de usabilidad.

Método de investigación: Investigación empírica para examinar el impacto de algunos factores clave de la mejora de la usabilidad en proyectos OSS.

Conclusiones: Se logra proponer un modelo de madurez de capacidades de usabilidad para proyectos OSS. Se contempla qué se debe hacer, pero no cómo hacerlo.

[17] - Terry, M., Kay, M., and Lafreniere, B. (2010). *Perception and Practices of Usability in the Free/Open Source Software (FOSS) Community*. *Proceedings of the 28th Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'10) (Understanding and Supporting Programming)*, Atlanta, Georgia, USA, 999-1008.

Objetivo: Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de una investigación para determinar la percepción y prácticas de usabilidad de la comunidad de software libre. En total, 27 personas asociadas con 11 proyectos FOSS diferentes fueron entrevistadas para entender cómo se conceptualiza el concepto de facilidad de uso, la forma en que se aborda en los proyectos y motivación para hacerlo.

Método de investigación: Investigación empírica - evaluaciones comparativas (revisión de la literatura de investigaciones y encuestas).

Conclusiones: Se considera que muchas prácticas y métodos que emplea HCI están siendo reformulados para ser utilizadas en la comunidad FOSS debido a las particularidades propias de ésta comunidad.

[19] - Zhao, L., Deek, F.P., and McHugh, A. (2010). *Exploratory inspection—a user-based learning method for improving open source software usability*. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 22(8): 653-675.

Objetivo: Se propone un método exploratorio para la inspección de usabilidad de proyectos de software libre en base a patrones. Este método de inspección exploratorio, proporciona una adaptación efectiva al usuario para "aprender haciendo". Se lo logra de manera innovadora mediante la aplicación de pautas de usabilidad para guiar la exploración de la facilidad de uso. Este método es probado en un proyecto OSS en el cual participan 255 personas asignadas a un grupo de inspección basado en patrones exploratorios. Los participantes siguen patrones de navegación hasta encontrar un problema.

Método de investigación: Experimentación

Conclusiones: Se presenta un nuevo método de inspección exploratorio que consiste en el uso innovador de los patrones de usabilidad para la orientación de explo-

ración y un entorno integrado de resolución de problemas que puede ser considerado como un “plantilla de informes de bugs”.

IV. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE USABILIDAD OSS Y HCI

En la Tabla 1. se detallan las prácticas y técnicas empleadas por la comunidad OSS identificadas en los artículos analizados. Se realiza un análisis de correspondencia con sus similares de HCI. En el análisis comparativo se pueden determinar que varios proyectos de desarrollo de software de código abierto utilizan técnicas de prototipado y evaluación de usabilidad propias de HCI, tal como éstas son aplicadas en proyectos propietarios. Se puede también notar que varias técnicas han sido ligeramente modificadas, sin embargo se puede evidenciar que son una derivación

de las técnicas HCI manteniendo su esencia fundamental.

Sin embargo, debido a las particularidades propias de la comunidad OSS también se puede determinar la utilización de técnicas propias, como son: evaluación de usabilidad remota, foros en línea, realización de workshop de diseño, action-research, creación de un vocabulario para el manejo de usabilidad, utilización de bug tracker de usabilidad, uso de anotaciones sobre captura de pantallas, consolidación de informes de errores (para lo cual se utilizan herramientas como bugzilla, hendrix), utilización de estándares de interfaces de usuario, diseño y evaluación a tomar como base proyectos ganadores (los mejores en una determinada área), clínica de diseño, métodos de inspección exploratorio, entre otras.

Tabla 1. Prácticas y Métodos de Usabilidad en OSS

Refer. Artic.	Práctica / Método utilizado	Cantidad de Uso		¿Es exclusivo de HCI? Si / No	¿Es exclusivo de OSS? Si / No	Técnica correspondiente en HCI	Técnica/Práctica OSS	Principio	
		Nro. Proj OSS	Nro. de Entrevistados						
(1)	Métodos de evaluación utilizados	Uso de Human Interface Guidelines	14	24	Sí	No	Inspección (guías de comprobación)	-	-
		Seguir convenciones de usabilidad comunes	14	24	Sí	No	Inspección (evaluación heurística)	-	-
		Inspección por un experto en usabilidad	14	24	Sí	No	Inspección (no se especifica la técnica)	-	-
		Evaluación de usabilidad remota	14	24	No	Sí	-	Evaluación de usabilidad remota	Inspección (revisión por grupo con experiencia en usabilidad)
		Otros métodos	14	24	-	-	No se especifica	-	-
		Laboratorio de usabilidad	14	24	No	No	Testing (Laboratorio-Pensar en voz alta-expresión del rostro)	-	-
		No evaluación de usabilidad	14	24	-	-	-	-	-
(4)	Métodos de evaluación utilizados	Documento de Especificación de Interfaz de Usuario	3	-	Sí	No	Inspección (Estándares)	-	-
		Lista de correo y chat que comentan sobre la usabilidad	3	-	No	Sí	-	Foros en línea	Grupo de discusión dirigido
		Entrada anticipada (Early input), son grupos de individuos que comentan sobre los fallos de usabilidad	3	-	No	Sí	-	Entrada anticipada (Early input)	Inspección (revisión por grupo con experiencia en usabilidad)
		Workshops de diseño en conferencias	3	-	No	Sí	-	Workshop de diseño	Pruebas - Performance Measurement (Medición del rendimiento)
(5)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Enfoque denominado Action - Research (Investigación-Acción). Dos fases. Ambassador Project y Learning Project. Ambassador Project comprensión de los usuarios y de su situación frente al software. Learning Project: transmitir los conocimientos adquiridos al equipo de desarrolladores, los cuales crean en base a heurísticas un vocabulario común para la mejora de la interfaz.	2	-	No	Sí	-	Action - Research	Especifica un diseño centrado en el usuario, pero no especifica ninguna técnica
		Entrevistas a los usuarios	2	-	Sí	No	Entrevista	-	-
		A través de observaciones de utilización del sistemas	2	-	Sí	No	Observación	-	-
		Creación en base a heurística de un vocabulario para el manejo de usabilidad	2	-	No	Sí	-	Creación de un vocabulario para manejo de usabilidad	Conocer al usuario, transmitir sus características y necesidades y desarrollar un prototipo de la interfaz
(6)	Métodos de evaluación utilizados	Prototipos y evaluación heurística	-	76	Sí	No	Prototipos y Evaluación Heurística	-	-
		Se utilizan criterios del Diseño Centrado en el Usuario	-	76	Sí	No	No se especifica	-	-
		Utilización de medios de comunicación electrónico para discutir aspectos de usabilidad, trabajo colaborativo.	-	76	No	Sí	-	Evaluación de usabilidad remota	Inspección (revisión por grupo con experiencia en usabilidad)
		Utilización de Guidelines de interfaz de Usuario.	-	76	Sí	No	Estándares	-	-
		Diseño participativo con los usuarios (maquetas de baja fidelidad y work organization games)	1	-	Sí	No	Maquetas	-	-
(7)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Paper prototyping	-	76	Sí	No	Paper prototyping	-	-
		Heuristic evaluation	-	76	Sí	No	Heuristic evaluation	-	-
		Expert review	-	76	Sí	No	Expert review	-	-
		Interface Guidelines	-	76	Sí	No	Interface Guidelines	-	-
		Pruebas de usuario	-	76	Sí	No	Pruebas de usuario	-	-
		Conocer la opinión de los usuarios	-	76	Sí	No	Conocer la opinión de los usuarios.	-	-
		Focus group	-	76	Sí	No	Focus group	-	-
(9)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Todas las metodologías analizadas hacen hincapié en comprender y especificar al usuario su trabajo/prácticas/tareas y el contexto de uso, y cuidadosamente rediseñar la práctica del trabajo/tareas basada en la comprensión, la participación activa del usuario, el intercambio de ideas de los primeros usuarios e iterar la solución de diseño basado en feedback del usuario.	-	-	No	No	No se especifica	-	-
		Reportar un problema de usabilidad a través de medios electrónicos, contempla tres secciones:	-	-	-	-	-	-	-
(12)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Reporte de errores (mediante bug tracker)	2	-	No	Sí	-	Uso de anotaciones sobre captura de pantallas	Reporte de errores sobre impresión de interfaz
		Manejo de la complejidad	2	-	No	Sí	-	Consolidación de informes de errores (herramienta para el efecto: Bugzilla, Hendrix)	Consolidación de informes de errores (herramienta para el efecto: Bugzilla, Hendrix)
		Uso explícito de interface Guidelines. Ejemplo HIG GNOME (documento que explica cómo crear aplicaciones que se ven bien, se comportan correctamente, y se adaptan a la interfaz de usuario GNOME en sí conjunto)	2	-	No	Sí	-	HIG GNOME (Human Interface Guidelines)	Estándar de interfaces de usuario.

(13)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Prototipos del nuevo diseño - prototipos	1	-	Sí	No	Prototyping technique based on static HTML (cambiar las fases sin escribir código) Prototipo basado en estáticos.	-	-
		Pruebas de usabilidad	1	-	Sí	No	Cognitive Walkthroughs (Recorrido Cognitivo)	-	-
		Implementación y evaluación de la versión rediseñada	1	-	Sí	No	Testing (Laboratorio-Pensar en voz alta -expresión del rostro)	-	-
(14)	Métodos para abordar temas de usabilidad. a) Temprano y frecuentemente: El diseño es involucrado desde temprano y se repite todo el proceso de desarrollo.	Diseño antes de codificar	3	-	Sí	No	-	-	-
		Buscar y corregir problemas de diseño temprano.	3	-	Sí	No	-	-	-
		Encuestas	3	-	Sí	No	Cuestionarios y Encuestas	-	-
	b) Métodos no participativos: Métodos que no involucran directamente a los usuarios.	Tareas de observación de usuarios	3	-	Sí	No	Observación	-	-
		Pruebas a los usuarios	3	-	Sí	No	Test de Campo	-	-
	c) Métodos no participativos que involucran directamente a los usuarios.	Análisis de competencia	3	-	Sí	No	Análisis Competitivo	-	-
Workshops de diseño		3	-	No	Sí	-	Workshop de diseño	Pruebas - Performance Measurement (Medición del rendimiento)	
Guidelines de interfaces de usuario		3	-	No	No	Inspección de Conformidad con Estándares	-	-	
(16)	Métodos para abordar temas de usabilidad	Heurísticas de interface de usuario	3	-	No	No	Evaluación Heurística	-	-
		Propuestas de un modelo de madurez de capacidad de usabilidad de los proyectos OSS, tomando como base las necesidades del usuario. Este modelo establece que se debe hacer y no como, por lo cual no hace referencia a ninguna técnica o práctica de usabilidad en particular.	-	-	-	-	-	-	-
		Al presentar atención a lo que se pide, discutido o solicitados en internet relay chat (IRC), listas de correo y foros (todos los proyectos)	11	-	Sí	No	Foros	-	-
(17)	Métodos para descubrir temas de usabilidad	Formas de fallos (todos los proyectos)	11	-	No	Sí	-	Workshop de diseño	Software de manejo de errores
		Al descubrir lo que no funciona en el desarrollo del software (todos los proyectos)	11	-	Sí	No	Recorridos cognitivos (con Matrices)	-	-
		A través "referencia de usuario" "Bleeding Edge", usuarios de versiones compiladas, y los usuarios profesionales.	7	-	Sí	No	Testing	-	-
		A través de observaciones informales de amigos y familiares, observaciones de los asistentes a las cabinas que utilizan software, en las cabinas del proyecto; o ver charlas en conferencias en las que los usuarios extremos dan demostraciones de flujos de trabajo.	4	-	Sí	No	Observación (con Matrices)	-	-
		Al encontrar inconsistencias en las "reglas" de la interfaz o sus expectativas.	3	-	Sí	No	Inspecciones	-	-
		Mediante la realización de estudios de pensar en voz alta (thinks-aloud)	3	-	Sí	No	Pensar en voz alta	-	-
		Mediante la realización de estudios de usabilidad en entorno controlado.	3	-	Sí	No	Test de Usabilidad en Laboratorio	-	-
		Al dar tutoría sobre software u obtener informes de las dificultades encontradas en la enseñanza del software en clases.	2	-	Sí	No	La gente de HCI realiza esta actividad, pero no hay un nombre de técnica asociado a lo que ellos hacen	-	-
		A través de opiniones de expertos realizada de forma remota.	1	-	Sí	No	Evaluación por control remoto	-	-
		A través de proyectos de contenido abierto.	1	-	No	Sí	-	Proyectos contenido abierto	-
		(17)	Métodos para abordar temas de usabilidad	Entrevistas de los usuarios.	1	-	Sí	No	Entrevistas
A través de encuestas de usuarios.	1			-	Sí	No	Cuestionarios y encuestas	-	-
Programa dirigido pidiendo a los usuarios identificar pequeños problemas de usabilidad que pueden ser rápidamente identificadas.	1			-	Sí	No	Cuestionarios y encuestas	-	-
Uso de Human interface Guidelines - Directrices (HIGs)	4			-	Sí	No	Inspección de Conformidad con Estándares	-	-
Reuniones anuales, mensuales, semanales o ad hoc, ya sea en persona o en el IRC.	4			-	Sí	No	Focus Group	-	-
Definiciones de un grupo de usuarios objetivo	4			-	Sí	No	El autor no especifica la técnica de usabilidad que se aplica de las relaciones con el Análisis de Usuarios.	-	-
A través de la usabilidad de proyectos "ganadores"	2			-	No	Sí	-	Proyectos ganadores	Copia y mejora de los mejores
Creación de personajes de usuarios.	2			-	Sí	No	Personas	-	-
Realizando blogging del diseño a través del feedback de los usuarios.	2			-	Sí	No	-	-	-
La participación en sesiones de usabilidad	2			-	Sí	No	Sesiones de usabilidad	-	-
Arreglar las cosas con soluciones que son "lógicamente mejor"	1			-	Sí	No	-	-	-
Creación de escenarios de usuarios para orientar el diseño.	1	-	Sí	No	Escenarios de Tareas	-	-		
Ejecución de las clínicas de diseño en las conferencias.	1	-	No	Sí	-	Clinicas de diseño	Charlas y consultas a expertos en el área		
Proyectos de contenido abierto	1	-	No	Sí	-	Proyectos de contenido abierto	-		
Mediante el desarrollo y la aplicación de patrones de diseño de interfaz de usuario.	1	-	Sí	No	Guía de Estilo del producto	-	-		
Interface wiki para realizar Brainstorming	1	-	Sí	No	Tormenta de Ideas Visual	-	-		
Método de inspección exploratorio.	1	256	No	Sí	-	Método de inspección exploratorio	En base a plantillas de navegación y captura de errores		

V. CONCLUSIONES

Este estudio permite recopilar las particularidades de la comunidad OSS, la importancia que está teniendo el software de código abierto y sobre todo la identificación de los mecanismos para incluir aspectos de usabilidad.

Dentro de las principales características de la comunidad OSS se puede mencionar que es una comunidad conformada en su mayoría por profesionales expertos en desarrollo de software que trabajan en su tiempo libre, motivados por mejorar sus habilidades, ser estimulados intelectualmente y ganar cierto renombre en la comunidad. Actividades por las cuales no reciben réditos económicos directamente, siendo este el motivo principal por el cual la comunidad no cuentan con recursos económicos propios. En los últimos años, grandes empresas de desarrollo de software propietario como IBM, Sun Microsystems, Novell y Red Hat, están aumentando su participación en OSS, lográndose mejoras considerables en su calidad, confiabilidad y usabilidad. Sin embargo, no a la velocidad que se esperaría.

Varios autores señalan que los proyectos OSS necesitan de personal experto en usabilidad para que puedan contribuir en el desarrollo de las aplicaciones, debido a que los usuarios comunes o ellos mismos no pueden actuar como especialistas de usabilidad ya que no están capacitados para desarrollar y garantizar la facilidad de uso. Desde hace algún tiempo se considera que esta comunidad ha comenzado a tomar en cuenta criterios de usabilidad para ser incluidos en sus proyectos, razón por la cual muchas de las técnicas de usabilidad empleados en proyectos propietarios HCI están siendo utilizados, otros han sido reformulados para ser utilizados en la comunidad OSS debido a las particularidades antes señaladas de este grupo de desarrollo.

REFERENCIAS

[1] Andreasen, M.S., Nielsen, H.V., Schrøder, S.O., and Stage, J. (2006). *Usability in Open Source Software Development: Opinions and Practice*. *Information Technology and Control*, 35(3A): 303-312.

[2] Bach, P.M., DeLine, R., and Carroll, J.M. (2009). *Designers Wanted: Participation and the User Experience in Open Source Software Development*. *Proceedings of International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'09)*, ACM, 985-994.

[3] Benson, C., Elman, A., Nickell, S., and Robertson, C.Z. (2002). *GNOME Human Interface Guidelines 2.0. The GNOME Usability Project*.

[4] Benson, C., Müller-Prove, M., and Mzourek, J. (2004). *Professional Usability in Open Source Projects: GNOME, OpenOffice.org, NetBeans*. *CHI 2004, Vienna, Austria*, 1083-1084.

[5] Bødker, M., Nielsen, L., and Orngreen, R.N. (2007). *Enabling User Centered Design Processes in Open Source Communities*. N. Aykin (Ed.): *Usability and Internationalization, Part I*, HCII

2007, LNCS 4559, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 10-18.

[6] Çetýn, G., and Göktürk, M. (2008). *A Measurement Based Framework for Assessment of Usability-Centricness of Open Source Software Projects*. *IEEE International Conference in Signal Technology and Internet Based Systems*, 2008, 585-592.

[7] Çetýn, G., and Göktürk, M. (2011). *Assessing Usability Readiness of Collaborative Projects*. *International Journal of Computer Systems Science & Engineering*, 26(4): 259-274.

[8] Frishberg, N., Dirks, A.M., Benson, C., Nickell, S., and Smith, S. (2002). *Getting to Know You: Open Source Development Meets Usability*. *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'02)*. *Extended Abstracts*, ACM, 932-933.

[9] Hedberg, H., Livari, N., Rajanen, M., and Harjumaa, L. (2007). *Assuring Quality and Usability in Open Source Software Development*. *First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development (FLOSS'07)*, IEEE Computer Society, 1-5.

[10] Müller-Prove, M. (2007). *Community Experience at OpenOffice.org*. *Proceedings of the Interactions 14(6)*: 47-48

[11] Nichols, D.M., and Twidale M.B. (2003). *The Usability of Open Source Software*. *Proceedings of the First Monday* 8(1).

[12] Nichols, D.M., and Twidale, M.B. (2006). *Usability Processes in Open Source Projects*. *Software Process Improvement and Practice*, 11(2): 149-162.

[13] Osinski, S., and Weiss, D. (2007). *Introducing Usability Practices to OSS: The Insiders' Experience*. *IFIP International Federation for Information Processing 2007*, volumen 234, *Open Source Development, Adoption and Innovation*, eds. Feller, J., Fitzgerald, B., Scacchi, W., Sillitti, A., (Boston: Springer), 313-318.

[14] Paul, C.L. (2009). *A Survey of Usability Practices in Free/Libre/Open Source Software*. *IFIP International Federation for Information Processing 2009*, 264-273.

[15] Raymond, E. S. (1999). *The cathedral and the bazaar*. Sebastopol, CA: O'Reilly.

[16] Raza, A., Capretz, L.F., and Ahmed, F. (2012). *An Open Source Usability Maturity Model (OS-UMM)*. *Journal Computers in Human Behaviour*, 28(4): 1109-1121.

[17] Terry, M., Kay, M., and Lafreniere, B. (2010). *Perception and Practices of Usability in the Free/Open Source Software (FoSS) Community*. *Proceedings of the 28th Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'10) (Understanding and Supporting Programming)*, Atlanta, Georgia, USA, 999-1008.

[18] Thomas, M.P. (2008). *Why Free Software Has Poor Usability, and How to Improve It*. [Online] Available: http://www.oreillynet.com/onlamp/blog/2008/08/matthew_paul_thomas_why_free_s_1.html.

[19] Zhao, L., Deek, F.P., and McHugh, A. (2010). *Exploratory inspection—a user-based learning method for improving open source software usability*. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 22(8): 653-675.



Jácome Santiago. Nació en Atuntaqui provincia de Imbabura en Ecuador. Es graduado de la Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador en Ingeniería de Sistema Computacionales e Informática. Cuenta con cuatro masterados, el último realizado en la Universidad Autónoma de Madrid-España en Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones especialización Software Centrado en el Usuario. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de doctorado en Informática en la Universidad Autónoma de Madrid-España. Es docente del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador, donde se desempeña como docente. Trabaja en el área de Ingeniería de Software y Redes de Datos. Santiago Jácome también es Instructor Certificado CISCO CCNA-CCIA. Email: psjacome@espe.edu.ec

MODELO DE CALIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE SOFTWARE; CASO PRACTICO EMPRESA BABELSOFTWARE DEL ECUADOR

Garcés Guayta Lucas Rogerio (1) y Orna Jijón Cristina Nataly (2)

(1) Docente tiempo completo

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga
Departamento de Eléctrica y Electrónica, lrgarces@espe.edu.ec

(2) Ingeniera de Software

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga
Departamento de Eléctrica y Electrónica, cristina.orna.jijon@hotmail.com

RESUMEN

En la presente investigación se describe una problemática muy conocida por las empresas que desarrollan software en nuestro país; inconvenientes que en ocasiones genera insatisfacciones de los clientes, retrasos en las entregas e incumplimiento de los acuerdos con el producto software creado, se ha determinado que la mayor razón para este suceso es que solo se ha limitado a codificar y corregir pasando por alto la utilización de normativas que regulan tanto el proceso como el producto final para de esta manera aportar calidad al producto entregado.

El motivo por el cual se ha investigado tanto en el ámbito académico como en el de la empresa este inconveniente es dar una solución posible mediante la creación de un modelo de calidad enfocado a la etapa de planificación de proyectos de software que permita la optimización de este proceso.

PALABRAS CLAVES: Etapa de Planificación, Norma ISO/IEC 12207, Modelo de Calidad, Estándares IEEE.

ABSTRACT

In this study we describe a well-known problem for software firms producing in the country, which is sometimes generates customer dissatisfaction, late deliveries and breach of the agreement with the software product developed, it has been determined that most reason for this event is limited to only code and fix ignoring the regulations governing use of both the process and the final product to thereby provide the product quality delivered.

The reason that you want to investigate both in academia and in the company this problem is to give a possible solution by creating a quality model focused on the stage of project planning software and thus optimize this process.

I. INTRODUCCIÓN

Los inconvenientes que se ha presentado durante el desarrollo de un proyecto software repercuten al final

en la entrega del mismo al cliente y precisamente es en la etapa inicial o de planificación donde se originan estos inconvenientes, ya que se presentan como retrasos en la entrega, sobrecarga de trabajo, incumplimiento en lo estipulado entre el cliente y el proveedor o poca aceptación por parte de cliente hacia el producto entregado.

Desde la aparición de la Crisis del Software fueron apareciendo verdaderas y posibles soluciones a este inconveniente dando como nacimiento las técnicas, parámetros y regulaciones con las que se normaba la producción de software durante todas sus etapas de desarrollo. Dando paso así a las normas y estándares que ahora rigen para mejorar la calidad del producto entregado, obteniendo mayor satisfacción del cliente ya que cumple con las necesidades negociadas con el proveedor.

El presente artículo pretende evidenciar los resultados de la creación y aplicación de un modelo de calidad para la etapa de planificación de proyectos de software medianos en la empresa Babel Software de la ciudad de Latacunga. Para este proceso se ha considerado estudiar los problemas que se presentan en el contexto definido, se ha seleccionado las normas y estándares que están relacionadas a la etapa de planificación de proyectos; dicha selección se realizó con un estudio comparativo compuesto por parámetros de comparación propios de la aplicación de las normas y parámetros relacionados a la aplicación de estas normas en el contexto definido. Una vez que se obtuvo el modelo de calidad que más se ajustó al tipo de proyectos de la empresa en la cual se aplicó, se diseñó el modelo considerando la metodología de desarrollo de software aplicada en la empresa y el modelo resultado del estudio comparativo. Diseñado el modelo se implementó y probó en varios incrementos de un proyecto de software que se encontraba en ejecución en la empresa objeto de estudio. Finalmente de la aplicación del modelo propuesto se obtuvieron resultados

tanto del Gestor del proyecto de software, los Desarrolladores y de Expertos a quienes se izó evaluar el modelo de calidad propuestos; resultados que fueron contrastados con el problema planteado, llegando a la conclusión de que si se aplica un modelo de calidad a la etapa de planificación de proyectos de software si se optimiza tiempo, costos y esfuerzo; a más de la distribución equitativa de las actividades y tareas a los desarrolladores en el contexto estudiado.

II. NORMAS Y ESTÁNDARES PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE

Los proyectos de desarrollo de software se diferencian de los otros proyectos de ingeniería tradicional en la naturaleza lógica del producto software, dando como resultado un producto intangible.

Estos detalles han sido uno de los principales puntos causantes de problemas a lo largo del desarrollo de proyectos de software y los precursores de desacuerdos con los clientes que resultan inconformes con el producto final, por ser de baja calidad o diferente a lo acordado.

A partir de este panorama, se han ido forjando desde el año 1985 hasta la actualidad una serie de normas, estándares, modelos y técnicas que son consideradas la solución práctica, pero no definitiva a la constante problemática que existía al momento de emprender en desafío de crear un producto software. Estas normas contienen una serie de parámetros y estrategias que normalizan los procesos que se ejecuta durante el desarrollo y mejoran el desempeño del equipo completo de trabajo.

Revisando brevemente el estado del arte de las normas y estándares vinculados a la gestión de proyectos de software, proceso de ingeniería al cual está orientada la presente investigación podemos caracterizar las siguientes:

- Entre los años 1920 a 1960; se usó de Métodos de Cálculo Matemático para la estimación de proyectos de software, en esta etapa se aplica la Malla Gantt (Gantt, 1917) como una herramienta para definir el inicio y finalización de un proyecto de software. Otro de los métodos aplicados en esta etapa están el de Ruta Crítica y la Malla Pert (PERT, 1958), ampliamente utilizados en la planificación de proyectos.
- Entre los años de 1960 a 1970; en esta etapa aparece la Crisis del Software, debido a los problemas costos, fiabilidad e insatisfacción de los usuarios que se generaron en el desarrollo de productos de software de la época, dando lugar a una nueva disciplina llamada

Ingeniería de Software (RUBI, 2012). Consecuentemente en esta atapa nacen las entidades reguladoras que daría en un futuro el soporte técnico práctico al proceso de desarrollo de software. Entonces aparece Work Breakdown Structure (WBS), IEEE, PMI.

- Entre los años de 1975 a 1984; aparecen ya los primeros modelos destinados a mantener a las ciencias informáticas planteados como soluciones a la crisis que se enfrentó en la etapa anterior. Los modelos que aparecen en esta atapa son: PROMPT II orientado a corregir la estimación de tiempo y presupuestos (Prince2, 2012); surge también el libro The Mythical Man-Month en el cual se promulga la Ley de Crooks orientado a la gestión de proyectos de software; se desarrollan las Métricas de Puntos de Función, orientadas a medir la funcionalidad entregada por el usuario; aparece COCOMO como un modelo matemático paramétrico que se aplica a la etapa inicial y planificación del proyecto.
- Entre 1984 y 1990; en esta etapa se evidencia el verdadero avance evolutivo de las normas y estándares enfocados a la gestión de proyectos de software. Entre las que podemos mencionar: Norma IEEE 1058.1 orientada a definir terminologías de la Ingeniería de Software, planes de gestión de configuración de software, pruebas de software, aseguramiento de la calidad, verificación y validación de software; aparece el Modelo PRINCE como mejora del PROMPT II.
- De 1991 a la actualidad; se da inicio a una serie de publicaciones de estándares y normas de calidad certificadas en el ámbito de la gestión de la Ingeniería de Software. Entre los que aparecen están: IEEE 1074 orientada a definir las actividades esenciales para el desarrollo de un producto de software; aparece el CMM orientado a medir la madurez del desarrollo de software; aparece la ISO/IEC 9126 enfocado a la evaluación de productos de software; la ISO/IEC 12207 orientada a definir los procesos de ciclos de vida del software; el IEEE 830 para la especificación de requisitos de software; Moprosoft definido como Modelo de Procesos para la Industria de Software; el ISO/IEC TR-15504 SPICE (AZULAY, 2012) definido como un estándar internacional de evaluación y determinación de la capacidad y mejora continua de procesos de Ingeniería de Software.

Como podemos constatar en este apartado, se han desarrollado a lo largo de la historia varias normas y estándares que orientan varios procesos de la Ingeniería de Software, en la presente investigación se ha vinculado las normas procesos de ciclos de vida del software y la etapa de planificación de proyectos de software donde se da el problema de partida en la investigación desarrollada.

III. COMPROBACIÓN DEL PROBLEMA

Para evidenciar la existencia del problema se realizó una encuesta al personal que labora en una sucursal de la empresa Babel Software acantonada en la Ciudad de Latacunga y que desarrolla productos de software en varios países de América Latina. Para esto se aplicó un instrumento de investigación orientado a obtener los criterios utilizados para el desarrollo de proyectos software.

Se consideró un total de diez preguntas relacionadas a:

- Retraso en la planificación,
- Sobrecarga de trabajo,
- Inconformidad del cliente,
- Sub-estimación de recursos,
- Omisión de reglamentos y parámetros acordados para el desarrollo,
- Incumplimiento del plan de trabajo.

Obteniendo los siguientes resultados:

La encuesta al equipo de trabajo, evidencia que en un 75% existe problemas durante la etapa inicial del proyecto. El siguiente 15% afirma la inexistencia de dichos inconvenientes y el restante 10% asegura que estos problemas existen ocasionalmente. Gráficamente tenemos:

Inconvenientes en el proyecto



Figura 1.- Presencia de inconvenientes durante el desarrollo de un proyecto.

También se incluyó en el instrumento dos preguntas referidas a la necesidad de utilizar un modelo de calidad que regularice el proceso de planificación para el desarrollo de software, a esta necesidad el 100% de los encuestados respondieron afirmativamente.

IV. SELECCIÓN DE LA NORMA AJUSTADA A LOS PROCESOS DE LA EMPRESA

Para la creación del modelo de calidad que permita la optimización de la etapa de planificación de proyectos de software, se inició seleccionando las normas y estándares vinculadas a estos procesos; seguidamente se ha realizado la comparación de las normas seleccionadas según parámetros y puntos ya establecidos por

investigaciones anteriores que se tomaron como referencia en esta investigación, a los cuales se han incluidos parámetros propios de comparación que ajustan las normas comparadas al contexto y necesidad estudiada. El resultado de este proceso comparativo ha facilitado la norma más factible para aplicar en la empresa.

3.1 Proceso General de Planificación de Proyectos de Software

El ciclo de vida describe la evolución del desarrollo de software, desde la fase inicial hasta la fase final. El propósito de este es definir las distintas fases intermedias que se requieren para validar el desarrollo de la aplicación; es decir, para garantizar que el software cumpla los requisitos. Para la aplicación y verificación de los procedimientos de desarrollo se asegura de que los métodos utilizados sean los apropiados, en sentido general las actividades a desarrollar son:

1. Planificación del negocio
2. Construcción: Es la más importante y se divide a su vez en otras cinco actividades
 - Planificación
 - Investigación
 - Especificación
 - Implementación
 - Revisión
3. Entrega

Las normas que se listan seguidamente están dirigidas a todo el ciclo de vida del software y dentro de ellas resaltaremos la descripción de la etapa de planificación para el desarrollo.

- Norma ISO/IEC 12207, Ciclo de Vida del Software

Establece un marco de referencia común para los procesos del ciclo de vida del software. Contiene procesos, actividades y tareas para aplicar durante la adquisición de un sistema que contiene software, un producto software puro o un servicio software, y durante el suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de productos software. (Bermudez, 2008)

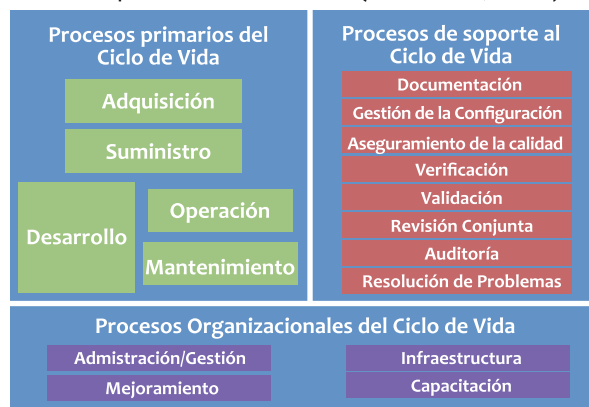


Figura 2.- Estructura de los principales Procesos de la Norma

3.2 Estudio comparativo de las normas para la planificación de proyectos.

Con el fin de centrar algunos conceptos de calidad que tengan relación entre sí, se hace necesario tener en cuenta algunos criterios de selección que sirvan para elegir aquellos modelos que pueden ser de interés para este proyecto de investigación según la necesidad del contexto estudiado.

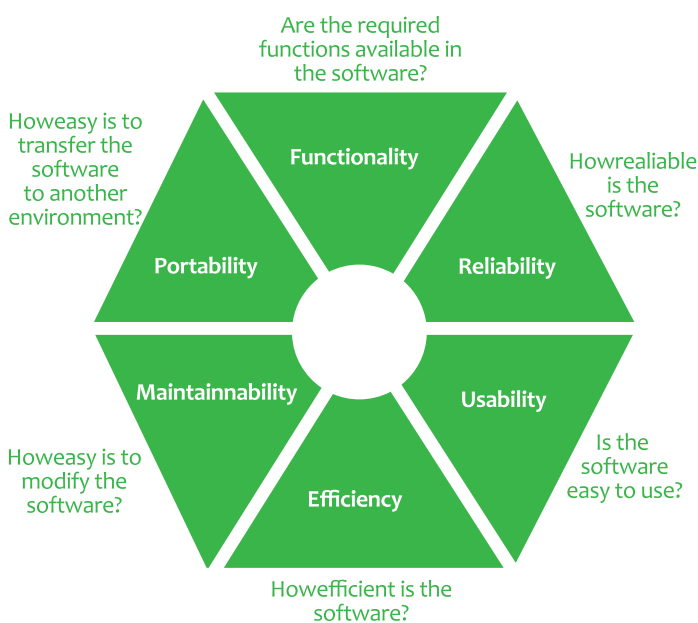
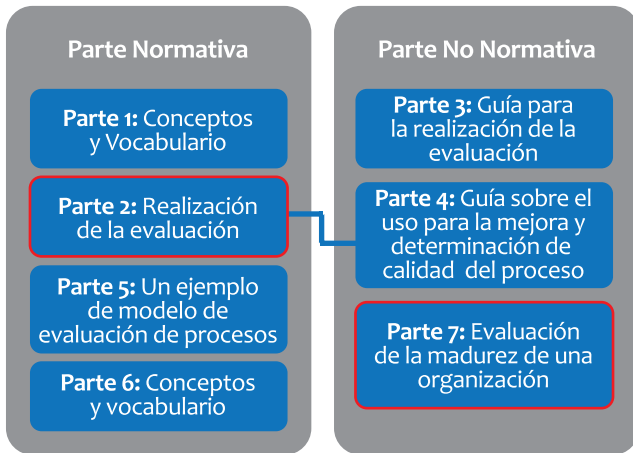
Los datos y elementos fueron tomados de un estudio realizado por una investigación para una Maestría en Calidad de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires-Argentina. La valoración se mide de 1 a 3 siendo de menor valor el que menos ajusta.

- C1: Disponibilidad: grado en que es posible acceder a la información existente. Se refiere a la facilidad de obtener la información.
- C2: Claridad: Grado en que el modelo es presentado y si posee mecanismos explicativos sobre su uso. Se refiere a que tan sencillo puede ser entender el modelo, influyen factores como: estructura, idioma y presentación del modelo.
- C3: Adaptabilidad: Grado en el que el modelo posee la capacidad de adaptarse a distintas situaciones dependiendo del producto al que se va aplicar.
- C4: Completitud: Grado en el que el modelo describe todas sus partes en su totalidad sin dejar por fuera información importante. Un modelo completo se considera que posee descripción de atributos, métricas y mecanismos de ayuda para llegar a la medición.
- C5: Área de aplicación: aplicabilidad del modelo a las diferentes áreas de calidad del software.
- C6: Tipos de proyectos: tipo o nivel proyecto a los que el modelo puede ser aplicado.

Tabla 1.- Puntaje según los criterios a considerar para la selección de la norma.

Estándar	Criterios						Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
ISO 9126	2	2	2	2	3	2	13
ISO 15504	2	2	1	NA	1	2	8
IEEE/IEC 12207	2	2	2	2	3	3	14

La siguiente comparación se realizó utilizando como base el Método de Estudio de Similitud entre Modelos y Estándares (MESME), desarrollado por el grupo de investigación Cátedra para la Mejora de Procesos Software en el Espacio Iberoamericano de la Universidad Politécnica de Madrid.



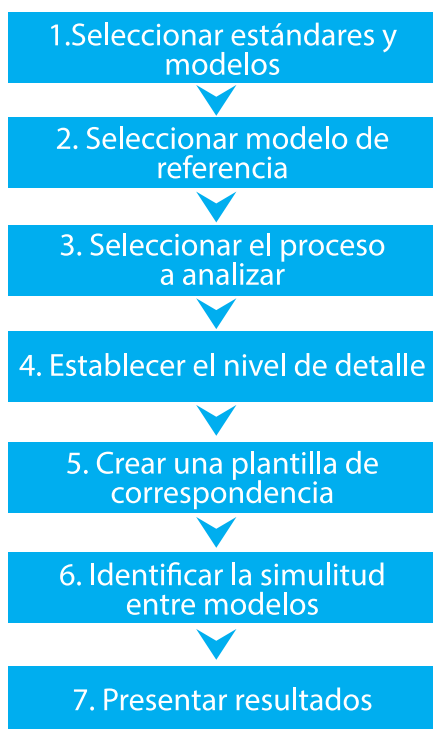


Figura 5.- Pasos de MESME para selección de las normas, Fuente: (Vega, 2012)

A continuación se presenta la adaptación de los pasos propuestos por MESME para el caso particular de este estudio.

Tabla 2.- Criterios de Selección Preliminar

Criterios de Selección Preliminar
El Estándar y/o modelo incluye recomendaciones para la gestión de calidad en el desarrollo de software.
El Estándar y/o modelo es ampliamente conocido y utilizado por las organizaciones desarrolladoras de software y la academia.
El Estándar y/o modelo ha sido propuesto por un organismo de reconocido prestigio internacional.
La información y estructura propia del estándar y/o modelo es pública y se encuentra disponible.

Tabla 3.- Criterios Específicos para la Selección del Estándar

investigaciones anteriores que se tomaron como referencia en esta investigación, a los cuales se han incluidos parámetros propios de comparación que ajustan las normas comparadas al contexto y necesidad estudiada. El resultado de este proceso comparativo ha facilitado la norma más factible para aplicar en la empresa.

3.1 Proceso General de Planificación de Proyectos de Software

El ciclo de vida describe la evolución del desarrollo de software, desde la fase inicial hasta la fase final. El propósito de este es definir las distintas fases intermedias que se requieren para validar el desarrollo de la aplicación; es decir, para garantizar que el software cumpla los requisitos. Para la aplicación y verificación de los procedimientos de desarrollo se asegura de que los métodos utilizados sean los apropiados, en sentido general las actividades a desarrollar son:

1. Planificación del negocio
2. Construcción: Es la más importante y se divide a su vez en otras cinco actividades
 - Planificación
 - Investigación
 - Especificación
 - Implementación
 - Revisión
3. Entrega

Las normas que se listan seguidamente están dirigidas a todo el ciclo de vida del software y dentro de ellas resaltaremos la descripción de la etapa de planificación para el desarrollo.

- Norma ISO/IEC 12207, Ciclo de Vida del Software

Establece un marco de referencia común para los procesos del ciclo de vida del software. Contiene procesos, actividades y tareas para aplicar durante la adquisición de un sistema que contiene software, un producto software puro o un servicio software, y durante el suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de productos software. (Bermudez, 2008)

Criterios Específicos para la Selección del Estándar
El estándar o modelo proporciona información actualizada
Enfoque de la propuesta en términos de calidad de los productos desarrollados.
Enfoque de la propuesta en términos de la calidad del proceso seguido.
Mayor permeabilidad de la propuesta en términos de otros procesos o buenas prácticas.

Tabla 4.- Criterios Específicos para la Selección del Estándar

Criterios para la etapa de Planificación
La norma hace referencia a los procesos que se han de utilizar en la etapa de Planificación.
Detalla puntualmente la estimación de recursos a utilizarse en el desarrollo del proyecto.
Define los puntos clave para estimar los recursos.
Realiza un adecuado y sencillo análisis de riesgos
Establece un ámbito de proyecto.

La Tabla que se presenta a continuación muestra la valoración de cada criterio:

- “H” (3) representa un alto grado de cumplimiento del criterio,
- “M” (2) representa que el criterio se cumple parcialmente y
- “L” (1) significa que el criterio no se satisface lo suficiente.

Tabla 5.- Criterios generales para la selección.

Criterios	ISO 9126	ISO 15504	IEEE/IEC 12207
Es ampliamente conocido y utilizado	M	M	M
Ha sido propuesto por un organismo de reconocido prestigio internacional.	H	H	H
La información y estructura propia es pública y se encuentra disponible.	H	L	H
Incluye recomendaciones para la gestión de calidad en el desarrollo de software.	M	H	M
Proporciona información actualizada.	M	L	M
Relevancia de la institución proponente.	H	H	H
Enfoque de la propuesta en términos de calidad.	L	L	H
Enfoque de la propuesta en términos de la calidad proceso.	L	L	M
Mayor permeabilidad de la propuesta en términos de otros procesos o buenas prácticas.	L	L	M
Hace referencia a los procesos para planificación.	M	L	M
Estimación de recursos	L	L	M
Puntos clave para estimar	L	L	M
Realiza un adecuado y sencillo análisis de riesgos	M	M	H
Establece un ámbito de proyecto.	M	M	H
SUMAN:	18	17	19

En esta tabla se observa que el estándar IEEE/IEC 12207 cumple satisfactoriamente todos los criterios establecidos en la selección de los estándares, lo cual valida como modelo de referencia. Incluye también la definición de un proceso de calidad que incorpora diferentes áreas de procesos y buenas prácticas para conseguir la calidad lo que se produce en términos de software. Se ha seleccionado ya que se aplica principalmente en proyectos medianos y pequeños, que es el caso que la empresa y necesidad del contexto desarrolla. (Vega, 2012)

3.3 Modelo de Calidad para la Etapa de Planificación (MCEP)

El Modelo propuesto procede del Estándar o Norma Técnica ISO/IEC 12207 (Procesos del ciclo de vida del software), esta norma esta acoplada a los procesos de desarrollo de software propios de la empresa Babel Software en la cual se utilizara la presente investigación.

El modelo propuesto contiene la estructura y los entregables que se irán realizando durante el proceso. Cabe recalcar que un modelo nos dice “QUE” hacer, mientras que el “COMO” hacerlo se define mediante la metodología que la empresa utilice para el desarrollo.

Estructura del Modelo de Calidad Propuesto



Figura 6.- Modelo de Calidad para la Etapa de Planificación (MCEP).

Es importante mencionar que como soporte para la aplicación de la norma se definió el Proceso de Adaptación, Propósitos y Resultados los cuales permitirán cumplir con los objetivos que determina la norma.

V. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

La MCEP fue implementada y probada en la Empresa Babel Software. Para verificar los resultados de ésta implementación se aplicó una encuesta al equipo de trabajo de ésta empresa.

Para el análisis y obtención de los resultados se trabajó con tres grupos de personas dos de ellas están definidas en el plan de investigación y una tercera es validación de la norma por expertos, considerados de la siguiente manera:

- Población (empresa Babel Software)
- Muestra (equipo de trabajo)
- Desarrolladores
- Project Manager
- Expertos en Calidad de Software

Se determinó que los resultados del instrumento se valorarían entre el siguiente porcentaje:

- Hasta de 39 por ciento: El modelo propuesto MCEP no se cumple,
- Entre 40 y 59 por ciento: El modelo propuesto MCEP se cumple, pero con deficiencias en cuanto a procesos,
- Entre 60 y 85 por ciento: El modelo propuesto MCEP se cumple, pero con leves inconvenientes,
- Más de 85 por ciento: El modelo propuesto MCEP optimizara el proceso de planificación de proyectos de software agregando factores de calidad a las tareas.

a. Resultados de los desarrolladores.

De los resultados obtenidos por el primer los desarrolladores es:

Nivel de aceptación del Modelo

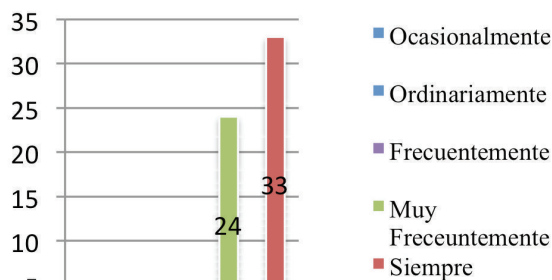


Figura 7.- Criterio de aceptación del Modelo en los desarrolladores

La figura evidencia un 86,25% de aceptación en los desarrolladores afirmando la efectiva mejora del proceso inicial de planificación de proyectos.

b. Resultados del Project Manager.

De los resultados obtenidos por el segundo grupo

encuestado se evidencia en la Figura 8.

La Figura 8 evidencia un 85,62% de aceptación del Project Manager afirmando la efectiva mejora del proceso inicial de planificación de proyectos.

Tanto los Desarrolladores como el Project Manager superan el 85 %, lo que evidencia su aplicabilidad en la fase de planificación de proyectos de software.

Nivel de aceptación del Modelo

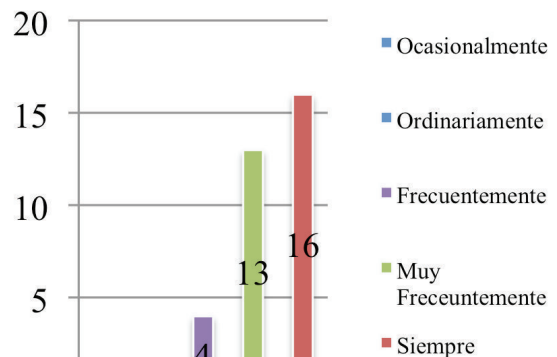


Figura 8.- Criterio de Aceptación del Modelo por el Project Manager

c. Resultados de los expertos.

De los resultados obtenidos por el tercer de los expertos es:

Nivel de aceptación del Modelo

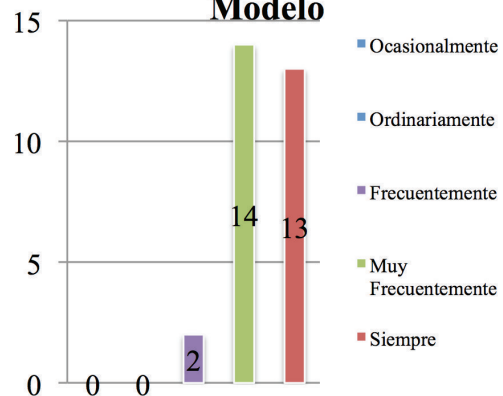


Figura 9.- Criterio de Aceptación del Modelo por los expertos

La figura evidencia un 79,38% de aceptación en los expertos. En este grupo el resultado es menor al 85%; esta valoración definida por los expertos se debe a que evaluaron el modelo para todo tipo de proyecto, además sugirieron la ampliación del estudio de modelos para la aplicación en cualquier contexto. Sin embargo el modelo cumple con leves inconvenientes.

VI. CONCLUSIONES

Es necesaria la aplicación de técnicas y métodos que regulen los procesos, tareas y las actividades que cumple el equipo de trabajo, para generar producto de calidad durante todo el proceso de desarrollo de un producto de software.

Las prácticas y técnicas propuestas por algunas normas y estándares, permiten representar de manera adecuada las diferentes fases, tareas y actividades planificadas durante el desarrollo del proyecto de software.

La aplicación de un modelo de calidad en el desarrollo del proyecto de software permite tomar la mejor decisión al ejecutar el proyecto. Además se está al tanto de que estas tareas han sido adaptadas a las necesidades y situación actual propia de la empresa.

El Modelo de Calidad propuesto es visiblemente adaptable y flexible para su aplicación en los procesos propios de la empresa puesto que se basa en normativas y estándares definidos para los procesos de planificación de proyectos de software.

La presente investigación ha arrojado una problemática muy común en las empresas proveedoras de software que trabajan en nuestro país, pero con muy buenos resultados finales ya que existen actividades a seguir que se rigen comúnmente a una estructura organizada y simple la cual mejora los procesos con los que se desarrolla software; argumentando la necesidad de la aplicación de normas y estándares que eviten los problemas habituales y permitan el desarrollo de productos software de mejor calidad desde su nacimiento hasta su salida al mercado.

La presente investigación se ha centrado en un contexto y para proyectos medianos; se sugiere ampliar esta investigación para proyectos de mayor tamaño vinculando en el estudio normas y estándares como ISO/IEC TR-15504 SPICE, SWEBOK, CMMI-Dev, entre otros que den soporte a este tipo de proyectos.

VII. REFERENCIAS

Bermudez, J. (2008). sistemas.edu.bo. Recuperado el 2012, de sistemas.edu.bo: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CEAQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.sistemas.edu.bo%2Fjbermudez%2Fsis3502a%2FstandaresIEEE.ppt&ei=LZQ_Uf75Ac-u0AGpjYGABw&usg=AFQjCNEQQWQtLQuIS3hu-yIpSD3AoBf3BQ&sig2=RlIoKdVz79btkf

Paez, J. (28 de OCTUBRE de 2009). LAS NORMAS ISO/IEC . Obtenido de <http://lasnormasiso15504122079126.blogspot.com/>

Sanders, J. &. (s.f.). Repositorio Digital Institucional (RDI). Obtenido de Software Quality, A Framework for Success in Software Development and Support: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5321/34-2.pdf?sequence=2>

Vega, V. Z. (2012). Análisis Comparativo de Modelos de Calidad. Identificación de Mejores Prácticas para la Gestión de Calidad en Pequeños Entornos. Chile: Infonor.

AZULAY, T. S. (5 de 08 de 2012). Repositorio- Escuela Politecnica Nacional- Sistemas Informaticos y de Computación. Recuperado el 2013, de Estudio Comparativo entre los estandares SPICE y CMMI: ftp://190.5.199.75/mnieto/Ingenieria_software_I/SPI-CE-Software%20Process%20Improvement%20and%20Capability%20odEtermination/Estudio%20comparativo%20entre%20ISO%2015504%20y%20CMMI.pdf

Gantt, H. (1917). MALLA GANTT. IEEE. (1991). Modelos de procesos del Ciclo de Vida. Obtenido de Issegunfill: <http://issegunfill.blogspot.com/2007/04/el-estndar-ieee-1074-1997.html>

IEEE. (1998). Obtenido de <http://www.ieee.org/index.html>

ISO. (1998). Las normas ISO. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales.

ISO. (2009). iso.org. Recuperado el 2012, de iso.org: <http://www.iso.org/iso>

ISO, 2. (18 de 08 de 2009). ISO 25000.com. Recuperado el 2013, de <http://iso25000.com/index.php/iso-iec-9126.html>

RUBI, I. C. (2012). Direccion wordpress. Obtenido de Direccion wordpress: <http://blogadmi2.files.wordpress.com/2010/02/tarea1rcei4.pdf>

Pressman, R. (2005). INGENIERIA DEL SOFTWARE UN ENFOQUE PRÁCTICO.

PERT, O. (1958). PERT.

Prince2. (2012). PRINCE2.COM. Recuperado el 2012, de PRINCE2.COM: <http://www.prince2.com/us/what-is-prince2.asp>



Lucas Garcés Guayta. Nació en Quero provincia de Tungurahua en Ecuador. Es graduado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador en Ingeniería de Sistemas en el año 2000 y cuenta con un maestría en Informática Aplicada en Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador.

Actualmente es docente del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” Extensión Latacunga Ecuador, donde se desempeña como docente tiempo completo, coordinador del área de Gestión de Software y Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Software. Trabaja en el área de Gestión de Software específicamente en el campo de las metodologías de desarrollo de software e ingeniería de usabilidad.

Email: lrgarces@espe.edu.ec.

Cristina Orna. Nació en Ambato provincia de Tungurahua en Ecuador. Es graduada de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, Latacunga – Ecuador en Ingeniería de Software en el año 2013.

Actualmente es desarrolladora Junior de la Empresa Babel Software.

Análisis del uso de teléfonos inteligentes como nodos de una red inalámbrica de sensores

Gonzalez R.1, Huerta M.2,3

1 Departamento de Computación y Tecnología de la Información de la Universidad Simón Bolívar

2 Departamento de Electrónica y Circuitos de la Universidad Simón Bolívar

3 Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Abstract—Las Redes Inalámbricas de Sensores o RIS son un tipo de red que permite recolectar datos directamente de fenómenos físicos, así como de procesos que se desea monitorizar o controlar. Los análisis de mercado para este tipo de tecnología predecían que el uso de estos dispositivos se masificaría y que su precio se reduciría de forma tal, que se pudieran crear redes con gran cantidad de sensores a muy bajo costo. Eso aún no ha ocurrido, sin embargo, otros dispositivos electrónicos, como los teléfonos inteligentes o “Smartphones”, si se han masificado, y han reducido su costo de forma importante. Adicionalmente los teléfonos cada día están incluyendo, de forma integrada, tanto nuevos tipos de sensores, que les permiten capturar datos del medio ambiente, como nuevas interfaces de comunicación para transmitir los datos que están recolectando. Todo esto los hace parecerse cada vez más al perfil de uso de un nodo sensor de una RIS, pero hay dos aspectos que hay que analizar aún adecuadamente, los costos de los equipos y su consumo eléctrico, ambos factores claves para los nodos de una RIS. Este trabajo busca analizar de forma general que tan bien encaja las características y funcionalidades presentes en los teléfonos inteligentes con los requerimientos de los nodos de una RIS, para identificar si estos pueden ser empleados para armar nuevas RIS de forma efectiva y eficiente.

Palabras claves—Wireless sensor networks, redes inalámbricas de sensores, teléfonos inteligentes, ahorro de energía, monitorización de procesos, redes ad-hoc.

I. INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas de sensores son una tecnología emergente que puede llegar a cambiar el mundo [1], debido al potencial que representa la captura directa de información de fenómenos físicos, ambientales, médicos o industriales usando dispositivos relativamente sencillos.

Una Red Inalámbrica de sensores (RIS) o Wireless Sensor Network (WSN), como se le conoce por su nombre en inglés, es un sistema distribuido compuesto por un cierto número de nodos de sensores, también llamados motes, que es colocada en un terreno de interés [2]. En este tipo de red, cada nodo sensor debe ser un dispositivo autónomo, con capacidades para recolectar datos del mundo físico, procesarlos, y finalmente transmitirlos a un nodo especial que recibe el nombre de Sink, que conecta a la RIS con los usuarios de sus datos y que usualmente se encuentran en una red más tradicional, como se ilustra en la figura 1.

El nodo Sink, que también recibe el nombre de puerta de enlace o estación base, es un componente de red con mayores capacidades de procesamiento, menores limitaciones de consumo de potencia y un sistema más complejo de comunicación, que suele concentrar la información de interés que recolecta la red.

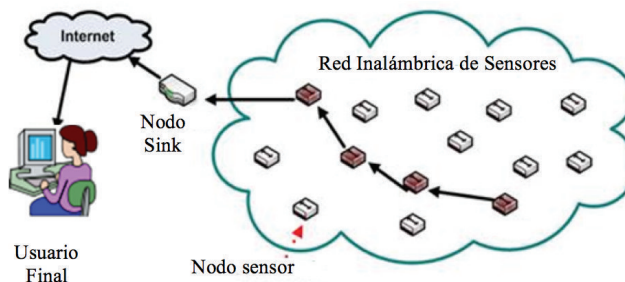


Fig. 1. Arquitectura general de una red inalámbrica de sensores

Este componente actúa como un Gateway o pasarela de paso que conecta la red de sensores al servidor de información que usan los usuarios y clientes del sistema. La arquitectura general de los nodos sensores que conforman este tipo de red, es la que se describe en la figura 2 y contempla al menos un dispositivo sensor, que se encarga de capturar variables provenientes de la ocurrencia de algún evento de interés en el mundo físico, un conversor analógico digital o ADC para transformar los valores que el sensor detecta en valores digitales que puedan ser procesados y comunicados por los otros componentes del nodo, un componente de procesamiento, que permite realizar algún tipo de acondicionamiento, cálculo o análisis de los valores capturados, una unidad de comunicación inalámbrica para transmitir los datos que se consideren de interés, y una fuente de alimentación eléctrica [3], lo que le permite operar de forma autónoma por largos periodos de tiempo, para lograr este último objetivo es importante que el nodo y todos sus componentes posean un bajo consumo energético [4].

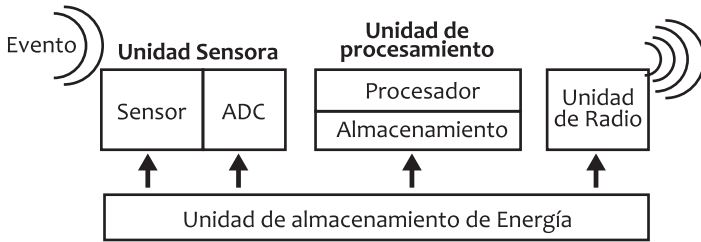


Fig. 2. Componentes de un nodo sensor de una red inalámbrica de sensores

Por su pequeño tamaño, bajo costo y reducido consumo de potencia, los nodos sensores usualmente cuentan con recursos limitados en cuanto a capacidad de almacenamiento y procesamiento, por lo que resulta difícil que la mayoría de los protocolos para redes tradicionales puedan ejecutarse directamente en ellos. Debido a esto, han surgido un conjunto de algoritmos y estrategias para lograr el envío exitoso de los datos recolectados, empleando para ello la menor cantidad posible de recursos.

Las potencialidades de las RIS son tantas que han sido desarrolladas un gran número de aplicaciones en diferentes áreas [5], tales como en agricultura de precisión [6], en mantenimiento preventivo y predictivo de máquinas [7] (detección de vibraciones, exceso de temperatura, etc.), en el monitoreo del medio ambiente [8], en medicina y salud [9] (healthcare), entre muchas otras.

II. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LAS RIS

Las RIS poseen un conjunto de propiedades que las diferencian de otras redes más tradicionales, a continuación pasamos a describir algunas de ellas.

A. Manejo del consumo de energía en las RIS

La capacidad de una batería es una medida de la cantidad de energía que ésta puede entregar. Por ejemplo si una baterías AA pueden llegar a entregar 2100 mAh, lo que quiere decir es, que si se le conecta una de estas baterías a un equipo que gasta 2100 mA, entonces el equipo podrá operar de forma continua por un tiempo de 1 hora. En realidad el comportamiento de la descarga de la batería no es lineal por lo que la cuenta es realmente un poco más compleja, pero usaremos esta forma simple como una posible aproximación al cálculo real.

Para entender qué tan bajos pueden ser los consumos de potencia de un nodo sensor de una RIS, veamos en la Tabla I, donde se muestran los datos técnicos del consumo de potencia de un mote modelo TelosB[10] que emplea un sensor integrado de humedad y temperatura SHT11. Si bien este mote puede emplear otros sensores, aquí se coloca éste como un ejemplo de los gastos en los que puede incurrir un sensor sencillo.

TABLA I. CONSUMO DE ENERGÍA DE UN MOTE DEL MODELO TELOS B

Operación	Consumo de Energía
Transmisión	21
Escucha Masiva	19
Recepción	0,021
Sensado de Humedad con sensor SHT11	3,4

$$\text{Tiempo de operación} = \frac{(\text{Energía disponible})}{(\text{Consumo de energía})}$$

Para tener una idea que significa que un nodo sensor tenga estos consumos de potencia, tomemos como ejemplo un modelo TelosB que puede usar como fuente de energía de 2 baterías AA de 2500mAh cada una, con lo que el mote contará con un total de 5000 mAh para su alimentación. Usando los datos de la Tabla I y la ecuación 1 podemos calcular el tiempo de operación del equipo mediante un modelo de consumo lineal, reemplazando la energía disponible por los 5000 mAh y el consumo de energía de los componentes del nodo, tal como aparecen en la Tabla I, entonces podríamos decir que este nodo pudiera estar: 9,92 días sólo transmitiendo datos, o 10,96 días recibiendo información, o 9920 días (27 años) durmiendo (La batería se dañaría antes de alcanzar este tiempo), o 61 días o 2 meses capturando datos del sensor SHT11. Ahora si el nodo pasa el 5 % del tiempo encendido, transmitiendo, recibiendo y capturando valores del sensor y el 95% del tiempo restante, permaneciera dormido, en este caso el nodo pudiera estar operando de forma continua por un periodo de tiempo superior a los 245 días o 8 meses aproximadamente.

En muchos desarrollos de redes inalámbricas de sensores se emplean estas estrategias de consumo de energía, implementando un ciclo de trabajo en el cual los componentes de un nodo están despiertos, operando en toda su capacidad, por un periodo corto de tiempo: recolectado datos, transmitiendo los datos recolectados, así como recibiendo y reenviando los datos de sus nodos vecinos, de forma tal que éstos puedan llegar al nodo Sink. Luego el nodo entra en un periodo de bajo consumo de energía, en el que los componentes de mayor consumo son simplemente desconectados, dejan de operar y por tanto de consumir potencia eléctrica, hasta el inicio del siguiente ciclo, este comportamiento es el que se ilustra en la figura 3.

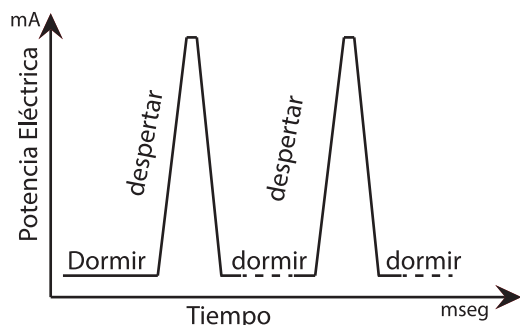


Fig. 3. Periodos de alto y bajo consumo de potencia durante el ciclo de operación de un nodo de una RIS.

Este manejo particular del consumo de potencia permite alargar el tiempo de vida de los nodos sensores de la red y ha sido una de las clave del éxito de las RIS.

B. Aspectos de comunicación en las RIS

Las RIS emplean estrategias de las redes Ad-Hoc especialmente para el establecimiento de topologías de interconexión, así como para las configuraciones de comunicación y reenvío de los datos. En la mayoría de los casos, los nodos trabajan bajo el esquema de redes no infraestructuradas, donde cada nodo puede hacer indistintamente tanto las labores de un nodo sensor para recolectar datos del ambiente, como las de un nodo enrutador para reenviar los datos que son capturados por otros nodos.

Las RIS usualmente emplean protocolos especiales de LR_WPAN como el IEEE 802.15.4 ya que estos protocolos les permiten lograr un menor consumo de energía a los nodos, y alargar el tiempo de vida de la red, sin embargo, esto hace que no sea sencillo que los usuarios finales se puedan comunicar directamente con los nodos sensores, por lo que deben hacerlo a través del nodo Sink, quien hace las veces de Gateway, o pasarela de paso, para comunicar a los usuarios que emplean protocolos estándares de comunicación con los protocolos específicos de comunicación que se emplean en las RIS.

C. Situación actual de las RIS

Como se puede apreciar en la introducción, existen una gran cantidad de aplicaciones de las RIS en campos muy diversos, sin embargo, la mayoría de estas aplicaciones son fundamentalmente prototipos, en diferentes niveles de desarrollo. ¿Por qué las RIS no han ido más allá hacia una masificación de las aplicaciones aquí descritas? Quizás es un problema de madurez del mercado, o quizás lo que ocurre es que su costo sigue siendo elevado como para que muchos usuarios empleen, de forma cotidiana, estos tipos de componentes.

A pesar de que existen una cantidad de fabricantes que ofrecen un conjunto importante de nodos, tanto en versiones estándares como propietarias. La realidad es que los costos de los nodos sensores actuales oscilan entre los 30 y los 80 USD, los nodos Gateway son usualmente más costosos. Por lo que claramente aún no se cumple la promesa de la industria, de que los costos de los nodos sensores llegarán a ser muy bajos.

Por otra parte existen dispositivos electrónicos que recientemente han tenido mucho éxito comercial, que pueden ocupar el lugar de los nodos sensores tradicionales, ya que cuentan tanto con sensores para capturar valores de los sistemas y procesos de interés, como con interfaces inalámbricas que les permiten comunicar los datos que están recolectando. Estos equipos son los teléfonos inteligentes.

III. TELÉFONOS INTELIGENTES COMO PARTE DE UNA RIS

Un teléfono inteligente o Smartphone es un dispositivo que provee conexiones de voz y datos, además de la posibilidad de ejecutar programas de aplicación como lo hace un asistente personal digital PDA [11]. Los recientes avances en la electrónica de consumo han permitido transformar estos dispositivos en pequeñas computadoras de propósito general, que algunas veces se pueden llegar a usar para enviar y recibir llamadas telefónicas. La incorporación de otras tecnologías inalámbricas, como interfaces Wi-Fi, también ha mejorado sus habilidades de comunicación como dispositivos autónomos, sin embargo, es aún más interesante la inclusión de sensores internos tales como: GPSs, acelerómetros, micrófonos, entre otros.

El hecho de que todos estos componentes e interfaces se hayan podido reunir en un solo dispositivo, que puede gestionar actividades de detección, cómputo, comunicación, y el manejo de la movilidad, tod en un pequeño dispositivo autónomo, con un costo relativamente bajo, hacen que los teléfonos inteligentes puedan ser considerados como el mejor dispositivo de computación personal, del que se puede disponerse hoy en día [12].

En líneas generales un teléfono inteligente posee los siguientes componentes y características: Una pantalla y dispositivos de entrada, como teclados o pantallas táctiles, que facilitan la comunicación directa con el usuario; una batería que le da cierto grado de autonomía de operación, lo que es de especial utilidad en casos de emergencia donde la alimentación eléctrica puede fallar; un conjunto de sensores ya integrados entre los que se destacan: acelerómetros, GPSs, micrófonos, entre otros; y un conjunto de interfaces de comunicación, que permite conexiones a redes de datos de corto alcance como Bluetooth y NFC, de alcance medio o WLAN como WiFi y de largo alcance, como las redes celulares de datos 2G, 3G y 4G.

Adicionalmente, y no menos importante, es el hecho de que los teléfonos inteligentes se pueden comprar en prácticamente cualquier lugar, y en especial en alguna de los numerosos comercios de equipos electrónicos, como en aquellos que pertenecen a los operadores móviles y que se encuentran en cualquier centro comercial, pero mejor aún es que todo el tiempo podemos cargar uno en el bolsillo y usarlo cuando sea necesario.

Todas estas características, hacen que el uso de teléfonos inteligentes como parte de una red inalámbrica de sensores sea una idea atractiva. De hecho, ya hay algunos reportes de investigaciones en los que han sido empleados, sin embargo, en la mayoría de los casos los teléfonos inteligentes han formado parte de la RIS sólo de forma parcial, cumpliendo los roles de Sink[13] o de Gateways[14][15] para interconectar una RIS tradicional con sus usuarios. Sin embargo, por la presencia de sensores en los teléfonos inteligentes estos también pueden ser empleados en el rol de nodos sensores en una RIS, que es justo lo que este trabajo propone. Existen algunos diseños de redes en los que teléfonos inteligentes ya han sido propuestos para capturar datos directamente del mundo físico [16], o localizando objetos de interés [17], conformando redes de sensores, aunque en esos diseños los teléfonos están asociados o son portados por sus usuarios.

Sink[13] o de Gateways[14][15] para interconectar una RIS tradicional con sus usuarios. Sin embargo, por la presencia de sensores en los teléfonos inteligentes estos también pueden ser empleados en el rol de nodos sensores en una RIS, que es justo lo que este trabajo propone. Existen algunos diseños de redes en los que teléfonos inteligentes ya han sido propuestos para capturar datos directamente del mundo físico [16], o localizando objetos de interés [17], conformando redes de sensores, aunque en esos diseños los teléfonos están asociados o son portados por sus usuarios. Algunos sensores específicos como los acelerómetros que están presentes en teléfonos inteligentes han sido la base de la implementación de algunas redes en las que los teléfonos se usan como sensores remotos, formando redes WiFiPhone[18] en las que los teléfonos están asociados a ningún usuario lo que encaja mejor con la estructura general de una RIS.

Todos estos antecedentes contribuyen a que podamos pensar que el uso de los teléfonos inteligentes para formar RIS es totalmente factible. Pero para tener una mejor idea de las potencialidades de los teléfonos inteligentes veamos cómo éstos pueden cubrir las diferentes actividades y características presentes en los nodos de una RIS.

A. Manejo de energía

Aunque el consumo de potencia de un teléfono inteli-

gente no es tan bajo como el de un nodo sensor de una RIS, si es mucho más bajo que el consumo de un equipo de computación tradicional.

La mayor parte de la literatura sobre RIS tiene que ver con el diseño de protocolos de bajo consumo, en ellos se le resta importancia a la energía consumida en el tratamiento de los datos dentro del nodo, y se llega a la conclusión de que es la comunicación la responsable de la mayor parte del consumo de energía en los nodos[19]. En este sentido uno de los aspectos que posee un teléfono inteligente es la función de “Modo Avión” que fue inicialmente diseñada para apagar los componentes de comunicación inalámbrica para evitar generar algún tipo de interferencia con los dispositivos de control de aeronaves. Al desconectar las interfaces de comunicación, se reduce el consumo de potencia que estos componentes realizan. Por ello una posibilidad es que el teléfono este realizando mediciones de forma constante, pero programe los envíos de datos para que estos ocurran a intervalos regulares. Es dentro de estos periodos que se habilita el uso de las interfaces de comunicación, con lo que se pudiera generar una reducción significativa del consumo de los equipos, tal como fue descrito en la sub-sección II.A de manejo de energía en las RIS.

B. Aspectos de comunicación

Los teléfonos inteligentes poseen diferentes interfaces de comunicación, sin embargo, al ser empleados como nodos sensores será más frecuente el uso de la interfaz WiFi, porque aunque los teléfonos pueden enviar datos por otras interfaces con mayor alcance, como las redes de datos celulares, emplear estas redes implica una serie de gastos adicionales asociados a costos de operación de las líneas de datos de las operadoras celulares. Las redes WiFi al ser redes no licenciadas pueden ser de libre uso y no representar ningún tipo de costo adicional para cada dispositivo de la red.

Las interfaces WiFi usualmente vienen configurada para trabajar de forma infraestructurada, en este modo en la red debe haber un conjunto de puntos de acceso (Access Points o AP) que son dispositivos específicamente dedicados a brindar el acceso de comunicación a la red, pero la inclusión de este tipo de dispositivos no es común en las RIS y pudiera generar costos adicionales. Sin embargo, es posible configurar las interfaces WiFi para que estas trabajen en modo no infraestructurado o Ad-Hoc, para que puedan generarse redes con una estructura similar a las RIS tradicionales, pudiendo ahora cada nodo trabajar indistintamente, tanto en labores de nodo sensor, para recolectar datos del ambiente, como en labores de nodo enrutador, para reenviar los datos que son capturados por otros nodos.

C. Acceso a la información en las RIS

Las RIS que usen teléfonos inteligentes como nodos sensores generalmente no emplearán el protocolo IEEE 802.15.4, sino el IEEE 802.11 o WiFi, esto hace que la comunicación sea un poco más costosa en término de consumo de energía, pero por otro lado, al ser un protocolo más tradicional, permitirá que los usuarios de los datos puedan comunicarse de forma más directa con los nodos sensores, si esto es lo que se desea, de forma que puedan acceder lo antes posible a los datos. Los teléfonos mismos, al contar tanto con pantallas como con dispositivos de entrada como teclados y botones, permiten que los usuarios puedan acceder a los datos directamente desde la pantalla de los dispositivos de captura de la información, lo que puede llegar a permitir esquemas de operación más simples, en los que el usuario puede ver los datos directamente allí donde se producen, y no sólo a través de consolas de control que pueden estar a cierta distancia de los procesos que se desean estudiar y controlar.

D. Usos de sensores en los teléfonos inteligentes

Los sensores fueron originalmente incluidos en los teléfonos inteligentes para mejorar la interacción con el usuario, pero también pueden ser usados para recolectar datos del mundo físico.

E. Costo de los equipos

En referencia a los precios, si bien los teléfonos inteligentes más conocidos son usualmente los de gama alta cuyo precio suele oscilar entre los 200 y 800 dólares (USD). En este sentido si buscamos precios en sitios como Amazon podemos conseguir equipos en 736 USD como el Samsung Galaxy S4 i9505 16GB 4G/LTE, o el Samsung Galaxy S III/S3 en 443 USD. Sin embargo esto equipos son relativamente costosos como para ser empleados como nodos de una RIS.

A pesar de esto también existen equipos de gama baja con precios sensiblemente menores, tal es el caso de los modelos Motorola Citrus WX445 Android Smartphone con un precio de 55 USD, y el LgOptimus S Android con un precio de 65 USD. Todos los precios mostrados aquí corresponden a precios de lista para teléfono Android liberados, en Mayo del 2013, obtenidos a partir de sitio Web de Amazon.com [20]. Estos equipos posee un precio que es competitivo con respecto al promedio de los nodos sensores tradicionales, y que incluso es menor que el de algunos de los nodos más estándares y reconocidos, como el modelo TelosB, que llega a tener un costo aproximado de 80 USD. Lo que es mejor aún es que por ese precio los teléfonos inteligentes incluyen, además del equipo mismo, un conjunto de sensores integrados que llegan a incluir sensores como acelerómetros, GPS, detectores de luz, y otros componentes como una batería recargable, el cargador de la misma y una pantalla que puede permitir visualizar de forma mucho más directa

y cómoda algunos resultados intermedios.

F. Análisis del uso de teléfonos inteligentes como nodos de una RIS

Todos los aspectos aquí analizados nos demuestran que funcionalmente los teléfonos inteligentes cumplen prácticamente con la totalidad de los requerimientos que se le imponen a un nodo sensor de una RIS. Quizás la mayor diferencia que pueda apreciarse esté en el consumo de potencia de los equipos, que si bien puede llegar a ser mayor en los teléfonos inteligentes, la realidad es que el uso de algunas de las mismas estrategias de ahorro de energía que se emplean en las RIS tradicionales puede permitir extender la vida de la batería del teléfono y por ende el tiempo de servicio continuo de los teléfonos como nodos sensores.

La otra gran ventaja del uso de teléfonos inteligentes como nodo sensores está en la disponibilidad de los equipos, ya que estos pueden ser adquiridos directamente en cualquiera de los muchos comercios que las operadoras celulares poseen, pero adicionalmente se puede contar con el hecho de que si en algún momento crítico hace falta un equipo adicional, sólo tenemos que llegar hasta nuestro bolsillo para usar nuestro teléfono personal y solucionar el problema de colocar un equipo adicional de emergencia, mientras se realiza la búsqueda y procura de nuevos equipos por esquemas más tradicionales.

IV. CONCLUSIONES

Las redes inalámbricas de sensores han tenido un éxito importante en permitir la captura y difusión de datos de fenómenos físicos en diversas aplicaciones asociadas a labores de monitoreo y control de procesos ambiental, industriales, médicos y de salud.

Algunas de las características tecnológicas y de operación de los teléfonos inteligentes como: el hecho de contar con diferentes tipos de sensores, el uso de estrategias para aumentar el ahorro de energía, la presencia de diferentes interfaces de comunicación, la capacidad de ejecución de programas de propósito general y el costo cada vez más bajo de algunos de estos equipos, son características que nos muestran que los teléfonos inteligentes pueden cumplir con la mayoría de los requerimientos que se le imponen a los nodos sensores de una RIS, e incluso poseen algunas ventajas adicionales, gracias a la presencia de interfaces de comunicación e interacción con los usuarios, lo que permite que los teléfonos puedan ser usados directamente para consultar y visualizar los datos recolectados que los usuarios consideren de su interés. Adicionalmente los teléfonos inteligentes poseen otra ventaja importante asociada a la gran disponibilidad de este tipo de equipos, no sólo porque pueden ser adquiridos en cualquier comercio de una operadora celular,

sino también porque en casos de emergencia podemos apelar a nuestros propios teléfonos personales para colocar un nodo extra en cualquier momento y lugar que esto se requiera.

Todas estas características nos hacen pensar que cada vez con mayor frecuencia conseguiremos redes inalámbricas de sensores en las que teléfonos inteligentes serán los principales elementos de construcción.

REFERENCIAS

- [1] Technology Review, «10 Emerging Technologies That Will Change the World,» Technology Review by MIT, pp. 37-49, Febrero 2003. I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam y E. Cayirci, «Wireless sensor networks: a survey,» Computer Networks, vol. 38, n° 4, p. 393-422, March 2002.
- [2] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam y E. Cayirci, «A survey on sensor networks,» IEEE Communications, pp. 102-114, Agosto 2002.
- [3] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler y K. Pister, «System Architecture Directions for Networked Sensors,» de Proceedings of the ninth international conference on Architectural support for programming languages and operating systems (ASPLOS'00), Cambridge, MA, USA, 2000.
- [4] T. Arampatzis, J. Lygeros y S. Manesis, «A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks,» de Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation, Limassol, Cyprus, 2005.
- [5] A. Ghobakhlou, P. Sallis, O. Diegel, S. Zandi y A. Perera, «Wireless sensor networks for environmental data monitorin,» de IEEE Sensor 2009 Conference, Christchurch, New Zealand, 2009.
- [6] L. Nachman, R. Kling, R. H. J. Adler y V. Hummel, «The intel mote platform: a bluetooth-based sensor network for industrial monitoring,» de 4th international symposium on Information processing in sensor networks (IPSN 2005), Los Angeles, CA, 2005.
- [7] G. Barrenetxea, F. Ingelrest, G. Schaefer, M. Vetterli, O. Couch y M. Parlange, «Sensorscope: Out-of-the-box environmental monitoring,» de International Conference on Information Processing in Sensor Networks, (IPSN'08), St. Louis, USA, 2008.
- [8] R. A. Rashid, S. H. S. Arifin, M. R. A. Rahim, M. A. Sarijadi y N. H. Mahalin, «Home healthcare via wireless biomedical sensor networ,» de IEEE International RF and Microwave Conference (RFM 2008), Kuala Lumpur, Malaysia, 2008.
- [9] Crossbow Technology, «TelosB Mote Platform DataSheet,» San Jose California.
- [10] Electronics manufacturers, 2007. [En línea]. Available: <http://www.electronics-manufacturers.com/products/wireless-communication/smartphone/>.
- [11] G. Roussos, A. Marsh y S. Maglavera, «Enabling Pervasive Computing with Smart Phones,» IEEE Pervasive Computing, vol. 4, n° 2, pp. 20-27, 2005.
- [12] J. C. C. J. M. N. H. a. R. Y. Zhang, «uSink: Smartphone-based mobile sink for wireless sensor networks,» de Proceeding of the Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2011), Las Vegas, USA, 2011.
- [13] M. De Sanctis, C. Stallo, S. Parracino, M. Ruggieri y R. Prasad, «Interoperability Solutions Between Smartphones and Wireless Sensor Networks,» de Proceeding of the IEEE First AESS European Conference on Satellite Telecommunications (ESTEL 2012) , Rome, Italy, 2012.
- [14] Z. Sebastian, A. Reinhardt, H. Guckes, D. Schuller y R. Steinmetz, «On the Integration of Wireless Sensor Networks and Smartphones in the Logistics Domain,» de Proceedings of the 10th GI/ITG KuVS Fachgespräch Drahtlose Sensornetze, Paderborn, Germany, 2011.
- [15] A. Kansal, M. Goraczko y F. Zhao, «Building a sensor network of mobile phones,» de Sixth International Conference on Information Processing in Sensor Networks, Cambridge, Massachusetts, USA, 2007.
- [16] C. Frank, P. Bolliger, F. Mattern y W. Kellerer, «The sensor internet at work: Locating everyday items using mobile phones,» vol. 4, n° 3, p. pp 421-447., June 2008.
- [17] E. Benitez, N. Blanco, G. Gimón, R. Gonzalez, M. Huerta, S. Moreau y A. Mundo, «A traffic testbed to help in a site survey procedure for the deployment of a WiFiPhone network,» de Proceeding of the IEEE Latin-America Conference on Communications (LATINCOM 2012), Cuenca, Ecuador, 2012.
- [18] C. Buratti, A. Conti, D. Dardari y R. Verdone, «An Overview on Wireless Sensor Networks Technology and Evolution,» Sensor, vol. 9, pp. 6869-6896, 2009.
- [19] Amazon, Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://www.amazon.com>. Search for unlocked android phones.
- [20]

González Ricardo. Nació en Caracas, Venezuela. Obtuvo el título de Licenciado en Computación en la Universidad Central de Venezuela (UCV) en 1992 y luego el título de Magíster en ciencias de la computación de la Universidad Simón Bolívar (USB) en 1999. Ha realizado pasantías de investigación en la Universidad de las Islas Baleares (UIB) en 1998-1999, en España, y en la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) en 2007-2008, en Brasil. Actualmente cursa estudios de Doctorado en la Universidad Simón Bolívar y es profesor del Departamento de Computación y Tecnología de



la Información. Sus intereses de investigación incluyen las redes inalámbricas, las redes inalámbricas de sensores y las redes de teléfonos inteligentes, algoritmos de capa MAC, y de enrutamiento, así como actividades de sitesurvey, capacity planning y evaluación de

desempeño. Ricardo González es miembro de la IEEE. Email: rgonzalez@usb.ve.

Huerta, Mónica Karel. Recibió el título de Ingeniero Electrónico en 1994 y de Magíster en Ing. Biomédica en 1999 en la Universidad Simón Bolívar (USB). En el 2006 obtuvo el título de Doctor en Ingeniería Telemática en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con la distinción de Cum-laude Sobresaliente. Desde 1999 es Profesora del Departamento de Ingeniería Electrónica de la USB. Actualmente forma parte del programa Prometeo en el Departamento de Electrónica y Eléctrica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Latacunga- Ecuador. Es miembro de la asociación de



Comunicaciones y EMB de la IEEE. Su investigación se centra en Redes inalámbricas e sensores, Telemedicina y Redes de Próxima Generación. Email: mhuerta@usb.ve

DISEÑO DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DEL VEHÍCULO DE COMPETICIÓN FORMULA SAE

Mena Euro; Manjarrés Félix; Celi Jorge, Jaramillo Efrén, Zeidan Faisal, Arteaga Oscar, Iza Henry.
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

ABSTRACT

The aim of the project is the design and construction of a frame and body of a Formula SAE car type, to compete in a Formula Student event internationally.

The chassis and bodywork was designed and validated using simulation software, considering the parameters established by the Regulations of the SAE.

Palabras Claves: Bastidor, Carrocería, Formula, SAE.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es el diseño y construcción de un bastidor y carrocería de un monoplaza tipo Formula SAE, para competir en un evento Formula Student a nivel internacional.

El bastidor y carrocería fue diseñado y validado utilizando software de simulación, considerando los parámetros establecidos por el Reglamento de la SAE.

I. INTRODUCCIÓN.

La Formula Student, es un evento entre estudiantes de universidades de todos los continentes que promueven la excelencia en ingeniería, al diseñar, construir, desarrollar y competir con un vehículo monoplaza [1].

La investigación responde al deseo de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Extensión Latacunga, en participar en la Formula Student a desarrollarse en el circuito de Hockenheim en Alemania, empleando recursos y medios disponibles en nuestro país, ayudando de esta manera a las futuras generaciones de la Universidad a tener detallada información sobre los parámetros para el diseño y construcción del bastidor y carrocería y las experiencias obtenidas.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.

El proyecto estuvo enfocado a obtener información actualizada sobre el tema a tratar y llevar este aprendizaje al diseño en el software y la simulación, esto permitió mejorar los puntos de anclaje de los sistemas y factores de seguridad del diseño.

En la construcción se utilizó herramientas de medición, corte y desbaste, en equipos en cambio fueron de tecnología actual como la fresadora CNC y suelda MIG.

El procedimiento desarrollado permitió mejorar el puntaje en el diseño, considerando la participación el evento Formula Student Germany 2011.

III. PROCEDIMIENTO

Se realiza un bosquejo previo en 2D de lo que será el bastidor, tomando en consideración las reglas impues

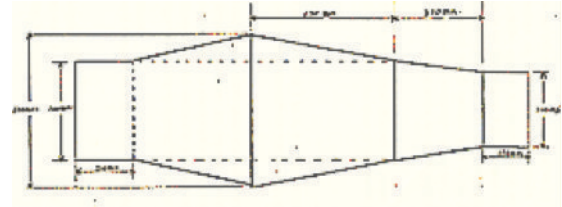


Figura 1: Bosquejo del bastidor.

Fuente: Los autores.

Seguidamente se procede a modelar los bosquejos en el software de diseño mecánico, en nuestro caso se utilizó el Inventor de Autodesk.

El software Inventor ofrece un conjunto de herramientas fáciles de usar para diseño mecánico, documentación y simulación de productos en 3D. Inventor ayuda a diseñar y validar los productos antes de fabricarlos, para que suministre mejores productos, reduzca sus costes de desarrollo [2].

En la Figura 2 se puede observar el bastidor terminado.

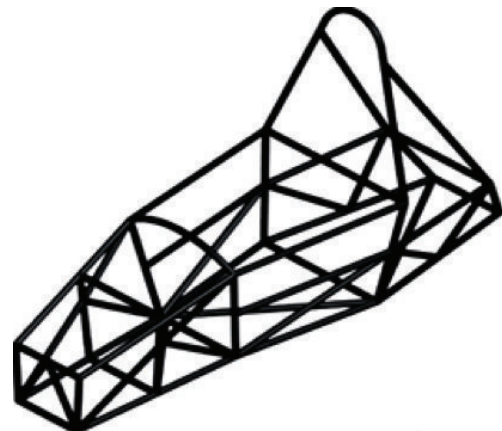


Figura 2: Bastidor del vehículo monoplaza.

Fuente: Los autores.

El bastidor es sometido a un análisis estructural (Figura 3). La gran tarea del análisis estructural es determinar la relación entre las cargas que actúan en los nodos de la estructura y los desplazamientos en cualquiera de ellos [3]. En la estructura tubular se considera que no existan nodos libres y que las dimensiones sean las requeridas por el Reglamento de la SAE y Formula Student Germany 2012.

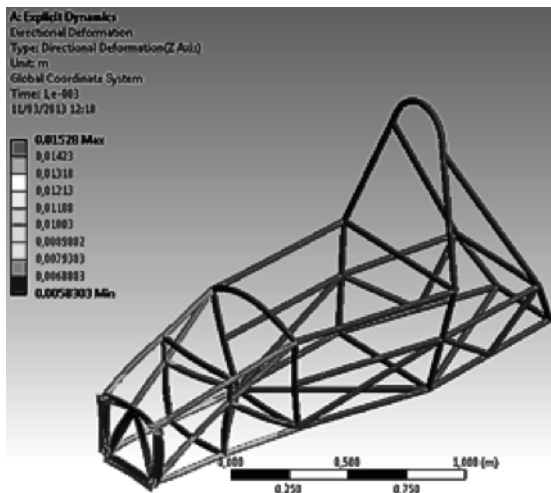


Figura 3: Simulación del bastidor.
Fuente: Los autores.

Entre los ítems que el reglamento impone, se encuentran el espacio del habitáculo para el piloto, se considera que debe ingresar el piloto más alto del equipo y para un hombre elegido entre la población al azar en el 95% del percentil. La plantilla de este hombre en 2D viene dada por la organización (Figura 4).

Un círculo de 300 mm representará la cabeza con el casco del piloto. Otro círculo de 200 mm representará los hombros y las cervicales. Un círculo de 200 mm es el que simulará las caderas. Una línea recta de 490 mm unirá los centros de los dos círculos de 200 mm, y otra recta de 280 mm conectará los hombros con la cabeza y el casco. Este modelo debe estar situado en la posición normal de conducción, con la espalda en el respaldo, y con la cabeza a 25,4 mm del acolchado posterior al casco.

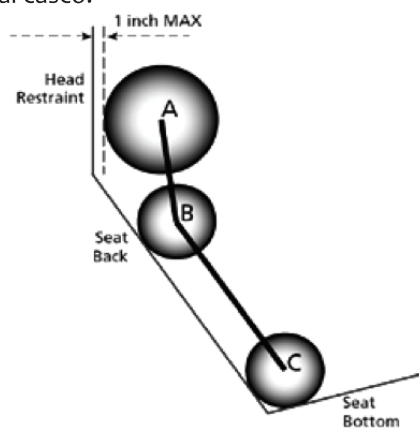


Figura 4: Representación del piloto.

Consideraciones importantes, son el ancho de vía y la distancia entre ejes que no debe superar los 1525 mm. Otra consideración es la distancia entre la parte baja del bastidor y del suelo, que no debe ser menor a 25.4 mm.

En la simulación se consideran cargas que se aplican en el arco principal, refuerzos y apoyos, así como en el arco frontal y estas son las siguientes:

- $F_x = 6,0 \text{ KN}$
- $F_y = 5,0 \text{ KN}$
- $F_z = -9,0 \text{ KN}$

Los resultados que se obtuvieron de las simulaciones, se obtuvo una deflexión menor de 25 mm. Con las consideraciones anteriores y otras que no se detallan se procedió a construir el bastidor empleando tubos estructurales ASTM A500 Grado C (Figura 5).

El arco principal está construido de una pieza con tubo de 25.4 X 2.5 mm, se cortó el tubo de 2900 mm considerando 80 mm adicionales, de tal forma que al doblar el tubo, no altere las dimensiones iniciales. El arco adquiere una curva semiesférica en la parte superior con un radio de 160 mm. Se utiliza el método de doblez en caliente y a carga continua, rellenando el tubo con arena para que el mismo no sufra deformaciones durante el proceso.

Los dos miembros verticales del arco se abren con un ángulo de 97.97° con respecto a la horizontal de la base y se cierran en la unión del arco con la estructura de protección de impactos laterales con un ángulo de 70.48° con respecto a la horizontal.

En la construcción, no deben existir fisuras ni ondulaciones en los tubos de los arcos de seguridad.



Figura 5: Bastidor construido.
Fuente: Los autores.

Para el proceso de unión se utilizó suelda GMAW. (Gas Metal Arc Welding) y por el tipo de gas empleado es MIG (Metal Inert Gas), por cuanto se puede depositar el metal en cualquier posición a gran velocidad y sin interrupciones por desgaste de electrodo, muy utilizado en estructuras tubulares de acero sin preparaciones de bordes y de espesores pequeños, no existe escoria y proporciona una buena apariencia de acabado, es decir, las principales bondades de este proceso son la alta productividad y excelente calidad [4].

Antes de soldar se consideró las características del tubo para determinar la corriente de soldadura (velocidad de alimentación del electrodo),

polaridad, voltaje de arco (longitud de arco), velocidad de avance; Extensión del electrodo, diámetro del electrodo, el gas de protección y flujo de salida del gas.

El diseño de la carrocería se realiza partiendo de un bosquejo a mano de la futura carrocería y considerando las medidas del bastidor. (Figura 6).

Como puede observarse, se dibuja encima del bastidor y se consideran los espacios para el sistema de ventilación del radiador y el espacio para el sistema de marchas secuencial.

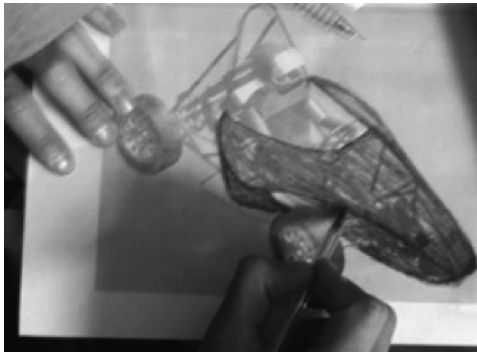


Figura 6: Bosquejo de la carrocería.
Fuente: Los autores.

Para el modelado se utilizó el software con los datos dimensionales del bastidor (Figura 7).

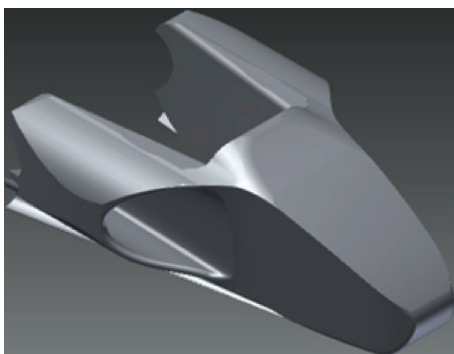


Figura 7: Carrocería terminada.
Fuente: Los autores.

La carrocería es sometida a un análisis aerodinámico con el software (Figura 8). Los resultados muestran tres zonas de estancamiento importantes, generadoras de resistencia al avance y susceptibles de mejora aerodinámica para diseños futuros: la Zona 1, en el intradós de la ojiva de ataque de la carrocería, la Zona 2, correspondiente a las entradas de aire en los laterales, y la Zona 3, en la parte de máxima combadura del extradós de la carrocería [5].

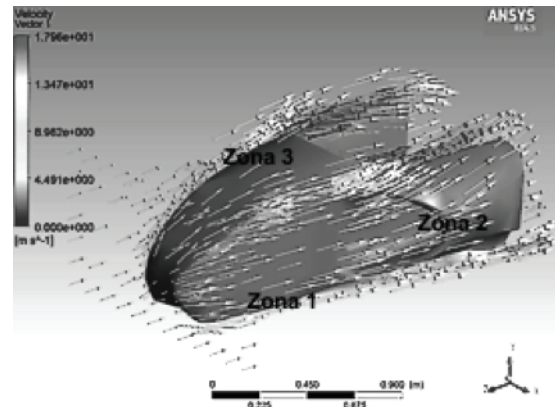


Figura 8: Análisis aerodinámico de la carrocería.
Fuente: Los autores.

De estas tres zonas de estancamiento, la registrada en la Zona 1 resulta de particular importancia debido a que aumenta la carga aerodinámica vertical (sustentadora), con la consecuente disminución de la adherencia del vehículo. Por otra parte, en las Zona 2 y Zona 3, el cuantioso estancamiento y la vorticidad asociada generan una considerable resistencia parasita, que puede disminuirse afinando el diseño de la silueta, tanto en las entradas de aire como en las partes de mayor ángulo dealzada de la carrocería.

Los equipos que tienen los recursos económicos y técnicos fabrican la carrocería en fibra de vidrio, teniendo la ventaja de obtener una estructura muy resistente y liviana, debido a que este tipo de carrocerías ofrecen gran resistencia a torsión y su peso es menor que las estructuras de acero.

Las estructuras más comunes en la Formula SAE son las tubulares de acero, este tipo de estructuras ofrecen una buena respuesta a los esfuerzos, aunque su principal inconveniente es el aumento del peso respecto a las anteriores con la ventaja de un coste mucho más reducido.

Finalmente se procede a construir la carrocería utilizando fibra de vidrio (Figura 9). En esta fase se desarrolló inicialmente una carrocería utilizando planchas de acero y espuma de poliuretano, posteriormente se obtuvo el negativo en fibra de vidrio y masilla, el mismo que sirvió como molde, utilizando

cuatro capas de fibra de vidrio.

La carrocería está dividida en tres partes, la frontal y los dos laterales, las mismas que están empernadas al bastidor para evitar vibraciones y daños.



Figura 9: Carrocería terminada y ensamblada.
Fuente: Los autores.

Los resultados del diseño del bastidor y de la carrocería se pusieron a prueba en el evento Formula Student Germany 2012, pasando la prueba de volteo como puede observarse en la figura 10.



Figura 10: Prueba de vuelco a 60 grados.
Fuente: Los autores.

IV. CONCLUSIONES.

Se diseñó el bastidor considerando la normativa de la Formula SAE, las cargas estáticas y dinámicas que influyen en el desempeño del prototipo en pista, como las pruebas de aceleración, frenos e inclinación, utilizando el software Inventor.

La simulación por ordenador usando el software Inventor, permite realizar un diseño óptimo de la carrocería, comprendiendo de manera rápida el comportamiento de los materiales utilizados en función de la velocidad.

Mediante la utilización del software de simulación se comprobó que la fibra de vidrio es la mejor opción para realizar la carrocería del prototipo, debido a la durabilidad del material, costo y facilidad de manejo y de

adquisición en nuestro medio. [6]

V. REFERENCIAS.

[1] Reglamento de la Formula Student. (2012). Disponible en URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Formula_Student. [2013, 15 de marzo]

[2] Autodesk. Disponible en <http://www.autodesk.es/products/autodesk-inventor-family/overview>. [2013, 10 de junio]

[3] Otero L. (2006). Aprendiendo sobre el método de elementos finitos. Cuba. Redalyc.org.

[4] Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_MIG/MAG [2013, 12 de junio]

Zeidan F. (1995). Aerodinámica Práctica Avanzada.

[5] Venezuela. Universidad de los Andes.

Celi J. y Jaramillo E. (2012). Diseño y construcción del [6]chasis y carrocería del vehículo de competencia formula SAE 2012. Tesis de Ingeniería Automotriz. Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga - Ecuador

Agradecimiento: A la Universidad de las Fuerzas Armadas por creer en nosotros y apoyarnos en la construcción del vehículo FESPE. Además, por la participación del Ph D. Faisal Zeidan, que ha sido financiada por el Proyecto Prometeo de la Secretaria de Educación Superior de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador.

Euro Mena, nació en Quevedo – Los Ríos – Ecuador.



Graduado de Ingeniero Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército, Docente de la ESPE desde 1997. Coordinador de investigación del Departamento de Energía y Mecánica. Director del Proyecto FESPE.



Félix Manjarrés, nació en Salcedo – Cotopaxi – Ecuador. Graduado de Ingeniero Industrial de la Escuela Politécnica del Chimborazo e Ingeniero de Ejecución en Automotriz de la Escuela Politécnica del Ejército y Docente Tiempo Parcial de la ESPE desde 2010.



Jorge Celi, nació en Loja – Loja – Ecuador, Graduado de Ingeniero Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército.



Efrén Jaramillo, nació en Quito – Pichincha – Ecuador. Graduado de Ingeniero Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército.



Faisal M. Zeidan A., nacido en Caracas, Venezuela, es Ingeniero Aeronáutico y Master of Science, con estudios doctorales de la Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et Aérotechnique y estudios de postgrado, en Filosofía, de la Universidad de París IV- Sorbona, de Francia.

Realizó estudios postdoctorales en la Universidad de Kioto, Japón. Ha sido Profesor Invitado por cuatro años en las Universidades de Missouri y de Florida, en Estados Unidos, Presidente del Ente Nacional del Gas, en Venezuela y Asesor Técnico de PDVSA, entre otros. Posee numerosas publicaciones y libros en diferentes áreas del conocimiento. Actualmente participa como Investigador Prometeo, en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Latacunga, de Ecuador.



Oscar Arteaga, nació en Ambato – Tungurahua – Ecuador, Graduado de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica del Chimborazo y Master en Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Técnica de Ambato. Docente de la ESPE desde el 2000.



Henry Iza, nació en Quito Ecuador, es Ingeniero Automotriz. Dispone estudios de posgrado en Autotrónica, Docencia Universitaria, Cursando una Maestría en Sistemas Automotrices. Docente Tiempo Parcial de la ESPE Extensión Latacunga desde 2010.

“Módulo Didáctico de un Conversor AC/DC– DC/DC con control PWM, para puente completo utilizando IGBT’s destinado al laboratorio de Control Eléctrico de la ESPE Extensión Latacunga”

Calapaqui Rober, Reyes Leonel, Silva Marcelo, Bucheli José.
 crowrober@yahoo.com
 leonelreyes87@yahoo.com
 cmsilva@espe.edu.ec
 jgbucheli@espe.edu.ec

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Abstract— El propósito de este proyecto es el diseño e implementación de un módulo didáctico, a un costo significativamente menor que su contraparte comercial sin dejar de lado sus prestaciones.

La primera etapa se compone de un conversor AC/DC no controlado, el cual proporciona un voltaje DC fijo; la siguiente etapa consta de un conversor DC/DC de puente completo que está implementado con transistores IGBT’s.

Para el control se utiliza la técnica PWM, con dos estrategias, las mismas que se realizan en un microcontrolador. Para el activado y desactivado de los transistores IGBT’s, se utiliza un driver como circuito acondicionador.

Para verificar el funcionamiento del módulo se utiliza un motor DC, controlando su velocidad y sentido de giro. El módulo didáctico se construyó de tal manera que permita acoplarse a los módulos, equipos y elementos del laboratorio de Control Eléctrico.

Palabras claves— Conversor, Transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), PWM, driver.

INTRODUCCIÓN

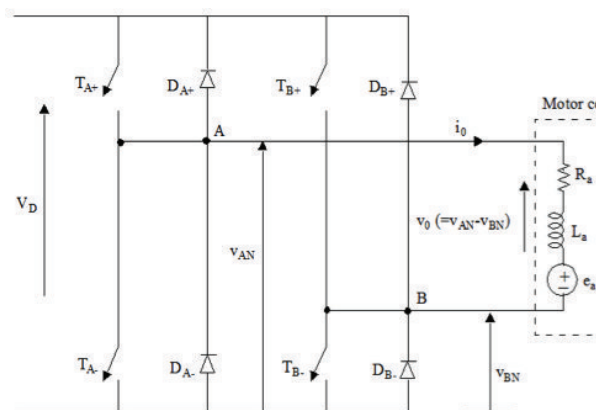
Tomando en cuenta la necesidad que tiene la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga, en sus carreras de Ingeniería de: Electrónica Especialización Instrumentación, Electromecánica, Mecatrónica, en los cuales se imparte la asignatura de Electrónica de Potencia, que aborda el tema de convertidores estáticos de energía; surgió la idea de diseñar e implementar este módulo didáctico, ya que no existe en el laboratorio de Control Eléctrico, lo cual conlleva a mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura de Electrónica de Potencia.

DESARROLLO

1.1. DISEÑO DE LA ETAPA DE POTENCIA

La etapa de potencia se implementa en base a una topología de puente completo, esto hace que, la potencia fluya indistintamente de la entrada a la salida o viceversa, como se puede apreciar en la figura 1.

La figura 1 muestra un conversor DC-DC en puente completo. La entrada consiste en una tensión continua V_D fija, proporcionando a la salida una tensión también continua V_0 controlable en magnitud y polaridad. [1]



Como interruptores para esta aplicación se utilizaron los IGBT’s; STGP7NC60HD, debido a que estos operan de acuerdo a los requerimientos del motor de DC con que cuenta el Laboratorio.

Las entradas y salidas de este módulo se han dimensionado tomando en cuenta, que puedan acoplarse con los equipos y elementos del que dispone el Laboratorio.

1.2. DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL

Para la etapa de control se seleccionó dos estrategias de control:

Modulación por ancho de pulsos PWM.

En este método se varía la relación de trabajo comparando una señal diente de sierra de DC y la señal de control también de DC, la frecuencia de operación de los interruptores se define con la frecuencia de la señal diente de sierra DC. Al variar la relación de trabajo, varía el voltaje medio entregado V_o . La tensión de salida como resultado de esta comparación, viene representada en la figura 2. [2]

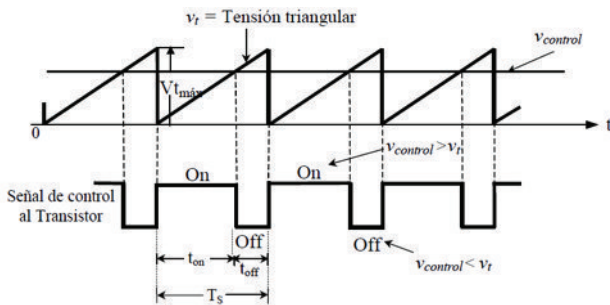


Fig. 2 Señal de control PWM.

Modulación por ancho de pulsos por conmutación Bipolar.

La modulación por ancho de pulsos por conmutación bipolar, permite obtener tensiones de salida tanto positivas como negativas.

Para variar la relación de trabajo, y por tanto el voltaje entregado, se compara de una señal AC triangular con una señal de DC voltaje de control, como se encuentran representadas en la figura 3. [1]

Esta técnica se le conoce con el nombre de Bipolar porque la salida de la señal es una señal de alterna.

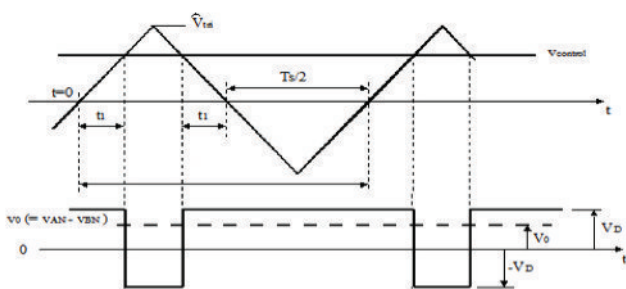


Fig. 3 Formas de onda de un control PWM con conmutación por voltaje bipolar.

Estas estrategias de control se implementaron mediante un microcontrolador ATMEGA 16A.

Para acoplar la etapa de Control con la etapa de Potencia se utiliza el driver IR 2130, el cual nos permite garantizar el activado y desactivado de los IGBT's, desacoplar galvánicamente al circuito de control y de potencia y nos brinda la protección de sobre y bajo voltaje y de sobrecarga.

El módulo se implementa como se indica en la figura 4.

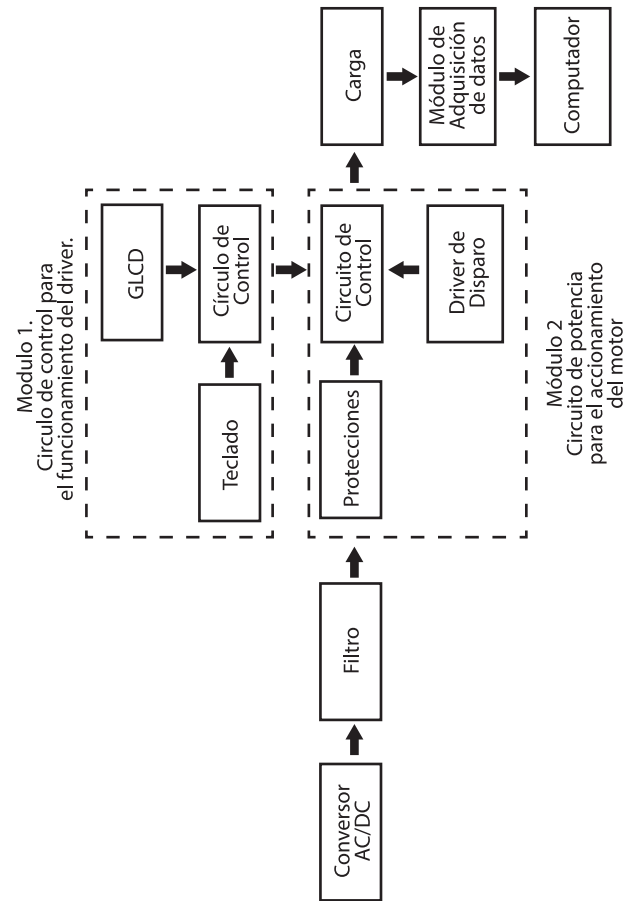


Fig. 4 Diagrama de bloques del módulo convertor AC/DC – DC/DC con control PWM.

1.3. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.

El módulo se diseña e implementa de tal manera que su tamaño, forma y funcionalidad, se acoplen con todos los equipos y elementos existentes en el Laboratorio. Como se puede observar en la figura 5.

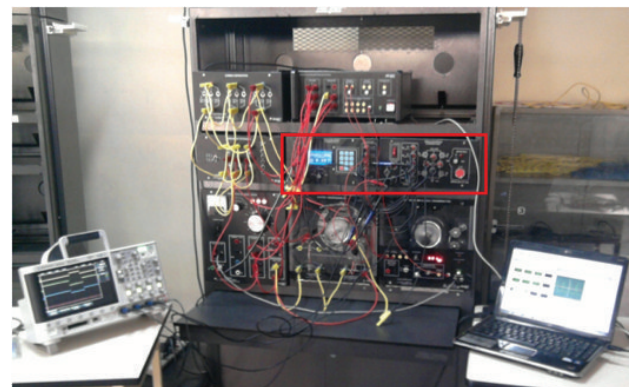


Fig. 5 Implementación del Proyecto

1.4. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Señales de entrada del ir2130.

La prueba permite verificar las señales de control que llegan al módulo de Potencia.

En la figura 6 se observa las señales de salida del microcontrolador de la técnica bipolar. En la figura 6.a) se muestra teóricamente la forma de las señales de control, y en la figura 6.b) se indica los resultados obtenidos del proyecto. Comprobando de esta manera que se cumple la teoría con la práctica.

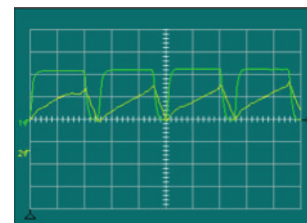
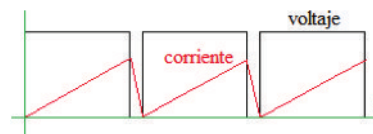
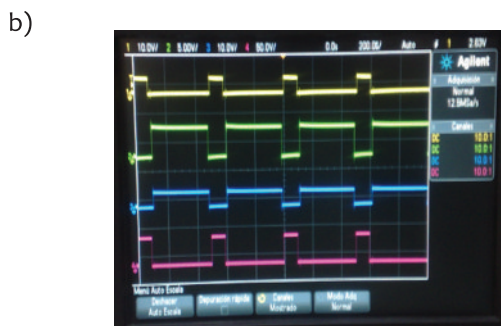
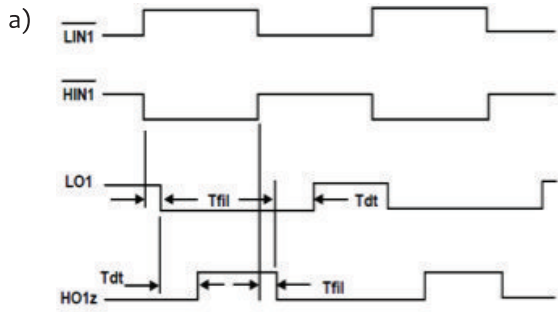
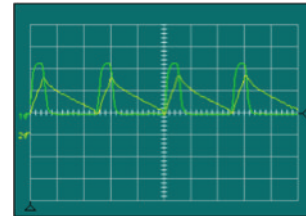
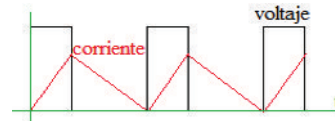


Fig 6. a) Pulsos de la señal PWM Bipolar. b) Resultados de los pulsos PWM Bipolar en el microcontrolador.

Este módulo sirve para el control de un motor DC con excitación independiente de 175 wattios - 1800rpm - 120Vdc - 2.8Amp. La frecuencia de conmutación de los IGBT's es de 2Khz.

Pruebas realizadas con el motor.

En estas pruebas se varia la velocidad del motor y adicionalmente mediremos, voltaje, corriente y potencia.

Técnica PWM.

Como se puede observar en la figura 7 y 8, corresponden a las señales de voltaje y corriente, medidos en el motor DC. En la figura 7 a una relación de trabajo de 0.2T y en la figura 8 0.8T. En la figura a) se observa las señales que se mencionan en la parte teórica, mientras que en la figura b) se observa el resultado obtenido después de realizar las pruebas correspondientes. Se puede notar que la parte teórica no varía con la parte

E1 (V)	% T	E2 _{motor} (V)	I2 _{mo trn} (A)	P _{motor} (VA)	Torque (NM)	V _{motor} (RPM)
120	0	0	0	0	0	0
116,05	0,2	21,25	0,33	8,41	0	212,16
114,94	0,4	43,4	0,38	18,54	0	464,27
114	0,6	65,75	0,4	29,1	0	721,82
02			1	8		
112,88	0,8	87,25	0,43	39,26	0	964,34
111,71	1,0	107,62	0,44	47,62	0	1187,14

Técnica PWM bipolar.

Como se puede observar en la figura 9, 10 y 11 corresponden a las señales de voltaje y corriente, medidos en el motor DC. En la figura 9 a una relación de trabajo de 0.25T, en la figura 10 0.5T. y en la figura 11 a una relación de trabajo de 0.75T. En la figura a) se observa las señales que se mencionan en la parte teórica, mientras que en la b) se muestra las señales obtenidas durante la realización de pruebas.

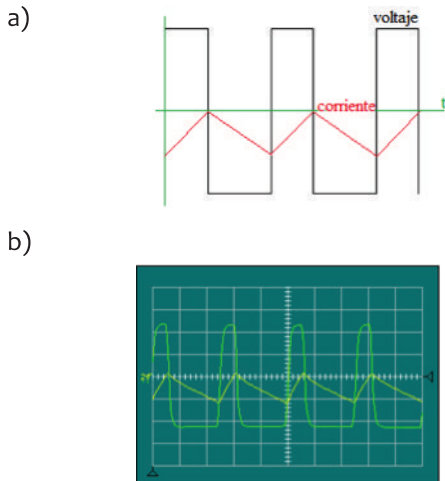


Fig. 9. a) Señales de voltaje y corriente, b) Señales obtenidas durante la realización de pruebas.

La figura 10, corresponden a las señales de voltaje y corriente, medidos en el motor DC a una relación de trabajo de 0.5T.

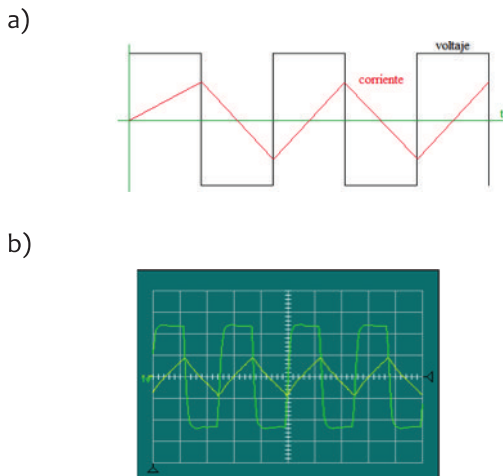


Fig. 10. a) Señales de voltaje y corriente, b) Señales obtenidas durante la realización de pruebas.

La figura 11, corresponden a las señales de voltaje y corriente, medidos en el motor DC a una relación de trabajo de 0.75T.

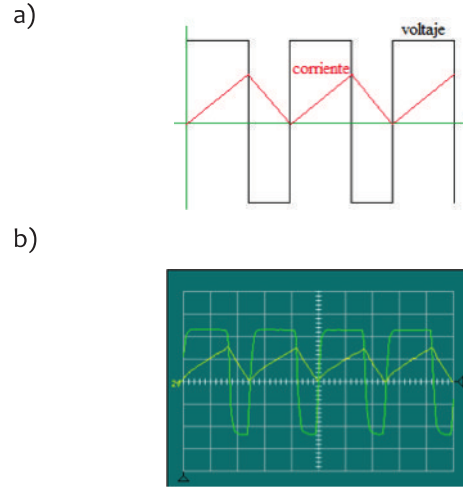


Fig. 11. a) Señales de voltaje y corriente, b) Señales obtenidas durante la realización de pruebas.

TABLA 2
Mediciones del módulo convertor, Técnica PWM bipolar.

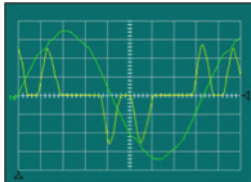
E1 (V)	% T	E2 _{motor} (V)	I2 _{motor} (A)	P _{motor} (VA)	Torque (NM)	V _{motor} (RPM)
115,14	0,1	-89,33	-0,47	43,76	0	-956,12
116,09	0,2	-67,26	-0,43	34,88	0	-720,96
116,6	0,3	-45,04	-0,39	25,45	0	-473,01
117,15	0,4	-28,67	-0,36	18,61	0	-288,19
118,49	0,5	-1,22	-0,1	8,64	0	-0,08
117,26	0,6	13,8	0,3	12,34	0	141,36
116,64	0,7	37,25	0,35	20,7	0	398,11
116,16	0,8	54,52	0,38	27,58	0	597,53
115,13	0,9	76,2	0,4	34,03	0	843,29

Análisis de armónicas.

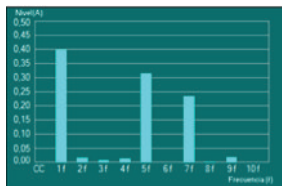
Para el análisis de armónicas se utiliza el software LVDAM-EMS de LAB – VOLT, o los analizadores del Laboratorio.

Señales de voltaje y corriente de línea con torque de 0.5 NM a 0.5T.

a)



b)



c)

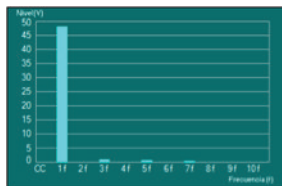


Figura 22. Señales con torque de 0.5 NM a 0.5T: a) Voltaje / Corriente, b) Armónicos presente en la corriente, c) Armónicos presente en voltaje.

Los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales cumplen con todas las expectativas esperadas del proyecto.

CONCLUSIONES.

- La construcción del módulo didáctico, permite que el alumno refuerce sus conocimientos teóricos con las pruebas de laboratorio, observando las señales de salida del circuito de control, formas de onda de voltaje y corriente, además medir la velocidad, torque y analizar armónicos.
- Por las características de construcción del módulo, estos solo se pueden usar en el laboratorio de Control Eléctrico.
- El módulo permite implementar un sin número de prácticas de convertidores DC/DC complementando los estudios teóricos del estudiante.

REFERENCIAS

[1].MUHAMMAD. H. RASHID “Electrónica de Potencia Convertidores, Aplicaciones y Diseño “3ra Edición 2009

[2].RASHID, M. (1995) “Electrónica de Potencia; Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones”, Capítulo 9 “Pulsadores en CD”. 2ª edición Pearson Educación.

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN DE FAROS E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL AUTOMÓVIL

Andrés Cevallos¹ Santiago Reina² Germán Erazo: Stalin Mena⁴
 Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica , Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE,
 Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.
 email : andypipe_cev@hotmail.com, zanty89SZ@hotmail.com, wgerazo@espe.edu.ec, jsmena@espe.edu.ec.

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo el diseño, construcción e implementación de un sistema de luces automatizadas y dinámicas con tecnología LED en un vehículo Suzuki Forza II, siendo un sistema de gran alcance capaz de ser instalado en otros automóviles.

Ofrece un sistema de iluminación óptimo, con la finalidad de reducir accidentes durante la conducción nocturna o entornos de poca luz, causados por falta de iluminación o fatiga visual, a más de aumentar la seguridad activa en el vehículo.

Se considera un estudio de los niveles de iluminación nocturna de diferentes tipos de faros automotrices, para determinar los faros más adecuados al sistema de luces dinámicas.

Mejora notablemente con el uso de la tecnología LED, la cual brinda una iluminación eficaz y de bajo consumo de corriente, automatiza las tareas de encendido, apagado y cambio de luces, capaz de brindarle al conductor una conducción más relajada; orienta los faros hacia donde se requiere el haz de luz y disminuye la intensidad luminosa para evitar deslumbramientos hacia los otros conductores.

Para llevar a cabo la automatización se enlazo convenientemente los sistemas mecánicos con los sistemas electrónicos encargados del control de todo el sistema luces dinámicas.

Se aprecia que la conducción nocturna es más segura al tener un mejor sistema de iluminación y permitir visualizar zonas fuera del alcance de un sistema convencional.

Palabra Clave:

- Automatización
- Faros
- Seguridad
- Iluminación

ABSTRACT

The research aims to design, build and implementation of a system for automated and dynamic lights with LED technology in a vehicle Suzuki Forza II , being a powerful system capable of being installed on other cars.

It offers optimal lighting system , in order to reduce accidents during night driving or low-light environments , caused by lack of lighting or visual fatigue, increase over the active vehicle safety .

A study of the levels of night lighting of different types of auto headlights is considered to determine the most suitable system dynamics fog lights .

Remarkably improved with the use of LED technology , which provides effective illumination and low power consumption , automate tasks on, off and changing

lights, able to give the driver a more relaxed driving , the headlights directed to where the light beam is required and decreases the brightness to prevent glare to other drivers.

To perform automated mechanical systems with electronic systems responsible for controlling the whole system is conveniently dynamic lights I link .

It is appreciated that night driving is safer to have better illuminated display and allow areas outside the scope of a conventional system.

Keywords:

- Automation
- Headlights
- Security
- Lighting

INTRODUCCIÓN

Debido a los altos índices de accidentes de tránsito ocasionados por la falta de visibilidad en ambientes sin iluminación, es importante realizar la investigación sobre los niveles de iluminación de los faros automotrices actuales y la propuesta de implementación de un

50% la visibilidad.

Bajo esta ideología se diseñó, construido e implemento un sistema automatizado de luces LED, en un Suzuki forsa II, que permiten mejorar los alcances de iluminación tanto en rectas como en curvas para brindar mayor confort al usuario.



Fig1: Sistema implementado en el automóvil

Una vez diseñado el sistema es imprescindible implementarlo y verificar su funcionamiento para condiciones reales de trabajo. Mediante la observación de resultados y la determinación del costo del sistema se podrá realizar el análisis costo-beneficio de la investigación.

DESARROLLO

a. Estudio De Luminosidad

Para el estudio de luminosidad se utilizó 4 tipo de luminarias automotrices que son: faros incandescentes, estándar, halógenos, de descarga de gas (Xenón), LED, la justificación se presenta a continuación:

Se realizó pruebas en los faros incandescentes de alta potencia usados en el sector automotriz durante muchos años.

Los faros halógenos, son los más utilizados en vehículos convencionales, que reemplazo de los faros incandescentes tradicionales.

El faro xenón fue escogido debido a que es una tecnología que se está adaptando en vehículos de alta gama y que ha presentado grandes mejoras en visibilidad a los conductores debido al uso de luz blanca que se asemeja a la luz del día.

Finalmente, se ha considerado usar también faros LED, debido a que son los faros con mayor tecnología actual y que se están convirtiendo en los sustitutos de todos los faros anteriormente descritos.

A cada uno de estos tipos de faros se les sometió a diferentes pruebas para comprobar su eficiencia en iluminación como son:

- Pruebas de luminosidad.- Se utilizó el luxómetro para medir la intensidad de luz a diferentes distancias y condiciones de luminosidad.
- Medición del ancho y el alcance de luz.- Con el uso de un flexómetro se midió el alcance de cada tipo de luz y el ancho de haz.
- Forma de haz de luz.- Desde una vista aérea se captaron la forma del haz de luz en diferentes condiciones.
- Pruebas de consumo de energía.- Con un multímetro digital se realizaron pruebas de consumo de energía en diferentes condiciones para obtener la potencia requerida de cada tipo de luminaria.
- Pruebas de temperatura de bulbo.- Con un termómetro digital se obtuvo las curvas de temperatura en función del tiempo de cada uno de los faros.
- Pruebas de costos.- Se analizó también el costo de cada uno de los faros para considerar en la implementación del sistema.

Una vez realizado el estudio y considerando diferentes pruebas a los tipos de luminarias existentes en el mercado, se determinó usar los FAROS LED en el sistema de luces activas, debido a que:

- Presentan excelente iluminación en distancias cortas, y cabe resaltar que para la propuesta del proyecto se necesita iluminación a cortas distancias (en curvas, al coronar una pendiente, etc).
- Poseen un reducido consumo de potencia, por lo que permite adaptar más de una lámpara en el sistema.
- Al no poseer gran ancho de haz de luz, se optó por colocar 3 lámparas que superan el ancho de luz de las otras luminarias analizadas, sin aumentar notablemente el consumo de potencia.
- En todas las lámparas Led, se optó por un diseño del cristal tallado en forma semiesférica para obtener mayor ancho de luz y dispersión horizontal del haz; y como no son puntuales, se evita el deslumbramiento a los conductores de la vía, además de permitir la mejora de la visibilidad en neblina y lluvia.
- Este tipo de iluminaria es graduable y capaz de modular la intensidad de la potencia lumínica, lo que es ideal para realizar el cambio de luces de altas a bajas evitando así el deslumbramiento a los demás conductores.
- Son lámparas fáciles de manipular y que no presentan mayor complejidad al sistema.
- Es una nueva tecnología que merece ser implementada en vehículos de gama media.

b. Mecanismo de Levantamiento y Giro

Para el giro y levantamiento de los faros se empleó un mecanismo de 4 barras, debido a la sencillez de fabricación y efectividad de funcionamiento.

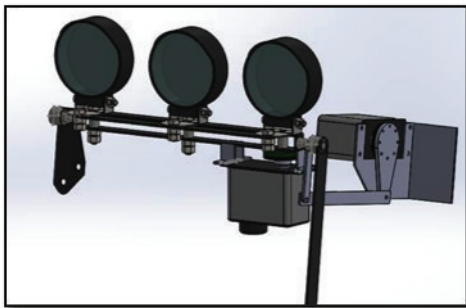


Fig 2: Modelado del mecanismo de faros

c. Sistema de Control Electrónico

El dispositivo es un sistema mecánico-electrónico implementado en el automóvil diseñado para el giro, levantamiento y modulación de intensidad de luz de faros según condiciones externas.

Los mecanismos que constituyen el sistema que permite:

- Controlar en tiempo real el giro de los faros mediante la captación del sentido de giro del volante con el empleo de sensores ópticos.
- Permitir el accionamiento y levantamiento automático de los faros mediante condiciones de luz ambiental externa empleando una fotorresistencia.
- Modular la intensidad de luz de los faros para evitar deslumbramientos a otros conductores mediante la captación de luz contraria.
- Variar la posición vertical de los faros para evitar deslumbramiento posterior a otros conductores usando un sensor ultrasónico de proximidad.
- Controlar permanentemente el estado de carga de la batería como requisito para el funcionamiento del sistema.
- Mantener una comunicación permanente con el usuario mediante una interfaz alfanumérica LCD y un teclado para configuraciones.

d. Módulo Electrónico

El módulo se basa en un microcontrolador PSOC CY8C29466 y varios subsistemas de protección y tratamiento de señales que controla el funcionamiento de los actuadores (servomotores y faros) a partir de señales dadas por los sensores y el usuario.

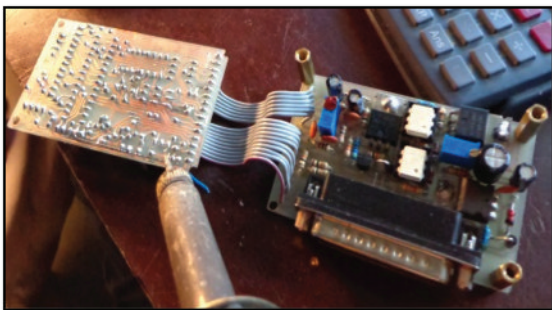


Fig 3: Módulo de control

La principal ventaja del microcontrolador PSOC en comparación con otros tipos de microcontroladores es que en éste se configura los periféricos de acuerdo a las necesidades del usuario. Para éste propósito se dispone de una matriz compuesta por diferentes hardware que se unen a través de interruptores controlados por configuraciones del programador. Debido a que el microcontrolador PSOC no tiene una memoria EEPROM como periférico, es necesario configurar un bloque de memoria ROM como memoria EEPROM para guardar aquí las configuraciones y evitar que se borren cuando el sistema se reinicie.

Una de las principales desventajas del PSOC es que no contiene suficientes librerías por lo que la programación resulta más compleja al tener que crear el usuario sus propias librerías.

e. Funcionamiento del Sistema

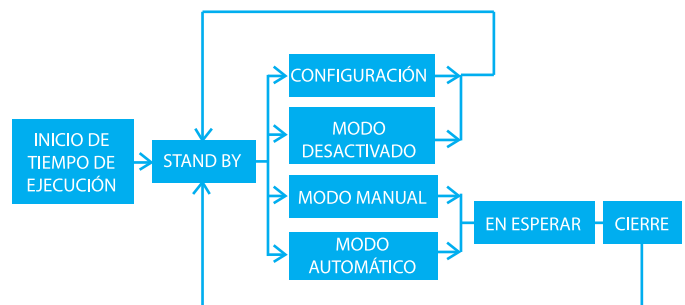


Fig 4: Máquina de estados

En el inicio de tiempo de ejecución se energiza todos los componentes del sistema y pasa al estado de STAND BY.

En el estado STAND BY el sistema espera a un evento de hardware para cambiar a los siguientes estados. Por ejemplo, para entrar al MODO MANUAL es necesaria la selección del modo en el menú y a la vez el accionamiento de las luces del vehículo.

En este modo las luces se activan y desactivan bajo la operación del usuario, además se puede realizar el cambio de luces altas y bajas según como desee el conductor. Además el usuario verifica las posiciones de giros horizontales y verticales de los faros y la intensidad luminosa para luces altas y bajas.

Cuando se apagan las luces se va al estado de EN ESPERA en el que el sistema espera 8 segundos a que el usuario active otro modo o ejecute el estado de cierre inmediato.

En el estado de CIERRE, los faros se posicionan y se guardan dentro del capot y luego regresa al estado STAND BY.

Para entrar en el MODO AUTOMÁTICO es necesaria la selección del modo en el menú y a la vez la señal ON de contacto.

En este modo el sistema funciona automáticamente: accionamiento, cambio de luces, posicionamientos horizontales y verticales, todo esto mediante sensores que captan diferentes condiciones externas.

Al quitar la señal de contacto el sistema pasa a modo de EN ESPERA y CIERRE para posteriormente regresar al estado STAND BY.

Por defecto el sistema siempre se inicia en el último modo que quedó al apagar el módulo.

En el modo CONFIGURACIÓN, el usuario ingresa las calibraciones del funcionamiento del sistema para el MODO AUTOMÁTICO.

pruebas del sistema

Para comprobar el funcionamiento y eficacia del sistema se realizaron diferentes pruebas descritas a continuación.

a. Pruebas en Carretera

Estas pruebas se las realizan en una carretera con ausencia de luz para la exactitud en las mediciones. Es muy importante realizar las medidas con el luxómetro exactamente en el mismo lugar y con el mismo ángulo de incidencia de luz en todas las mediciones.



Fig 5: Iluminación en curva a la derecha con sistema convencional.



Fig 6: Iluminación en curva a la derecha con sistema inteligente



Fig 7. Iluminación en recta con sistema convencional



Fig 8: Iluminación en recta con sistema inteligente



Fig 9. Vista desde la curva con sistema convencional



Fig 10. Vista desde la curva con sistema inteligente

b. Pruebas de Intensidad Luminosa

Para las pruebas de eficacia del sistema se utilizó un luxómetro con el que se mide la intensidad luminosa en diferentes condiciones.

- Medida en curva con sistema convencional : 4,5 Lux

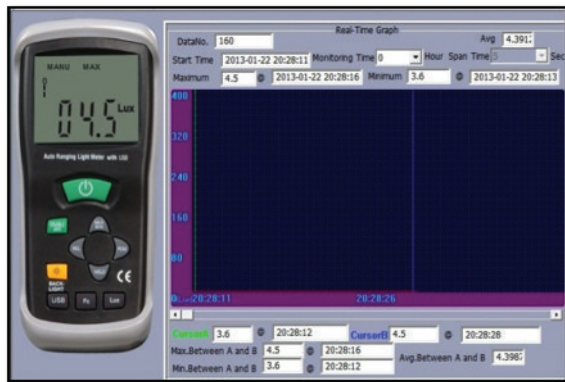


Fig 11. Medida en curva con sistema convencional

	Sistema Convencional Xenón	Sistema Inteligente
Luminosidad en curvas	4.5 lux	14.6 lux
Luminosidad en rectas	191 lux	240 lux
% de mejora en rectas	0%	25%
% de mejora en curvas	0%	224%
Precio	220	854,35
Direccionamiento en curvas	NO	SI
Accionamiento Automático	NO	SI
Modulación de intensidad de luz	NO	SI
Innovación	Sistema muy difundido en el país	Sistema innovador y no difundido en el país
Riesgo en mantenimiento	Manejo de Alto voltaje	Ninguno

- Medida en curva con el sistema de luces inteligentes: 14,6Lux

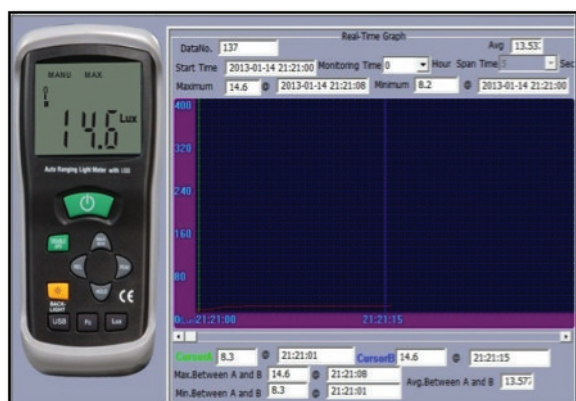


Fig 12: Medida en curva con sistema de luces inteligentes

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas demostraron mejoras significativas en la visibilidad nocturna, teniendo una mejora del 25% en iluminación en rectas y un 246% en iluminación en curvas, además al ser un sistema automatizado que no requiere la manipulación directa del usuario brinda mayor confort al conductor.

Los resultados fueron positivos con el 100% de asertividad en todas las ocasiones que se requirió el sistema. El haber superado todas las pruebas realizadas certifica la viabilidad de continuar incursionando en nuevas tecnologías de iluminación vehicular.

TABLA I
SISTEMA CONVENCIONAL VS SISTEMA INTELIGENTE

CONCLUSIONES

- El sistema automatizado de faros que mejora los niveles de seguridad y conducción en ambientes nocturnos.
- El sistema inteligente mejora la iluminación en rectas en un 25% y la iluminación en curvas en un 246%.
- Se realizó un análisis de luminosidad y consumo de energía de diferentes tipos de faros de vehículos para determinar el más apto de implementar en el sistema automático.
- Se determinó que la iluminación LED es la más eficiente para los nuevos sistemas de iluminación vehicular.
- Se realizó un software de microcontrolador PSOC para controlar las funciones del sistema.
- Se diseñó un módulo electrónico aplicando conocimientos e investigaciones de teoría de circuitos eléctricos.
- Se analizó las características y aplicaciones de los dispositivos, elementos y circuitos electrónicos inmersos en el sistema desarrollado.
- Se construyó un mecanismo de cuatro barras para el levantamiento y giro del sistema de luces inteligentes debido a su facilidad de construcción y versatilidad de funcionamiento.
- Se elaboró un manual de uso del sistema que facilitará la utilización del mismo y permitirá sacar el mejor provecho de él.
- El sistema de iluminación inteligente es eficiente y puede ser operado por cualquier persona previo a una ligera instrucción de su funcionamiento y sin necesidad que tenga ningún conocimiento en mecánica o electrónica automotriz.
- Se determinó que la iluminación en curvas es más necesaria al momento de entrar en ella para anticipar posibles objetos no visibles con un sistema convencional.
- Para el proyecto se incursionó con el uso de microcontroladores PSOC capaces de modificar su hardware interno para obtener una mayor eficiencia según la aplicación a realizarse.

REFERENCIAS

- [1] Alan H. Cromer, J. F. (2006). Física en la Ciencia y en la Industria. Barcelona: Reverté.
- [2] Bunge, M. (2000). La investigación científica. Buenos Aires: Siglo XXI.
- [4] Josep Balcells, J. L. (1997). Autómatas Programables. Barcelona.
- [5] SSolutions, G. I. (2013). Regla #1 de seguridad activa: uso adecuado de las luces en tu vehículo. Tráfico y seguridad vial.
- [6] Universidad Politécnica de Catalunya. (2006). Seguridad Activa y Pasiva en el Automóvil. Catalunya, España.
- [7] Vivanco, M. (2005). Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones. Santiago de Chile: Universitaria.
- [8] Zabler, E. (2002). Los sensores en el automóvil.



Andrés Cevallos, nació en Ibarra, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en Mecánica Automotriz.



Santiago Reina, nació en Ibarra, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en Mecánica Automotriz.



Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Administración de Empresas, Maestría en Gestión de Energías. Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz.



Jorge Stalin Mena, nació en Ambato, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, es docente tiempo parcial en la universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE desde el 2008. Imparte servicios de asesoramiento, capacitación en el ámbito automotriz, compartiendo sus conocimientos teórico práctico a los estudiantes y promulgando la investigación científica y la vinculación con colectividad.

Reprogramación electrónica de la ECU para elevar los parámetros característicos del motor de combustión interna OPEL 1.4.

María José Díaz, Luis Sopa ; Germán Erazo ; Fabián Salazar

majito2489@hotmail.es ; luisgsopab89@hotmail.es; wgerazo@espe.edu.ec; mfsalazar@espe.edu.ec

RESUMEN

La investigación desarrollada del proyecto de investigación permitirá elevar los parámetros característicos (Torque y Potencia), del motor Opel 1.4l, mediante la implementación de una ECU programable, instalada en paralelo con la ECU del vehículo para no prescindir de sistemas como: inmovilizador, luz MIL entre otros.

Los parámetros de inyección de combustible, tiempo de encendido, corte de revoluciones se modifican en tiempo real desde un computador conectado a Megasquirt mediante un cable adaptador USB/Serial. El software se utilizado es MEGATUNE.

Finalmente se desarrolló un prototipo para pruebas de Torque y Potencia en el dinamómetro, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL, para comprobar datos de aplicación del método experimental y de campo.

Palabras Clave:

Torque, Potencia, ECU programable, dinamómetro, Megasquirt, Megatune.

ABSTRACT

Research developed the research project allow raising the characteristic parameters (torque and power), Opel 1.4l engine, by implementing a programmable ECU, installed in parallel with the vehicle's ECU to not dispense systems such as immobilizer light MIL among others.

The parameters of fuel injection, ignition timing, cutting speed is changed in real time from a computer connected to Megasquirt with a USB / Serial adapter cable. The software used is MegaTune.

Finally a prototype for testing Torque and power on the dynamometer, University of the Armed Forces-EL ESPE developed to check application data and field experimental method.

KEYWORDS:

Torque, power, programmable ECU, dynamometer, Megasquirt, MegaTune

I. INTRODUCCIÓN

En el campo automotriz cada vez implanta aplicación de electrónica ya que muchos fabricantes han desempañado nuevos sistemas electrónicos para mejorar el rendimiento de los vehículos.

Tanto por economía, como por desconocimiento, se sigue manteniendo una mecánica empírica donde el técnico no va más allá de lo que es un motor, esto da como resultado el poco aprovechamiento de la electrónica como un recurso indispensable para el desarrollo de nuevas tecnologías en el vehículo.

De ahí la utilidad del estudio de la reprogramación de computadoras, lo cual se aplica principalmente en autos de competencia, pero aplicado en vehículos de serie se puede obtener una gran mejora en potencia y torque sin la necesidad de realizar cambios en partes mecánicas [1].

Los competidores de competencias no satisfechos con el rendimiento que tiene su auto de fábrica, buscan maneras de mejorar el rendimiento del vehículo, es así como se desarrollan los sistemas de inyección y encendido programable, dando total libertad a los usuarios para poder manipular estos y otros parámetros.

Estos sistemas se pueden utilizar reemplazando totalmente a la ECU original del vehículo, o pueden ser conectadas en paralelo para formar un sistema completo y eficaz de gestión del motor.

Este sistema se puede utilizar en cualquier vehículo que cuente con inyección electrónica, la elevación de parámetros que se obtenga dependerá del tipo de motor, si es turboalimentado o atmosférico. También se utiliza la ECU programable cuando se realiza el cambio de sistema de carburador a inyección electrónica, obteniéndose también una gran mejora en potencia y torque.

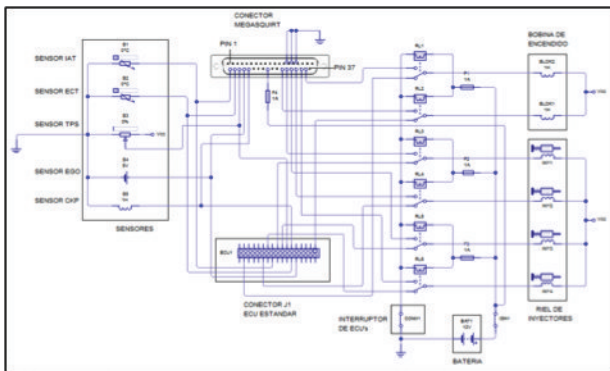
Se procede a analizar los tipos de programación que podemos tener y aplicar en los vehículos con motor de combustión interna, las ventajas y los resultados que se obtendrán aplicándolos en un vehículo de serie.

II. PROCEDIMIENTO

El procedimiento inicia con la estación de la ECU programable, seguidamente se desarrolla la programación de la misma y finalmente las pruebas y el análisis de los resultados obtenidos.

A. INSTALACIÓN

La ECU seleccionada para el desarrollo de la investigación es Megasquirt, se conecta en paralelo a la ECU estándar del vehículo de acuerdo al siguiente esquema.



Los sensores se encargan de enviar las distintas señales a la ECU acerca del estado de funcionamiento del motor, Megasquirt que usa estas señales para optimizar la cantidad de combustible que requiere el motor en las distintas condiciones de carga, temperatura, etc. [2].

Por esta razón se realizara un empalme en “T” o derivación simple, para que de la señal de los sensores llegue a las dos ECU’s. El empalme se realiza cerca del conector J1 de la ECU estándar del vehículo.

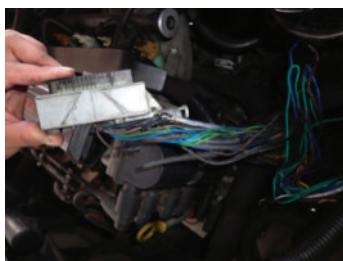


Fig. 2. Conexión del arnés de Megasquirt

Inicialmente se aisló el catalizador del automóvil debido a que al realizar las pruebas no se mantiene una mezcla estequiométrica ideal, es decir, la mezcla será muy rica o pobre. Al no realizarse una buena combustión, los gases residuales pueden afectar la estructura interna del catalizador.



Fig. 3. Catalizador del vehículo Corsa Evolution

El catalizador se instala una vez finalizadas las pruebas de ajuste.

Megasquirt cuenta con un sensor de presión absoluta (MAP) interno de 250 KPa, la programación se realiza en función de la carga del motor y las revoluciones del mismo, por esta razón se debe hacer una toma de vacío desde el múltiple de admisión.



Fig. 4. Toma de vacío de Megasquirt

Lo importante es que la toma se haga en el múltiple de admisión luego del estrangulador, para que la medición de la carga del motor sea lo más precisa posible.

B. PROGRAMACIÓN

La interface utilizado para programar Megasquirt se denomina Megatune 2.25. Este permite que todos los parámetros de ajuste y configuración sean modificados, dispone de un editor de tablas de VE en tiempo real, que permiten a un pasajero del vehículo afinar el motor durante la conducción.



Fig. 5. Interface gráfica MegaTune

La programación de Megasquirt se realiza mediante cuadros de valores o mapas, antes de encender el vehículo es necesario ingresar una calibración previa, ya que si no lo hacemos el motor no encenderá.

El camino para una calibración ideal empieza logrando que el vehículo encienda y se mantenga estable a bajas revoluciones, es decir, en ralentí. Logrado este objetivo el siguiente paso es tratar de que el vehículo funcione normalmente en cualquier condición de circulación y finalmente se puede empezar las mejoras de rendimiento, ya sea tanto en carretera como en el dinámometro [3].

Las constantes iniciales son datos del motor, tipo de inyección, encendido, configuración del sensor de oxígeno, cantidad de combustible requerido, número de inyectores, entre otros. Todos estos sirven para optimizar la cantidad de combustible que será inyectado, así como el adelanto necesario para que la combustión se realice de manera eficaz.

Para configurar el mapa de combustible con Megasquirt, hay una serie de parámetros que modificar. Los más importantes son el valor REQ_FUEL y la Tabla VE (tabla 12x12 de eficiencia volumétrica). El objetivo es lograr relaciones aire-combustible 12.5-13.1:1 en máxima aceleración y 15-17:1 con cargas ligeras para un motor atmosférico. Un motor potenciado puede requerir una mezcla más rica en el poder.

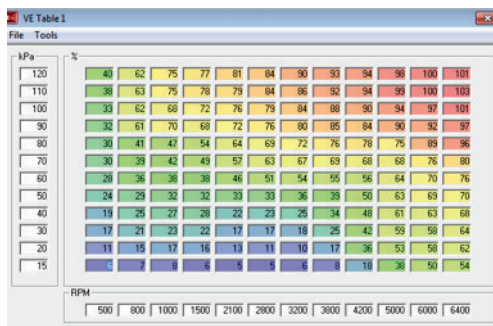


Fig. 6. Ventana VE de eficiencia volumétrica

La puesta a punto de la tabla VE implica enriquecer (mediante el aumento de la VE) o afinar (disminuyendo VE) cada punto de la misma. La mayor parte de la conducción se producirá en una franja diagonal de la tabla VE, desde bajas revoluciones, bajo kPa (es decir, en reposo) a altas rpm, alta kPa (es decir la mariposa totalmente abierta) [4].

El método de puesta a punto requiere 2 personas para hacerlo, uno para conducir, y el otro para operar la computadora portátil. Asegurarse de que el motor haya alcanzado la temperatura de funcionamiento antes de iniciar la puesta a punto de la tabla VE para que no exista ningún enriquecimiento de calentamiento que se añada a la mezcla.

La puesta a punto de la tabla de encendido es la parte más complicada de la programación, a continuación se detallan los fundamentos básicos que debe tener en cuenta para afinar la tabla.

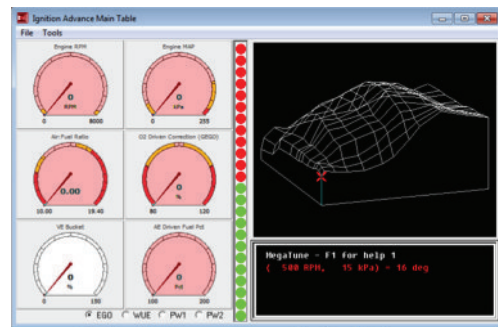


Fig. 7. Mapa 3D de encendido

En la zona de inactividad y de baja de velocidad generalmente se recomienda retrasos de unos 8-20 grados, por lo general inactivo será de alrededor de 8-12 grados, pero esto depende del diseño del motor.

El área de velocidad crucero del mapa tiene un avance en alrededor de 30, como la mezcla será bastante pobre se dará una combustión mínima. Tener en cuenta que la cantidad óptima de avance total no es necesariamente la que no provoca la detonación. Por ejemplo, con un moderno diseño de la culata, es posible obtener la potencia máxima a 32° APMS, pero puede ser que no se experimente ninguna detonación hasta 38° - 40° [5].

A medida que aumenta la carga del motor, el mapa de chispa se debe retrasar, como la mezcla será más rica, las posibilidades de detonación también aumentarán con la carga. Se recomienda quitar 1 grado de avance por cada 2PSI de impulso, lo que es simplemente una guía general.

C. PRUEBAS

A continuación se presenta el resumen de pruebas realizadas en el dinámometro de rodillos. Primero se realizan pruebas con la ECU estándar del vehículo.

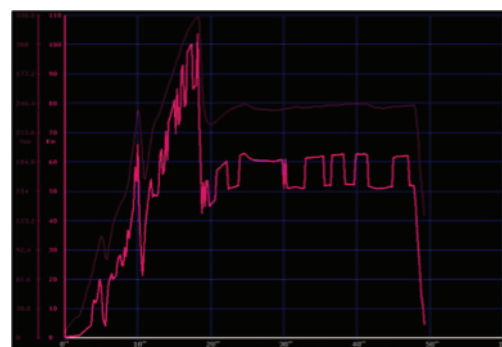


Fig. 8. Curva 1 Torque y Potencia ECU estándar

En la primera prueba se aprecia cómo se llega a un punto de potencia máxima en tercera marcha y luego en cuarta marcha la curva se mantiene en un valor de 65 Kw. aproximadamente. Cabe anotar que la curva más fina es la de torque y la curva más gruesa en la potencia.

**TABLA I
VALORES DE TORQUE Y POTENCIA**

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	98.19	2703
Torque Máximo (Nm)	336.03	2284

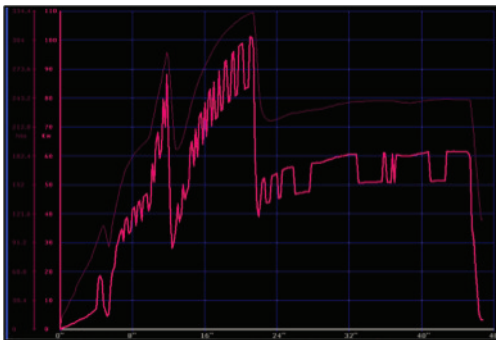


Figura 9. Prueba 2 Torque y Potencia ECU estándar

En la segunda prueba se mantuvo más aceleración en segunda marcha, pero al realizar el cambio a tercera la caída en potencia y torque fue mayor, sin embargo en tercera vuelve a subir a su valor máximo y en cuarta marcha se mantiene en un valor de 60 Kw.

**TABLA II
VALORES MÁXIMOS PRUEBA 2 ECU ESTÁNDAR**

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	60	2716
Torque Máximo (Nm)	254	2716

Pruebas con Megasquirt.

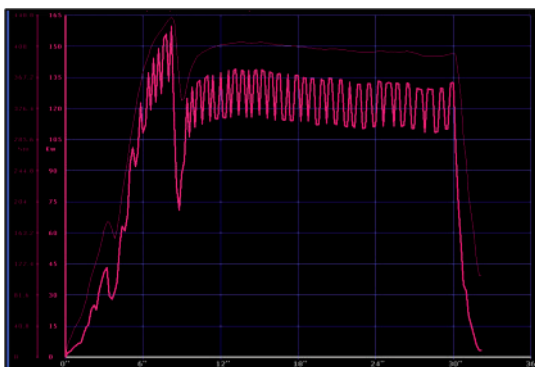


Fig. 10. Curva 1 Torque y Potencia en Megasquirt

En la primera prueba se obtiene una curva más continua, en tercera marcha se obtiene el torque y potencia máximos, se observa que la caída de potencia en cuarta marcha es menor y tiende a mantenerse más uniforme.

**TABLA III
VALORES MÁXIMOS PRUEBA 1 MEGASQUIRT**

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	138.44	2997
Torque Máximo (Nm)	442.81	2679

A continuación la prueba 2:

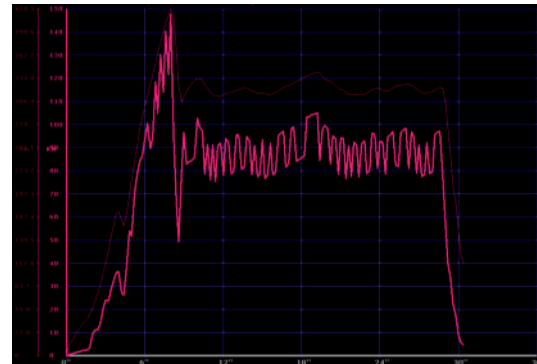


Fig. 11. Curva 2 Torque y Potencia Megasquirt

Se observa que se mantiene la forma de las gráficas en la mayoría de las pruebas obteniéndose en todas un gran aumento con respecto a las pruebas realizadas con la ECU estándar. En esta prueba se obtiene uno de los valores más altos en potencia y torque.

**TABLA IV
VALORES MÁXIMOS PRUEBA 2 MEGASQUIRT**

		RPM Vehículo
Potencia Máxima (Kw)	147.69	3392
Torque Máximo (Nm)	417.67	3392

En las pruebas realizadas con Megasquirt se obtuvo un claro aumento en Torque y Potencia, en la Figura 12 se observa en color amarillo la curva obtenida con la ECU estándar y en color fucsia la curva obtenida con Megasquirt.

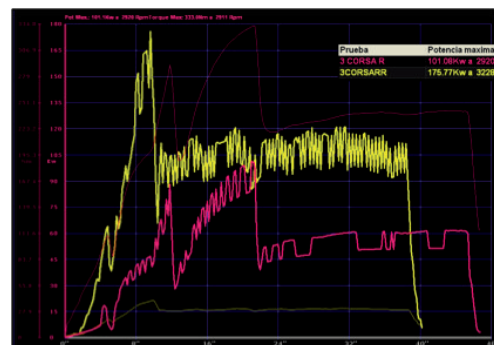


Fig. 12. Comparación de curvas obtenidas

Los resultados obtenidos al final de las pruebas es el siguiente:

TABLA V
VALORES DE TORQUE Y POTENCIA

	Torque	Potencia
ECU Estándar	338,42 Nm	102.10 Kw
Megasquirt	405.58 Nm	131.03 Kw
Ganancia Neta	67.16 Nm	28.93 Kw
Porcentaje de Ganancia	20%	28%

Una vez realizadas las pruebas en el dinamómetro con la ECU estándar y con Megasquirt se realiza el análisis de los resultados obtenidos para verificar la ganancia que se obtuvo y en qué porcentaje se elevaron los parámetros del motor (Torque y Potencia).

Utilizando Megasquirt en un auto de competencia se eleva el rendimiento siempre y cuando se realice la correcta instalación y programación de Megasquirt, siendo una ECU completamente fiable, económica y con resultados comprobados.

III. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas indican que en Torque se obtiene una elevación de 67.16 Nm, lo que equivale al 20% del Torque estándar. Con respecto a la Potencia se obtiene una elevación de 28.93 Kw, lo que equivale al 28% de la Potencia estándar.

El sensor de oxígeno de banda ancha es fundamental en la puesta a punto del vehículo, ya que se puede observar la mezcla estequiométrica que se realiza en el motor en un rango de 7.4 a 22.4:1 ya que se tiene un voltaje de señal de 5V.

El software MEGATUNE es amigable con el usuario, ya que, muestra diferentes formas de mapeo, ya sea en Tabla como en mapa en 3D, esto nos ayuda a la puesta de punto de la ECU en el vehículo.

El sistema de inyección y encendido programable más adecuado para el vehículo Corsa Evolution es Megasquirt, ya que resulto ser económico, fiable y fácil de programar.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el dinamómetro con Megasquirt, permiten afirmar la factibilidad de su uso, ya sea en vehículos de competición como en vehículos particulares.

El vehículo se mantiene seguro ya que no se pierde el sistema inmovilizador ni luz MIL, así como los demás indicadores del tablero.

REFERENCIAS

- [1] Angulo, J. M. (2003). Electrónica Digital y Microprogramable. España.
- [2] Augeri, F. (2007). Memorias. Buenos Aires.
- [3] Electromotive, (2008). Electromotive Engine Controls. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.wlectromotive-inc.com>
- [4] Funes, C. (2010). Motores para Competición. Córdoba.
- [5] Haltech. (2012). Haltech Engine Management System. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.haltech.com>
- [6] Hinojosa, S. (2009). Uso de Galleto 1260. Córdoba
- [7] Martínez, J. (2011). Conduccion eficiente de vehiculos industriales. Madrid.
- [8] Megasquirt. (2012). Engine Management Systems. Recuperado el 23 de Abril de 2012, de <http://www.msextra.com>
- [9] Motec. (2010). MoTec Pty Ltd. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.motec.com.au>
- [10] Skala, F. (2008). Programación ECU. Buenos Aires.

BIOGRAFÍA



María José Díaz R. Nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniera Automotriz, Brinda sus servicios en AUTOCHEROLET como Asesora de Servicios. Email: majito2489@hotmail.es



Luis Gustavo Sopa B. Nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz. Brinda servicios como Asesor en mecánica Automotriz. Email: luisgso-pab89@hotmail.es



Germán Erazo. Nació en Latacunga, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial con estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Administración de Empresas, Maestría en Gestión de Energía Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz. Email: wgerazo@espe.edu.ec



Fabián Salazar. Nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero de Ejecución en Mecánica Automotriz, Ingeniero Industrial, posee Maestrías en Dirección de Empresas y Gestión de Energías, Posgrado en, Gerencia de Marketing, especialista en Proyectos, Diseño Curricular, Docente Tiempo completo en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde 1997.

Prestación de servicios y asesoramientos automotrices en Instituciones educativas superiores y concesionarias automotrices. Gerente de Comercial Automotriz Salazar, COASA. mfsalazar@espe.edu.ec



REVISTA INFOCIENCIA

ISSN: 1390-339X

UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA

Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara

Quijano y Ordóñez s/n y Hermanas Páez

Tel: (03)2810206 Fax: (03)2810280

<http://www.espe.edu.ec>