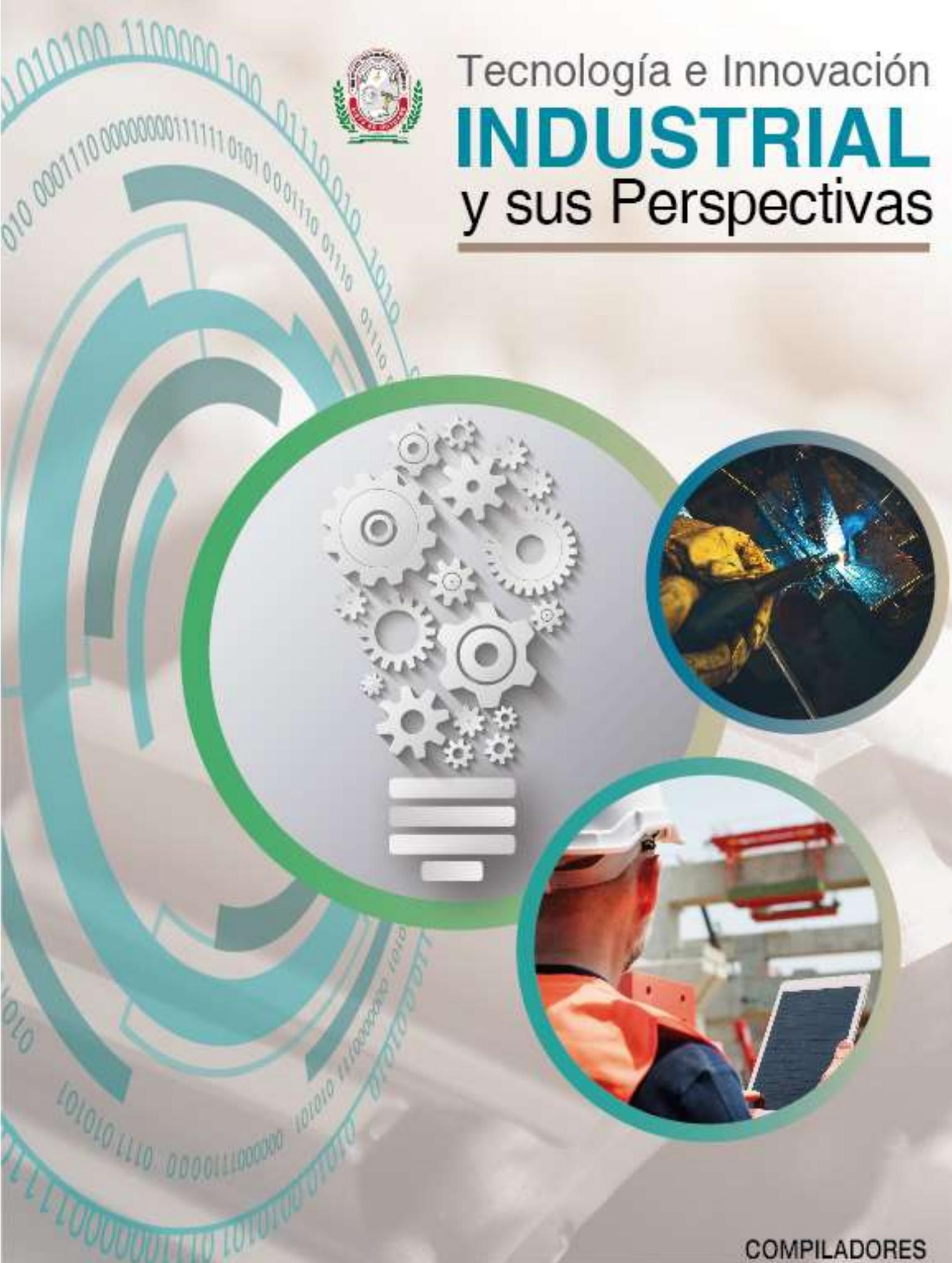




Tecnología e Innovación
INDUSTRIAL
y sus Perspectivas



COMPILADORES

José Luis Mullo Casillas
Normando Alfredo López Valencia

ISBN: 978-9942-8754-2-6

Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre
Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y SUS PERSPECTIVAS

COMPILADORES:

Normando Alfredo López Valencia
José Luis Mullo Casillas

DRA. EVA MIELES CEDEÑO

Rectora del Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre - ITSSO

MGS. MARÍA GABRIELA MANCERO ARIAS

Directora del Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador - IITEC

La revisión técnica de los documentos correspondió a especialistas expertos en el área.

ISBN: 978-9942-8754-2-6

1era Edición Marzo 2019

Edición con fines educativos no lucrativos

Hecho en Ecuador

Diseño y Tipografía: Greguis Reolón Ríos

Esta obra es publicada por acuerdo entre el Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador (IITEC) y el Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre (ITSSO), con la colaboración de los Investigadores Latinoamericanos que participaron en el 1er Congreso Internacional de Tecnología e Innovación Industrial, del Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre. Todos los artículos han sido sometidos a arbitraje por pares ciegos, garantizando que el libro que se presenta cuenta con la debida pertinencia académica y científica.

Tecnología e innovación industrial y sus perspectivas

Compiladores:

Normando Alfredo López Valencia
José Luis Mullo Casillas



Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador
Cel.: 593 990359268

<http://www.iitec-edu.com>

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, integra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador (IITEC) y el Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre (ITSSO).

Tecnología e innovación industrial y sus perspectivas

Compiladores:

Normando Alfredo López Valencia
José Luis Mullo Casillas



Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador
Cel.: 593 990359268

<http://www.iitec-edu.com>

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

PhD. José Ernesto Pazmiño Enríquez

Doctor en Educación, graduado en la Universidad Mayor de San Marcos en Lima, Perú, Máster en Administración de Empresas – Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Economista – Ex-perto consultor independiente con varias conferencias nacionales e internacionales. Cuenta con publicaciones en revista indexadas. Es coautor del libro: Del Águila al Dragón: Los caminos hacia el desarrollo.

PhD. Arturo Angulo Sibaja

Doctor en Biología Animal, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, São Paulo. Ha participado en eventos nacionales e internacionales impartiendo conferencias. Ha impartido cursos en Costa Rica y publicado varios trabajos sobre la fauna íctica continental y de aguas profundas del Pacífico de Costa Rica y Centro América.

Mgs. Mariana Galli Basualdo

Doctoranda de la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires y abogada egresada de la misma universidad. Magíster en Administración Pública – Universidad Complutense de Madrid – Instituto Universitario Ortega y Gasset. Es investigadora de Facultad de Ciencias Económicas. Es autora y coautora de proyectos de ley, capítulos de libros, libros, artículos de revista, publicaciones y publicaciones on-line.

Phd. Angel Deza Gavidia

Lic. Sociología del Desarrollo – UNELLEZ. Sc. Ciencia Política y Administración Pública; Dr. Ciencias Sociales mención Estudios Culturales – Universidad de Carabobo. Es autor de diversos artículos de investigación. Ha participado en calidad de expositor en diferentes congresos y encuentros académicos.

AUTORES

Carlos Aníbal Camana Castro

Carlos Stalin Ulcuango Moreno

Christian Fernando Manobanda Pinto

Cristian Hernando Morán Vega

Diego Guillermo Poutón

Franyelit María Suárez Carreño

Hamilton Paul Mendoza Loor

Jorge Enrique López Lozada

Manuel Rodrigo Passo Guamangate

Milton Andrés Bautista Romero

Paola Mariela Proaño Molina

Paúl Marcelo Tacle Humanante

Sergio Fabricio Trujillo Sánchez

Víctor Patricio Pachacama

ÍNDICE

Prólogo.....	10
--------------	----

Capítulo 1

Innovación, avances y futuro de la mecánica automotriz

Análisis de revestimientos duros aplicados por proceso SMAW sobre acero al carbono A36 y su incidencia en el desgaste abrasivo evaluado bajo la Norma ASTM G-65	13
Milton Andrés Bautista Romero	
Hamilton Paul Mendoza Loor	

Activación y control de inyectores inductivos, piezoeléctricos BOSCH	28
--	----

Manuel Rodrigo Passo Guamangate

Cristian Hernando Morán Vega

Carlos Stalin Ulcuango Moreno

Simulación numérica para el proceso completo de microfusión (<i>investment casting</i>)	51
---	----

Diego Guillermo Poutón

Francesco Biglietti

Simulación numérica de colado para inyección a alta presión aplicado a la industria automotriz	62
--	----

Diego Guillermo Poutón

Francesco Biglietti

Optimización del proceso de colado de piezas mediante simulación numérica	76
---	----

Diego Guillermo Poutón

Francesco Biglietti

Simulación fem de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas con acp ansys	83
---	----

Victor Pachacama

Capítulo 2

Robótica, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada

Red neuronal artificial para análisis de las emociones humanas	96
--	----

Franyelit Suárez

Luis Rosales

David Hurtado

Estrategias pedagógicas basadas en las tecnologías de la información y comunicación	
---	--

(TIC).....	105
William Edgar Segobia Moreta	
Evelin Casandra Zambrano Chávez	
Jenny Maricela Criollo Salinas	
 M-learning para optimizar la enseñanza – aprendizaje del cálculo vectorial en estudiantes de ingeniería.....	115
Paola Proaño	
Fabricio Trujillo	
 Capítulo 3	
Ergonomía, factores humanos y seguridad industrial	
Administración de las Empresas enfocado al riesgo ergonómico	129
Evelin Casandra Zambrano Chávez	
Miguel Ángel Mena Franco	
Jenny Maricela Criollo Salinas	
 Automotización de una silla de ruedas mediante aplicaciones móviles	141
Jorge Enrique López Lozada	
Christian Fernando Manobanda Pinto	
Carlos Anibal Camana Castro	
 La gestión de la calidad en el programa 5S, aplicada en cultivos agrícolas.....	154
Dennys Fernando Guerrero Uriola	
Prevención de Riesgos en el Trabajo, aplicado en el uso de herramientas manuales y de potencia en el mantenimiento industrial.....	170
Dennys Fernando Guerrero Uriola	

PRÓLOGO

Nos sentimos complacidos como miembro de la comunidad científica y educativa presentarles parte del resultado final del congreso realizado en Quevedo los días 5, 6 y 7 de febrero del 2019; esta recopilación de artículos científicos nos muestra la riquezas de las exposiciones que se dieron en ese evento ,ya bastante fructífero de por si al lograr que convergieran estudiantes, profesores y en general, toda una comunidad interesada en la investigación y en las propuestas que en el área de la ingeniería hoy por hoy se presentan.

Los autores de estos artículos, que tenemos a bien presentarles en este libro, fueron elaborados con todo el rigor académico que exige una investigación científica un brillante ejemplo de transdisciplinariedad, ya que no solo se aborda la ingeniería como una disciplina sino también como impacta esta socialmente en la vida cotidiana, en la educación, en el medio ambiente, etc.

Estos aportes científicos deben ser valorados como fruto de una reflexión y de un riguroso debate científico por cada uno de sus autores, en el que, además, se deja constancia de sus actualizaciones científicas

El libro fue estructurado en tres capítulos, tomados de los varios ejes que se presentaron en el congreso.

El capítulo 1 del libro *Innovación, avances y futuro de la mecánica automotriz* nos muestra una serie de investigación en el área del transporte ,en esa búsqueda permanente de mejorar tanto en los rendimientos de las máquinas hoy existentes como la adaptación de ésta al mundo que necesitamos;un mundo más consonante con el cuidado ambiental.

El capítulo 2 nos presenta *Robótica, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada*,en este capítulo entendemos como el futuro que leímos como ciencia ficción ya es una realidad,los adelantos en la robótica,la inteligencia virtual y sus incidencias en la educación,la ingeniería como herramienta en el proceso de enseñanza – aprendizaje

El capítulo 3 *Ergonomía, factores humanos y seguridad industrial* nos presenta investigaciones que proponen soluciones para el día a día del ser humano,nuestra salud y bienestar

Los profesores e investigadores pueden contar con nosotros como un buen canal de difusión de sus trabajos, ya que consideramos valioso y necesarios que sus trabajos sean difundidos para que se conozcan los temas en distintos espacios, además los profesores contribuyen con el aporte de sus inquietudes a impactar en la sociedad científica y académica.

Sírvanse a la lectura de este nuevo espacio donde se seguirá alojando la investigación, la creación y la innovación.

Mgs. Gabriela Mancero Arias



INNOVACIÓN, AVANCES Y FUTURO DE LA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CAPÍTULO
1

Análisis de revestimientos duros aplicados por proceso SMAW sobre acero al carbono A36 y su incidencia en el desgaste abrasivo evaluado bajo la Norma ASTM G-65

Milton Andrés Bautista Romero

milandres1992@gmail.com

Carrera de Tecnología en Mecánica Industrial

Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre

Hamilton Paul Mendoza Loor

hampau_men@hotmail.com

Carrera de Tecnología en Electricidad

Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre

Resumen

El objetivo del presente estudio es evaluar la resistencia al desgaste de tres tipos de recargues duros de aleaciones de carburos de cromo, aleaciones martensíticas y aleaciones austeníticas altas en manganeso, los recubrimientos se aplicaron en una y dos capas sobre el acero estructural ASTM A36 mediante el proceso SMAW. La resistencia al desgaste se evaluó mediante la norma ASTM G-65, para nuestro trabajo experimental se evaluó bajo los parámetros del procedimiento B en donde se establece el peso y numero de revoluciones específicos para este ensayo. Las muestras utilizadas fueron analizadas bajo ensayos de dureza, espectrometría y metalografía para establecer los parámetros que influyen en la resistencia al desgaste. Los resultados evaluados indican que la mayor resistencia al desgaste abrasivo se consiguió con las aleaciones de carburos de cromo debido a la dureza y su microestructura también se obtuvo buenos resultados con las aleaciones austeníticas altas en manganeso mientras que en el recubrimiento a base de aleaciones martensíticas presentó una mínima resistencia al desgaste.

Palabras claves: Desgaste, abrasivo, Aleaciones, microestructura, soldadura.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the wear resistance of three types of hard alloy refills of chromium carbides, martensitic alloys and austenitic alloys high in manganese, the coatings were applied in one and two layers on structural steel ASTM A36 through the SMAW process. The wear resistance was evaluated by the ASTM G-65 standard, for our experimental work it was evaluated under the parameters of procedure B where the weight and number of specific revolutions for this test are established. The samples used were analyzed under hardness, spectrometry and metallography tests to establish the parameters that influence the wear resistance. The results evaluated indicate that the highest resistance to abrasive wear was achieved with alloys of chromium carbides due to the hardness and microstructure also good results were obtained with austenitic alloys high in manganese while in the coating based on martensitic alloys presented minimal resistance to wear.

Keywords: Abrasive Wear, Alloys, Carbides, Microstructure, Welding.

Introducción

En la industria existen varios problemas, pero uno de los más importantes es la abrasión, esto ocurre por el contacto tribológico de partículas o protuberancias duras que son obligadas a

moverse contra una superficie sólida desprendiendo material desgastándolo. Es un fenómeno que se presenta en la mayoría de los procesos productivos. El proceso de soldadura por arco de metal revestido SMAW es de los primeros procesos de soldadura por arco y el proceso más común para soldar varios tipos de metales no ferrosos y metales ferrosos principalmente (Marqués, Cardoso, Nascimento, & Silva, 2016). El electrodo es una varilla metálica que suele ir recubierta de diferentes materiales tales como ligantes de silicato y materiales que pueden ser fluoruros, carbonatos, óxidos, aleaciones metálicas y celulosa.

Existen microestructuras resistentes al desgaste como la estructura martensítica que resulta de la transformación sin difusión de la austenita, puede considerarse como un producto de transformación de la bainita y perlita. Esta transformación martensítica ocurre cuando se evita la difusión del carbono para ello la velocidad del temple debe ser lo suficientemente rápida, su dureza está en un rango aproximado de 50 a 68 HRC.

Existen elementos que son creadores de carburo para formar compuestos duros con el carbono estos son cromo, tungsteno, vanadio, molibdeno y titanio. Estos elementos tienen la capacidad de disolverse hasta cierto grado en la ferrita también se combinan con el carbono fácilmente. Los carburos tienen la característica de ser duros y frágiles pero los carburos que se forman por el cromo son extremadamente duros y tienen la característica de resistir al desgaste. La austenita como principal característica tiene la capacidad de disolver carbono intersticialmente hasta un máximo de 2% a 2065 °F esto quiere decir que no es una mezcla sino una solución sólida por lo que es la fase del acero con mayor densidad y además tiene una baja conductividad térmica.

La norma ASTM G65 detalla los procedimientos para determinar la resistencia al desgaste abrasivo de metales mediante el ensayo con un equipo que posee arena seca y una rueda de goma. El objetivo de esta norma es clasificar los materiales por su resistencia a la abrasión mediante cinco procedimientos, los resultados de esta prueba se indican como pérdida de volumen en mm (CALLISTER, 2009).

En la Universidad Federal de Rio Grande para la revista Iberoamericana en Ingeniería Mecánica con el tema “Análisis de desgaste abrasivo del revestimiento duro a base de carbonatos de Cromo depositado por SMAW” (Marqués, Cardoso, Nascimento, & Silva, 2016) este trabajo experimental está enfocado a un equipo minero hidráulico en el que se ha tomado sus partes más vulnerables al desgaste para su estudio, el chasis de este equipo se compone de dos partes

que son las siguientes la estructura constituida en acero al carbono SAE 1020 y la segunda parte es la caja de transporte constituido de un material aleado HARDOX-450 siendo la superficie de mayor vulnerabilidad por tener contacto directo con el material excavado. Este ensayo se realizó bajo la norma ASTM G 65 y se tomó en cuenta el electrodo UTP-Ledurit 61 de similares características a un electrodo Overlay 62, los resultados fueron satisfactorios realizando estudios de pérdida volumétrica, micro estructural y dureza.

Otro estudio realizado con docentes de diferentes universidades de Colombia con el objetivo de evaluar el desgaste abrasivo de dos recubrimientos duros de alto en Cr y alto en W, estos recargues duros son utilizados para la protección en la industria minera, estos ensayos se aplicó sobre acero estructural AISI A36 mediante soldadura eléctrica SMAW, se utiliza otro tipo de recubrimiento con el electrodo RFeCrA1 aplicado con soldadura oxiacetilénica para comprobar el índice de desgaste por su elevada resistencia a la abrasión. En los resultados obtenidos muestran que la mayor resistencia al desgaste obtenida fue con recubrimientos cuya microestructura está formada por carburos primarios y matriz eutéctica, mientras que las mayores pérdidas de masa se observó en la microestructura que presento ausentita pro-eutéctica.

Importancia del Problema

Este estudio en profundidad nos permite conocer la aplicación de recargues duros enriqueciendo nuestro conocimiento en el uso de la soldadura por proceso SMAW y tener la capacidad de diferenciar la gran variedad de marcas y tipos de electrodos que existen en el mercado para esta aplicación. Esta investigación analiza la reducción de pérdidas volumétricas con la aplicación de recargues duros con el objetivo de prevenir la paralización en procesos industriales por causa de estos fenómenos y la negativa económica que esto conlleva ayudando así al mantenimiento preventivo en las partes más vulnerables a sufrir estos desgastes.

Al realizar un análisis de revestimientos duros con desgaste abrasivo por la fricción en juntas o pares tribológicos de materiales como el acero al carbono ASTM A36 con electrodos de recubrimiento protector a la abrasión será factible ya que contamos con los instrumentos necesarios como el taller, probetas y equipos de laboratorio al alcance de la mano, además con el conocimiento de varios ingenieros de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato que poseen un amplio conocimiento en este tema.

Materiales y Métodos

La finalidad de este proyecto experimental es evaluar los efectos del degaste abrasivo por lo que puede ser aplicado en distintas áreas donde es necesario la presencia de revestimientos duros.

Los recubrimientos utilizados fueron aplicados sobre platinas de acero estructural ASTM A36 de 25 x 75mm y el espesor va de 8 a 12.7 mm dependiendo del número de capas y el tipo de electrodo utilizado. 10 muestras se usaron con el electrodo a base de carburos de cromo (Overlay-62) procedimiento se realizó con los electrodos a base de aleaciones martensíticas (Antifrix-450) y los electrodos a base de aleaciones austeníticas altas en Manganese (Weldmang-14).

Ensayo de degaste abrasivo

Los ensayos de desgaste abrasivo se evaluaron bajo la norma ASTM G-65 según el procedimiento B con el procedimiento en arena seca y rueda de caucho como indica la figura1.

El número de revoluciones fue de 2000 rev con una distancia total de 4309 m según el procedimiento, la carga utilizada en el ensayo fue de 130N fue aplicada con contrapeso y con un flujo de arena constante. La pérdida de masa fue medida en una balanza digital con una precisión de 0.001 g, los cálculos de pérdidas volumétricas fueron normalizados en función de la masa perdida y las densidades de cada uno de los electrodos utilizados.



Figura 1.
Máquina para ensayo de desgaste abrasivo norma ASTM G-65

Análisis microestructural y dureza

Los análisis de microestructura se realizaron en cada tipo de recargue duro con el fin de identificar su microestructura y sus efectos en el desgaste abrasivo evaluado. Las muestras se obtuvieron con la ayuda de la cortadora metalográfica en frío para evitar cambios en la microestructura por las altas temperaturas que se produce al momento del corte.



Figura 2.
Cortadora metalográfica en frio

El ensayo de dureza se realizó en las muestras utilizadas en el análisis microestructural con el fin de identificar las zonas del recargue duro, zona térmicamente afectada (ZTA) y el material base con mayor facilidad gracias a los reactivos utilizados. El numero de puntos por cada una de las zonas identificadas es de 5 con la que se obtuvo un promedio general en cada linea de barrido como se muestra en la figura 3.

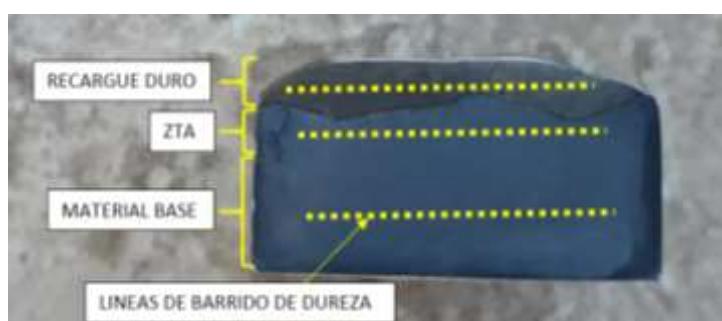


Figura 3.
Lineas de barrido de dureza

Ensayo de espectrometría

Para realizar el análisis químico los rayos X se lanzaron sobre la superficie del cordón de soldadura en las probetas de cada tipo de electrodo, en la superficie analizada no se realizó ningún proceso de rectificado ni cepillado para evitar cambios en la composición química. El método utilizado fue de comparación por fluorescencia de rayos X (XRF) por energía dispersiva de materiales con una precisión de 0.01.



Figura 4.
Espectrómetro de comparación por fluorescencia de rayos X (XRF) por energía dispersiva de materiales.

Resultados y discusión

Caracterización de la microestructura en los recubrimientos utilizados. A continuación, se muestran las microestructuras del material depositado en las muestras en cada uno de los electrodos utilizados.



Figura 5.
Microestructura del recubrimiento duro del electrodo Overlay-62 a 1000X

La figura 5 corresponde al depósito del electrodo a base de Carburos de Cromo cuya microestructura está compuesta por carburos hexagonales de cromo de la forma M_7C_3 en una

matriz eutéctica formada por austenita más inclusiones de carburos. Con un 13.5% de inclusiones de Carburo, 26.80% de Cromo y 59.7% Austenita.



Figura 6.
Microestructura de la interface del electrodo Overlay-62 a 500X

En la ZAT se pueden observar colonias de martensita y los granos de ferrita y perlita del metal base también en la interface del recargue duro de observa ferrita de Widmanstaetten (WF) se caracteriza porque sigue 3 o 4 direcciones privilegiadas, está formada por agujas de ferrita y perlita entrecruzadas.

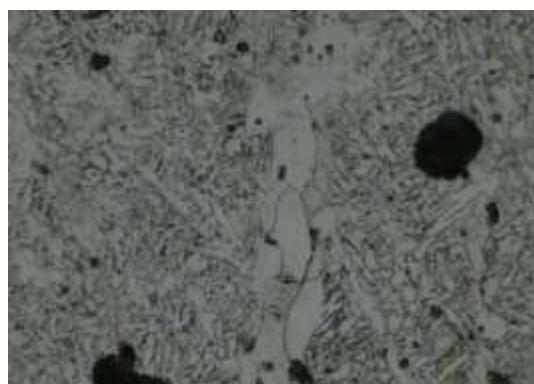


Figura 7.
Microestructura del recargue duro del electrodo Antifrix-450 a 1000X

La figura 6 corresponde al depósito del electrodo a base de aleaciones martensíticas cuya microestructura está compuesta por una microestructura compuesta de colonias de Martensita, perlita fina y ferrita más inclusiones de carburos, con un 10.6% de inclusiones de carburo, 34.20% perlita fina, 28% colonias martensíticas y 27.2% de ferrita.

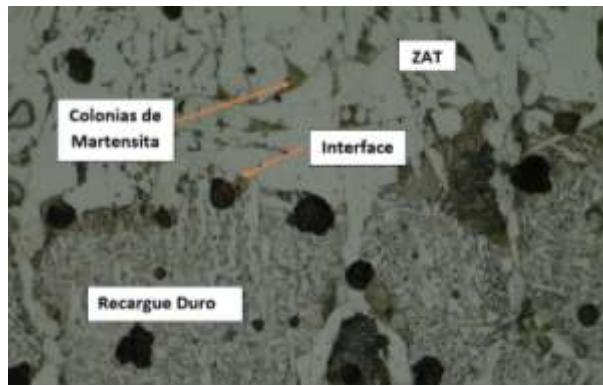


Figura 7.
Microestructura de la interface del electrodo Antifrix-450 a 500X

En la interface se pueden observar los granos de perlita y ferrita del material base con presencia de colonias de Martensita e inclusiones de carburos como puntos negros.

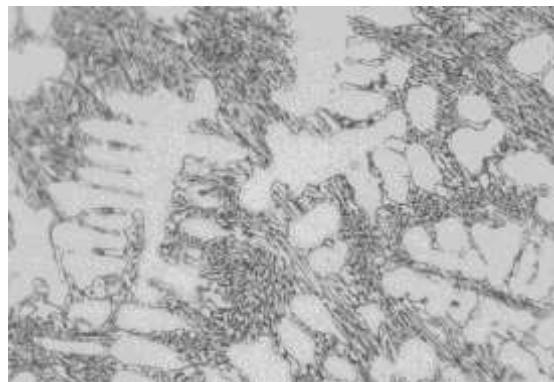


Figura 8.
Microestructura del recargue duro del electrodo Weldamng-14 a 1000X.

La figura 8 corresponde al depósito del electrodo a base de aleaciones austeníticas altas en Manganese cuya microestructura está compuesta por austenita en forma de dendritas en una matriz eutéctica Formada por austenita más carburos y colinas de perlita. Con un 3.20% en inclusiones de carburos, 51.40% perlita y 45.4% austenita en forma de dendritas.



Figura 9.
Microestructura de la interface del electrodo Weldamng-14 a 500X

En la interface se observan inclusiones de manganeso y granos de ferrita y perlita fina del material base.

Efecto de la dureza

En las siguientes figuras se pueden apreciar las durezas alcanzadas en las diferentes zonas de las muestras. Cabe anotar que las diferentes zonas fueron medidas en Rockwell B para tener datos en la misma escala de dureza.

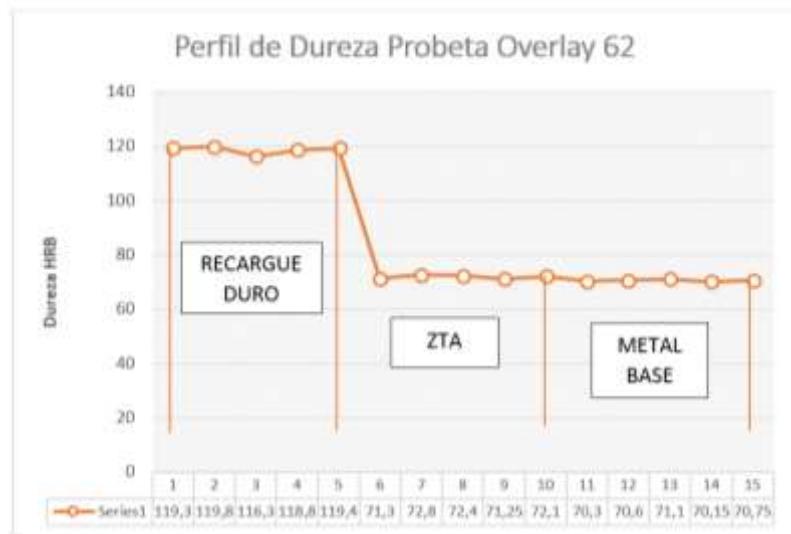


Figura 10.
Barrido de la dureza con el electrodo Overlay-62

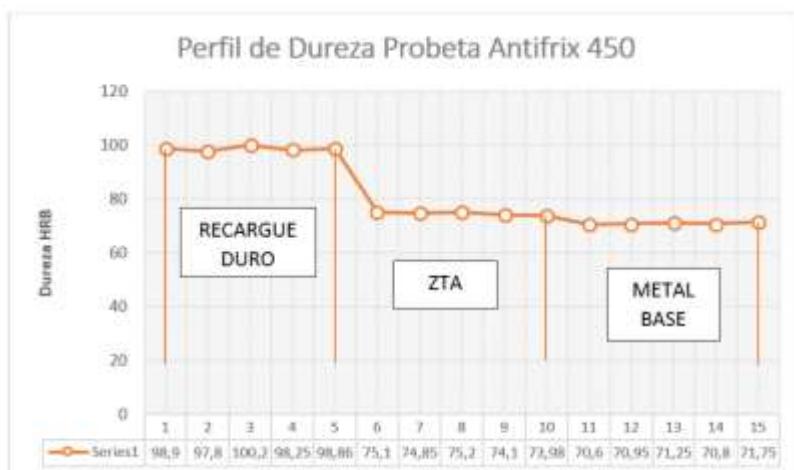


Figura 11.
Barrido de la dureza con el electrodo Antifrix-450

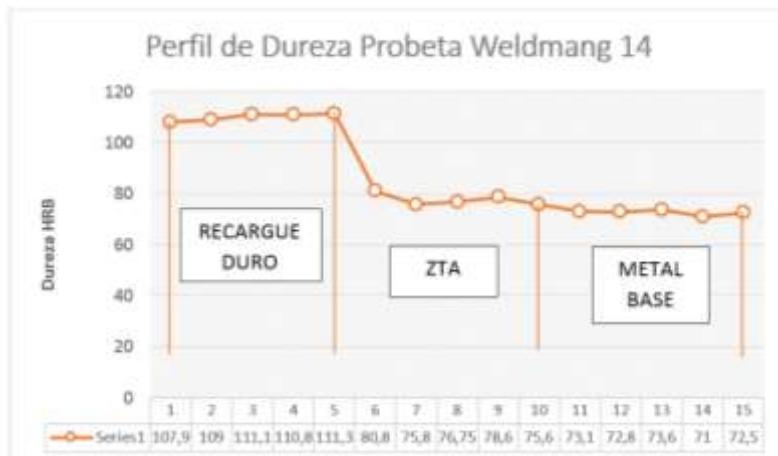


Figura 12.
Barrido de la dureza con el electrodo Weldmang-14

El barrido de dureza para los casos presentes muestra un mayor valor en las zonas donde existe recargue duro por lo que disminuye conforme se acerca al material base. Los valores promedios de dureza en las zonas de recargue duro en las aleaciones de carburos de cromo, aleaciones martensíticas y aleaciones austeníticas altas en manganeso fueron 118.70 HRB, 98.90 HRB y 110.02HRB respectivamente.



Figura 13.
Barrido de la dureza con todas las muestras

Los valores de dureza son elevados en la zona de recargue duro en función del metal base esto sucede por el tipo de microestructura de cada uno de los recubrimientos y su composición química los valores más altos en dureza fue la muestra con revestimiento a base de carburos de

cromo con un porcentaje en cromo según la tabla 1 de 22.26% esto indica que el cromo brinda una mayor dureza también se analizó su microestructura en donde la presencia de carburos en forma hexagonal aumenta su dureza siendo una aleación altamente dura alcanzando un valor máxima de 119.8 HRB siendo la más alta.

La muestra con un recargue duro a base de aleaciones austeníticas altas en manganeso presento un valor intermedio entre las tres muestras con un porcentaje en manganeso según la tabla 1 de 13.28% esto indica que el manganeso también brinda dureza al material depositado, su microestructura formada por austenita en forma de dendritas en una matriz eutéctica Formada por austenita más carburos y colinas de perlita brindando una dureza máxima de 111.30 HRB. La muestra con recargue duro a base de aleaciones martensíticas presentaron los valores de dureza más bajos en la zona del revestimiento ya que su contenido de cromo y manganeso según la tabla 1 son de 1.70% y 0.60 % respectivamente estos valores son extremadamente bajos a comparación de las muestras anteriores pero su microestructura aporta características de resistencia por la presencia de inclusiones de carburos y de colonias Martensíticas brindando un valor máximo en dureza de 100.2 HRB

Efecto de Espectrometría

Tabla 1.
Reporte de composición química Espectrometría

RESULTADOS													
Probeta	Tipo de Recargue		Fe	Cr	Mn	Ti	Mo	Zr	Co	Cu	Ni	Si	P
ERX01	Aleaciones de Carburos de Cromo	% Cont.	69.83	22.26	2.63	1.89	1.27	1.27	0.55	-	-		
		+/- Error	0.18	0.14	0.08	0.07	0.02	0.01	0.09				
ERX02	Aleaciones Martensíticas	% Cont.	96.98	1.70	0.60	0.57	-	0.014	-	0.07	0.06		
		+/- Error	0.06	0.03	0.03	0.04	-	0.002	-	0.01	0.01		
ERX03	Aleaciones Austeníticas altas en Mn	% Cont.	83.05	0.04	13.28	0.21	-	0.046	-	-	2.85	0.22	0.188
		+/- Error	0.13	0.01	0.11	0.03	-	0.003	-	-	0.08	0.01	0.006

Efecto de Desgaste

En el ensayo de desgaste se tomó en cuenta la masa inicial, masa final y densidades de cada electrodo para obtener las pérdidas volumétricas en mm³. La Tabla 2 muestra los promedios de pérdidas volumétricas en cada procedimiento realizado para la comparación de la variación de volumen se tomaron 5 medidas.

Tabla 2.
Promedio de las pérdidas volumétricas

Tipo de Material	Promedio de Perdida Volumétrica (mm³)
Overlay 1 Pasada	49,909
Overlay 2 Pasadas	41,697
Weldmang 1 Pasada	74,58
Weldmang 2 Pasadas	65,189
Antifrix 1 Pasada	305,548
.0Antifrix 2 Pasadas	274,876
ASTM A36	542,955

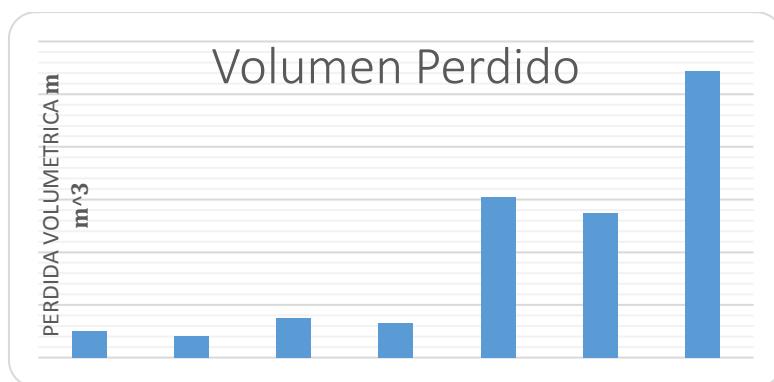


Figura 14.
Perdidas volumétricas

En la figura 14 se observa que la mayor pérdida de volumen la presenta el acero ASTM A36 con una pérdida promedio de 542.955 mm³, la pérdida disminuye notablemente con el proceso de revestimiento duro sobre el material base la presencia de aleaciones de carburos de cromo disminuyó con una pérdida volumétrica de 49.909 mm³ y 41.697 mm³ con una y dos pasadas respectivamente, este tipo de recargue con contenido de carburos duros funcionan como barreras

Evitando que las partículas abrasivas penetren el material alcanzando el mínimo desgaste abrasivo. La presencia de Manganese ofrece una buena resistencia al desgaste al igual que la matriz austenítica como se puede observar el recargue duro con el electrodo Weldmang-14 tuvo una pérdida volumétrica de 74.58 mm³ y 65.189 mm³ con una y dos pasadas respectivamente.

Los bajos contenidos de cromo y manganeso disminuyen la resistencia al desgaste pero sus contenidos de inclusiones de carburos y su matriz martensíticas proporcionan una aceptable resistencia a la penetración de partículas abrasivas como se puede observar en el recargue duro con el electrodo Antifrix-450 tuvo una perdida volumétrica de 305.548 mm³ y 274.876 mm³ con una y dos pasadas respectivamente. En este electrodo se tuvo un desgaste máximo en comparación con las otras muestras.

Conclusiones

El desgaste abrasivo según la norma ASTM G-65 se evaluó en función del método B, seleccionado mediante ensayos preliminares en donde se realizaron pruebas por el método A en el que se obtuvo una pérdida volumétrica de 126.515 mm³ en el electrodo con menor desgaste siendo mayor a 100 mm³ por lo tanto los parámetros del método B son los correctos para este tipo de ensayos según la norma.

El electrodo con aleaciones de carburos de cromo es el que posee la mayor resistencia al desgaste con una pérdida volumétrica de 49.909 mm³ en una pasada y 41.697 mm³ en dos pasadas mejorando la resistencia al desgaste en aproximadamente 11 veces con respecto al acero ASTM A36.

Las microestructuras citadas con la composición química proporcionada por el catálogo de los electrodos adquiridos coinciden con la microestructura obtenida en los estudios de metalografía realizados.

El electrodo a base de aleaciones martensíticas obtuvo pérdidas volumétricas en una y dos pasadas de 305.548 mm³ y 274.876 mm³ respectivamente siendo el menos apropiado para mejorar la resistencia al desgaste.

Con porcentajes altos de Cromo y Manganeso en el revestimiento de los electrodos se obtienen valores altos de dureza similares entre los dos de 118.70 HRB y 110.02 HRB respectivamente, lo que no ocurre con el revestimiento que tiene bajos porcentajes de estos componentes con una dureza menor de 98.80 HRB.

El electrodo Antifrix-450 obtuvo el mayor desgaste dentro de los tres electrodos estudiados por sus contenidos bajos en Cromo y Manganeso de 0.03% en ambos compuestos siendo el más vulnerable a sufrir un mayor desgaste.

El análisis estadístico comprueba que el electrodo que obtuvo menor perdida volumétrica tiene aleaciones de carburos de cromo como se muestra en la figura 4.5 siendo el más recomendable dentro de los tres electrodos estudiados.

Las microestructuras encontradas fueron diferentes para todos los casos, el material base presenta granos de perlita y ferrita, la ZAT en algunos casos presenta inclusiones de Manganese y en otras colonias de martensita en el recargue duro con mayor resistencia al desgaste se presentaron carburos hexagonales de cromo de la forma M7C3 en una matriz eutéctica formada por austenita más inclusiones de carburos, en los recargues duros de aleaciones martensíticas que tuvieron mayor desgaste se presentó una microestructura compuesta de colonias de Martensita, perlita fina y ferrita más inclusiones de carburos.

Se logró encontrar inclusiones de carburos en todas las microestructuras este tipo de inclusiones aportan con dureza al material de aporte lo que le hace diferente del acero estructural ASTM A36.

Bibliografía

- Bosch. (1999). *Automotrizenvideo*. Obtenido de automotrizenvideo: https://automotrizenvideo.com/wp-content/sp-resources/forum-file-uploads/juvenal/2012/12/Sistema_de_inyección_de_acumuladores_common_rail_diesel.pdf
- Callister, W. (2009). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. 2nd ed. Mexico: Limusa Wiley.
- Díaz, B. y. (2004). *Evaluación de recargues duros resistentes a la abrasión depositados por soldadura*. Obtenido de <http://www.uct.unexpo.edu.ve/index.php/uct/article/viewFile/342/286>
- Fonseca, C. (2007). *Introducción a la Metalurgia de la soldadura*. 7ma ed. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna Materiales, procesos y sistemas*. Primera Edición. México: Prentice-Hall.
- Gutiérrez, J., León, M., Mesa, H., & Toro, A. (2004). *Evaluación de la resistencia al desgaste abrasivo en recubrimientos duros para aplicaciones en la industria minera*. Scientia at Technica.

Indura. (2010). *Manual de Electródos de Mantenimiento*.

Marqués, F., Cardoso, R., Nascimento, G., & Silva, A. (2016). Análise de desgaste abrasivo do revestimento duro a base de carbonetos de cromo depositado por SMAW. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*. Vol. 20, N.º 2, 13-23.

Neely, J. (2002). *Metalurgia y Materiales Industriales*. Mexico: Limusa.

Ramesh, S. (2012). *Applied Welding Engineering*. Elsevier: Oxford.

Activación y Control de Inyectores Inductivos, Piezoeléctricos BOSCH

Manuel Rodrigo Passo Guamangate

rodmrpg1989@hotmail.com

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz, Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre

Cristian Hernando Morán Vega

cristianhm89@hotmail.com

Unidad Educativa Fiscomisional MARISTA

Carlos Stalin Ulcuango Moreno

carsta381990@hotmail.com

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz, Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre

Resumen

El diagnóstico de los inyectores CRDI en Ecuador son muy reducidos por ello se ha desarrollado un banco de pruebas de inyectores CRDI, con el fin de analizar los tiempos de activación, mantenimiento y cierre de inyección a presiones que alcanzan los 1000 bares, para poder analizar los caudales de inyección y retorno el tiempo de activación de los inyectores lo controla el módulo de control electrónico, haciendo más precisos los tiempos de pulverización y realizando inyecciones múltiples antes de la inyección principal o momento de combustión, lo que permite reducir los ruidos en el motor y quemando el combustible eficientemente aprovechando al máximo el diésel, reduciendo el consumo y disminuyendo los gases nocivos para la salud y la contaminación ambiental. El tiempo de inyección varía de acuerdo al fabricante del sistema, los tiempos oscilan de 0,8 a 1 milisegundos de atomización en la cámara de combustión, existen 2 tipos de inyectores los bobinados y piezoeléctricos estos últimos con una tecnología que controla hasta 8 inyecciones múltiples durante el ciclo de inyección, la parte electrónica de potencia trabaja con elevados voltajes, que oscilan entre 50v y 80v poseen resistencias bajas, lo cual el consumo de corriente es alto, para que no se caliente la bobina del inyector, la ECM controla tiempos de descarga muy rápidos en milisegundos evitando que se queme el inyector y dañando el sistema.

Palabras Clave: Inyector, Diésel, Piezoeléctrico, Pre-inyección, Control.

Abstract

Diagnosing CRDI injectors in Ecuador are very low so it has been developed a test injectors IDRC, in order to analyze the activation times, maintaining and closing injection pressures reaching 1,000 bars, to analyze the injection rates and return the activation time of the injectors is controlled by the electronic control module, making more precise times spraying and performing multiple injections before the main injection or time of combustion, thus reducing noise in the engine and burning the fuel efficiently maximizing the diesel, reducing consumption and reducing harmful gases for health and environmental pollution. The injection time varies according to system manufacturer, times ranging from 0.8 to 1 milliseconds atomization in the combustion chamber, there are 2 types of piezo injectors windings and the latter with a technology that controls up to 8 multiple injections during the injection cycle, the electronic power module works with high voltages ranging from 50v and 80v have low resistance, which the current consumption is high, so that the injector coil is not hot, the ECM controls times download very fast in milliseconds preventing the injector burning and damaging the system.

Key Words: injector, diesel, piezoelectric, pre-injection, control.

Introducción

Los sistemas de inyección directa diésel a diferencia de los sistemas convencionales, no poseen bombas de inyección lineal o rotativa, que se encargaban de proporcionar combustible a alta presión hacia los inyectores (*Bosch 2005*). La generación de presión y el control de inyección son independientes, la ECU controla la cantidad y el calado de inyección con un alto grado de precisión, es incluso posible múltiples inyecciones de combustible en una sola carrera de inyección, con ello garantiza una presión de inyección estable a cualquier régimen del motor (*Bosch 2005*).

Los principales fabricantes de los sistemas son: Bosch, Siemens, Delphi, Denso los cuales presentan diferencias considerables al momento de regulación de presión y la cantidad de combustible que pasa a ser comprimido en la parte de alta presión, estructura de regulación, retorno y el sistema de control y activación de inyectores CRDI (*Coral De La Cadena 2013*). La alta presión en el rail está presente en la válvula reguladora de presión, (*Bosch 2005*) el objetivo es controlar la presión en el rail, y permite disminuir la presión en el circuito de alta presión descargando el diésel, también controla de manera precisa los picos de oscilaciones de presión y limitando la presión en caso de que el sistema esté en sobrepresión en el rail (*Bosch 2005*).

La activación tiene lugar a través de la unidad de control, mediante el caudal de combustible que sale se modifica la presión del rail, el combustible desviado fluye a través del retorno de combustible al depósito, en estado sin corriente está cerrada la válvula reguladora de presión (*Ibáñez 2013*).

Para abrir la válvula electromagnética debe incrementarse primera la corriente, con un flanco definido aproximadamente 20 A, para conseguir una reducida tolerancia y una elevada capacidad de reproducción de caudal de inyección. Esto se consigue mediante una tensión de refuerzo de hasta 60V. Se genera en la unidad de control y se almacena en un acumulador de tensión de refuerzo (condensador) la corriente aumenta con más rapidez aplicando una alta tensión en la válvula electromagnética (*Bosch 2005*). La PCM vuelve a la alimentación de la batería y mantiene los 20 A de suministro con esto evita el sobrecalentamiento por potencia eléctrica, la PCM mantiene el voltaje de 12V, pero reduce la corriente sobre el solenoide aproximadamente a 12

A, con esta reducción de corriente se libera energía la cual es enviada al condensador y almacenada (*Morales, Bolívar et al. 2013*).

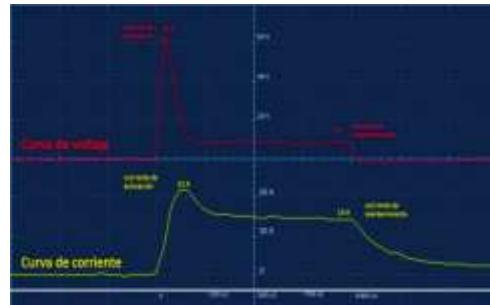


Figura 1.
Fase de activación de corriente y voltaje (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la fase de corriente inicial de arranque, la batería suministra la tensión a la válvula electromagnética, esto contribuye a una apertura rápida, la corriente inicial de arranque se limita con una regulación de corriente aproximadamente 22A, En la fase de mantenimiento se reduce la corriente a 15 A para disminuir la potencia perdida en la unidad de control y en el inyector, al reducir la corriente inicial de arranque hasta la corriente de mantenimiento, se libera energía, esta es conducida hacia el acumulador de tensión de refuerzo (*Bosch 2005*).

La PCM corta toda la corriente al solenoide en ese momento toda la energía liberada va al condensador para una fase de recarga eso quiere decir que entre cada inyector existe un período en el cual se sigue cargando el condensador, esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo (*Salinas Carvajal and Villavicencio Ramos 2013*).

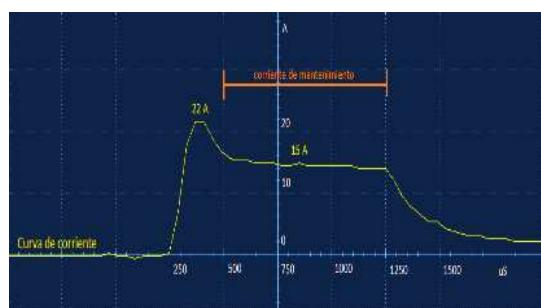


Figura 2.
Corriente inicial y de mantenimiento (Morán Vega and Rodrigo 2016).

La recarga se efectúa mediante un convertidor de refuerzo integrado en la unidad de control, la energía consumida en la fase de apertura se recarga al comienzo de la fase de retención, esto dura hasta que alcanza el potencial de energía original que es necesario para la apertura de la válvula electromagnética (*Bosch 2005*).

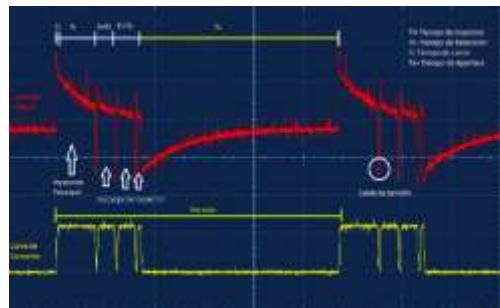


Figura 3.
Parámetros de funcionamiento del inyector (Morán Vega and Rodrigo 2016).

Los inyectores piezoeléctricos dan mayor precisión en la sincronización y cantidad de la inyección del pistón, la PCM (módulo de control de potencia) envía sobre el piezoeléctrico una tensión inicial de unos 70 V por un tiempo de 0,2ms, en el interior los cristales logran elevar este voltaje a unos 140 V en unos 0,2 ms y se logra con una corriente de 7 A, a este proceso se lo llama tensión de carga y corriente de carga, para terminar el proceso de inyección es necesario colocar otro impulso de tensión final llamado tiempo de descarga esto toma alrededor de otros 0,2 ms (Casanova Jiménez 2014).

La activación del inyector se realiza mediante la unidad de control electrónico se prescribe una tensión de activación inicial, la aplicación d la corriente se efectúa en forma de impulsos hasta alcanzar una divergencia mínima entre la tensión de referencia y la tensión de regulación mediante la multiplicación hidráulica, la carrera del actor genera un incremento de la presión en el acoplador hasta que se elimina la igualdad de fuerzas en la válvula de mando y se abre la válvula (Bosch 2005).

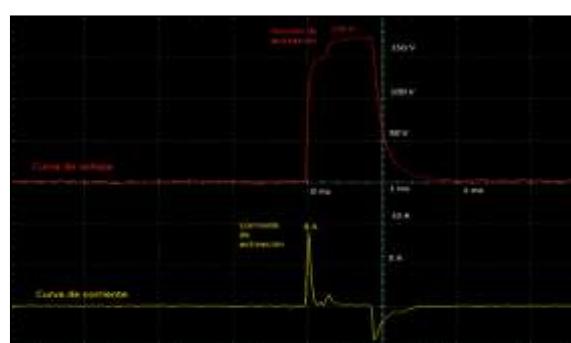


Figura 4.
Curvas características de corriente y voltaje del inyector piezoeléctrico (Morán Vega & Rodrigo 2016)

Tan pronto como la válvula de mando alcanza su posición final, comienza a descender la presión en la cámara de control a través de la aguja y se efectúa la inyección.

Importancia del Problema

Los bancos de pruebas de los sistemas *Common rail* se encargan de verificar el estado técnico y funcional del sistema, realizando pruebas como: la medición de entrega de caudal de inyección y retorno a cada cilindro en cualquier régimen de velocidad, comprobación y ajuste de la presión de apertura de los inyectores, evaluación del haz de rociado para comprobar su forma y pulverización, control de estanqueidad y vibración.

(Coral de la Cadena, 2013) indica que:

"Los sistemas CRDI han mejorado el rendimiento del motor hasta en un 25%, y disminuye el ruido del mismo en un 40% según algunos estudios. Esto da la potencia del vehículo y muestra que la tecnología avanza para los vehículos a diésel. Estos motores obtienen mayor desempeño con un desarrollo óptimo, y una eficiencia mucho mayor por el aumento de la presión en el diseño de *Common-rail*. El ahorro en el costo del combustible puede ayudar a recuperar la inversión con el tiempo". Pág. 80

Materiales y métodos

La metodología para el desarrollo de la investigación, se basa en el enfoque experimental; a través de equipos de diagnóstico especializado para establecer valores de tiempos de apertura y cierre del inyector, graficas en el osciloscopio de las curvas de inyección y con los parámetros establecidos de las variables de investigación, la información que se va recolectando para su posterior diseño y cuantificación de resultados.

(Arteaga Herrera and Fernández Sacasas 2010) menciona que:

"Para la investigación se utiliza diversos métodos y técnicas generales para las diversas ramas de la ciencia, para el proceso de investigación se utiliza procedimientos con mayor o menor énfasis, al momento de su desarrollo los métodos que se aplican son la deducción, la síntesis, la inducción, el análisis, lo experimental, y la comparación de resultados para el desarrollo de la investigación. El conjunto de procesos y procedimientos lógicos para resolver el planteamiento del problema, con criterio estandarizado para enriquecer el conocimiento técnico que nos permite descubrir nuevos elementos o analizar resultados obtenidos y tabularlos mediante pruebas de aplicación, este proceso es organizado y garantiza la producción de conocimiento o de alternativas de solución viables". Págs. 13-17.

Métodos generales de la investigación.



Figura 5.

*Métodos específicos de la investigación 12
(Arteaga Herrera and Fernández Sacasas 2010)*

Método experimental

Resulta del desarrollo y la técnica del conocimiento humano, realizando pruebas y ensayos para obtener valores preestablecidos en los tiempos de apertura y cierre del inyector de sistemas CRDI con el objetivo de tener un análisis de resultados adecuado que ayude al técnico a diagnosticar de la manera más eficiente para dar una solución al problema.

Método inductivo

Es el razonamiento partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales, en base a la experimentación con el objetivo de observar fundamentos de las demostraciones estudiadas.

El control de la pre inyección nos ayuda a reducir los ruidos en el motor mientras que la pos-inyección a disminuir las emisiones contaminantes producidas al momento de la combustión.

Método deductivo

Procedimiento que se realiza a través de afirmaciones generales para encontrar variables desconocidas con principios teóricamente conocidos, para explicar dicho fenómeno, la deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

A partir de las mediciones que se realizó a los inyectores electromagnéticos y piezoelectrómicos, se efectuó una comparación modificando los tiempos de apertura y cierre con una variación de

los picos inductivos en el osciloscopio, y consumo de corriente.

Método analítico

Se diferencian los elementos que se van a examinar y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. Para resolver de la mejor manera posible. Organizando los objetos más complejos a ser estudiados a principios más simples. 13

Se realizó el análisis sistemático a través de pruebas con instrumentos de medición como osciloscopio, voltímetro, amperímetro. Variando los tiempos en la programación y la presión en el sistema, observando valores a baja, media y alta carga.

Método de síntesis

Direccionar con criterio y orden los conocimientos más sencillos hasta llegar a la preparación más compleja, con las conclusiones obtenidas en los resultados tabulados de las pruebas realizadas.

En el transcurso de las diferentes pruebas, se estableció distintos ensayos para observar que sucedía con el inyector a prueba, estableciendo más ciclos en una inyección para una mejor combustión y una mayor reducción de gases de escape nocivos.

Método de la medición

Para formular los resultados de los conceptos cualitativos y comparativos, es necesario la asignación de valores numéricos a dichas propiedades. En el proyecto se adjunta los valores obtenidos de manera numérica, como manera práctica con instrumentos de medición observando así si existe algún tipo de variación.

Método matemático

Se aplica la investigación que detalle una estadística de números y relaciones constantes, diversidad de comprobaciones para tomar en cuenta para afirmar o negar una teoría, en el proyecto se obtiene mediciones para calificar los resultados establecidos para el correcto funcionamiento de los inyectores disminuyendo probabilidades de error.

En el diseño hidráulico para encender el circuito de baja presión necesitamos activar la electrobomba que se encuentra dentro del depósito de combustible, pasando por un filtro de partículas, y se observa que la presión está tarada en 1 bar, abriendo la válvula de alivio del circuito

de baja. Para la activación del circuito de baja presión necesitamos un *switch*, en cual abre el circuito de 12 V DC que poseemos en la fuente de poder para activar el circuito de la alta presión, necesitamos activar el motor trifásico a través de un segundo *switch* que se encuentra en el tablero, el motor eléctrico mueve la bomba de alta presión, generando altas presiones lo controlamos con la válvula manual de aguja y observamos la presión del sistema a través del manómetro.

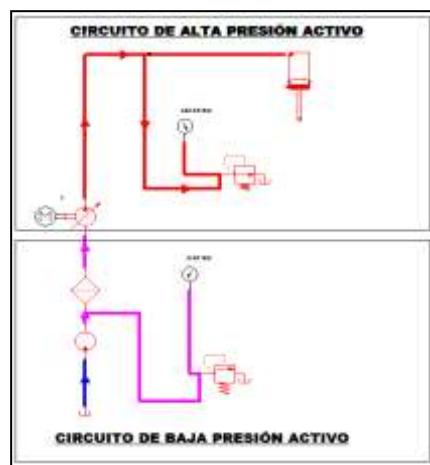


Figura 6.
Circuito de baja presión en Automation studio (Bosch 2005).

En el diseño mecánico se construyó a base de teorías de cargas mecánicas para la selección de la estructura metálica, de acuerdo a la disposición de los elementos que lo constituyen, previo al montaje del sistema hidráulico, se realizó el diseño en sistema CAD con el software Inventor, para simular las cargas de flexión y puntos de ruptura.

El diseño cumple con los requerimientos de funcionalidad y seguridad para la aplicación del banco de pruebas de inyectores CRDI, se realizó cálculos para el correcto funcionamiento para determinar y seleccionar los materiales a utilizarse, para que este no este expuesto a ningún tipo de deformaciones, sea resistente y seguro.

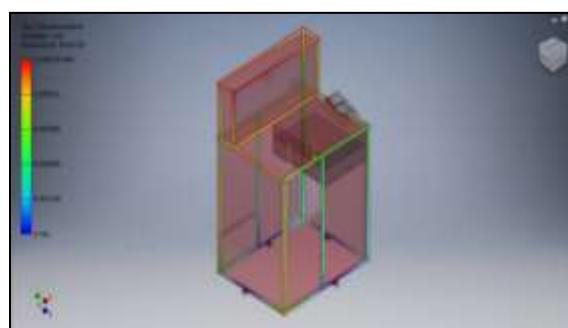


Figura 7.
Análisis de fuerzas aplicadas en puntos críticos con un peso extremo (Bosch 2005).

En el diseño electrónico dispone de un módulo de control que posee capacitores que almacenan 110uf, 12V, los tiempos de activación de las bobinas electromagnéticas van de 0.1 ms a 1 ms, las cargas de los capacitores ocurren en el tiempo de cierre que oscila entre 114 ms a 99 ms.

El diseño se realizó en el programa Livewire, para simular el funcionamiento electrónico de cada uno de los componentes para activar los inyectores inductivos Bosch.

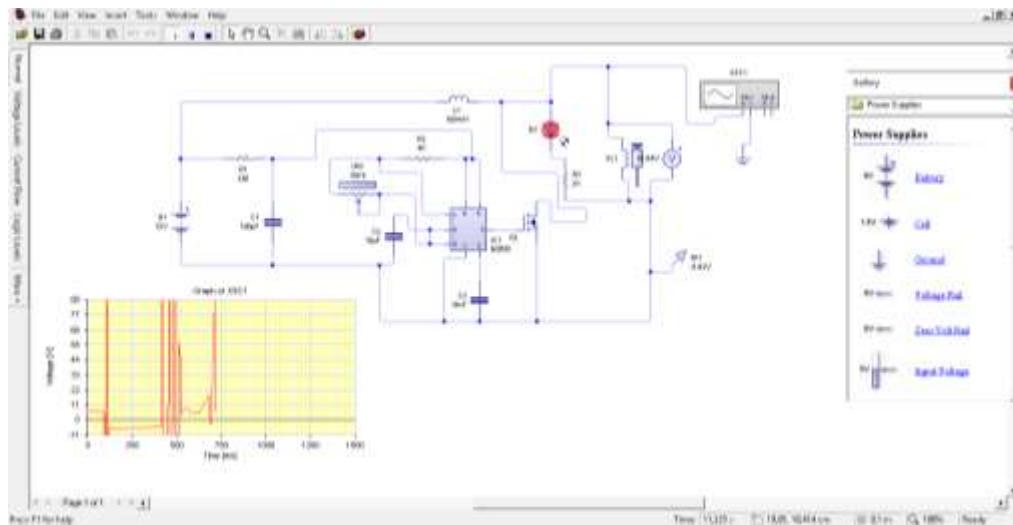


Figura 8.

Diseño de la placa de control de inyectores inductivos (Morán Vega and Rodrigo 2016).

Pruebas de Funcionamiento

El banco de pruebas presenta dos partes fundamentales para el diagnóstico de inyectores CRDI, la parte de generación de presión y la activación de inyectores diésel common rail, para la generación de presión, el banco dispone de una bomba HP3 Denso, la cual genera hasta 1000 bares y se puede visualizar en un manómetro de alta presión, también se puede regular el sistema de 0 a 1000 bar con una válvula reguladora manual para distintas pruebas de presión y para la activación de los inyectores se utiliza una placa de control de anchos de pulsos.



Figura 9.

Banco de pruebas de inyectores CRDI (Morán Vega and Rodrigo 2016).

Pruebas de funcionamiento

Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.



Figura 10.

Inyector Inductivo Bosch (Morán Vega and Rodrigo 2016)

Cálculo del ángulo de inyección

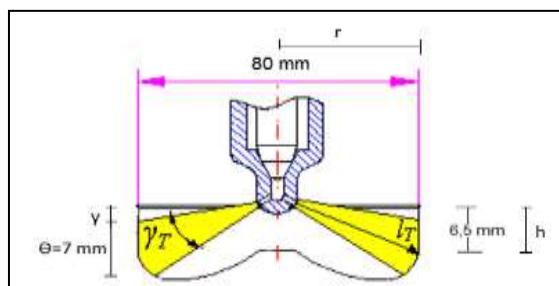


Figura 11.

Ángulo de inyección (Morán Vega and Rodrigo 2016).

Datos

h = altura del centro de inyección al punto de referencia

r = radio del cilindro

θ = diámetro del chorro

I_T = ángulo de disparo

γ_T = ángulo de dispersión

Y =diferencia de alturas

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = \arctan \left(\frac{h}{r} \right) \quad (1)$$

$$I_T \quad \alpha = \arctan \left(\frac{6,5}{40} \right)$$

$$I_T \quad \alpha = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan \left(\frac{\theta+y}{r} \right) - \arctan \left(\frac{y}{r} \right) \quad (2)$$

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan \left(\frac{7+3}{40} \right) - \arctan \left(\frac{3}{40} \right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 14,03^\circ - 4,29^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Cálculo de prueba a ralentí

Datos:

N = 840 Rpm

$$N = \frac{120000}{T} \quad (3)$$

$$840 = \frac{120000}{T}$$

$$T = 142,86 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 6,99 \text{ Hz}$$

$$f = 7 \text{ Hz}$$

Calculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 10%)

CT = 10 %

$$CT = \frac{Ti}{Ti+Tc} \times 100 \quad (4)$$

$$10 \% = \frac{Ti}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$Ti = 14,29 \text{ ms}$$

$$Tc = 128,57 \text{ ms}$$

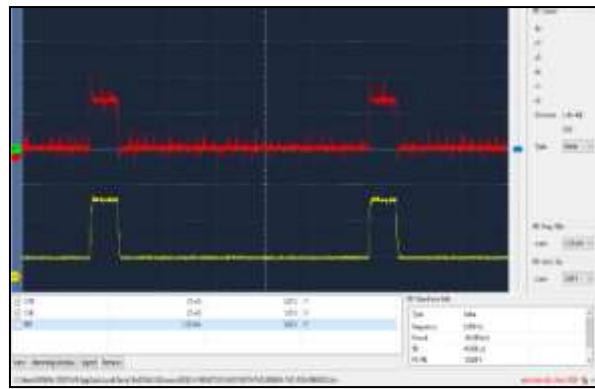


Figura 12.

Curvas de voltaje y corriente, 7Hz, cicle duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 13 podemos observar que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 13,3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% y a 840 rpm en un periodo de 142,9 milisegundos, con una apertura de 14,30 milisegundos y un tiempo de cierre de 128,56 milisegundos.

Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 20%)

$$CT = 20 \%$$

$$CT = \frac{Ti}{Ti+Tc} \times 100 \quad (5)$$

$$20 \% = \frac{Ti}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$Ti = 28,58 \text{ ms}$$

$$Tc = 114,32 \text{ ms}$$



Figura 13.

Curvas de voltaje y corriente, 7Hz, cicle duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 14 podemos observar que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 27,6 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 840 rpm en un periodo de 142,9 milisegundos, con una apertura de 28,6 milisegundos y un tiempo de cierre de 114,26 milisegundos.

Calculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 25%)

$$CT = 25 \%$$

$$CT = \frac{Ti}{Ti+Tc} \times 100 \quad (6)$$

$$25 \% = \frac{Ti}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$Ti = 35,72 \text{ ms}$$

$$Tc = 107,18 \text{ ms}$$

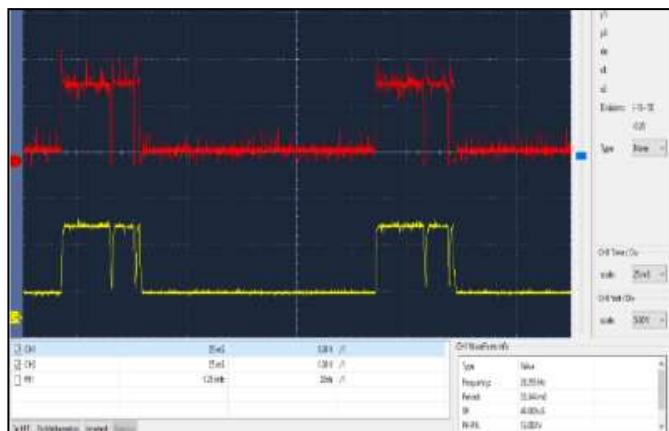


Figura 14.

Curvas de voltaje y corriente, 7Hz, cicle duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 15 podemos observar que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 34,5 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, de ciclo de trabajo a 25% y a 840 rpm en un periodo de 142,9 milisegundos, con una apertura de 35,5 milisegundos y un tiempo de cierre de 107,36 milisegundos.

Calculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 30%)

$$CT = 30 \%$$

$$CT = \frac{Ti}{Ti+Tc} \times 100 \quad (7)$$

$$30 \% = \frac{Ti}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$Ti = 42,87 \text{ ms}$$

$$Tc = 99,99 \text{ ms}$$

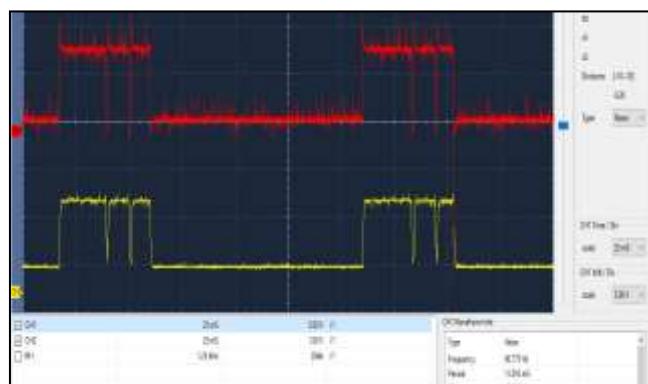


Figura 15.

Curvas de voltaje y corriente, 7Hz, cicle duty 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 16 podemos observar que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 41,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 840 rpm en un periodo de 142,9 milisegundos, con una apertura de 42,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 100,06 milisegundos.

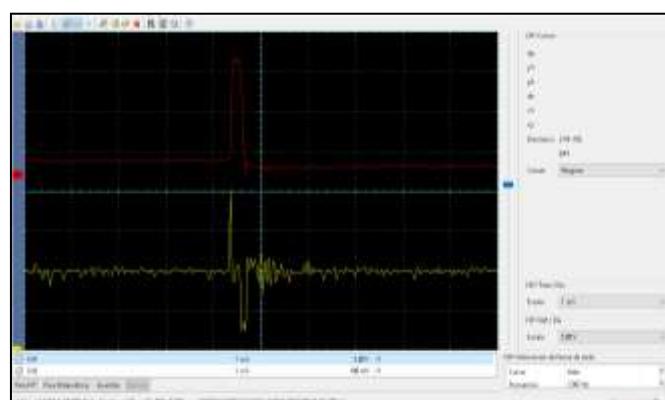


Figura 16.

Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM y función pilot (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 16 se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 5 A, a un tiempo de inyección de 0,36 ms con un tiempo de cierre de 124,64ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz

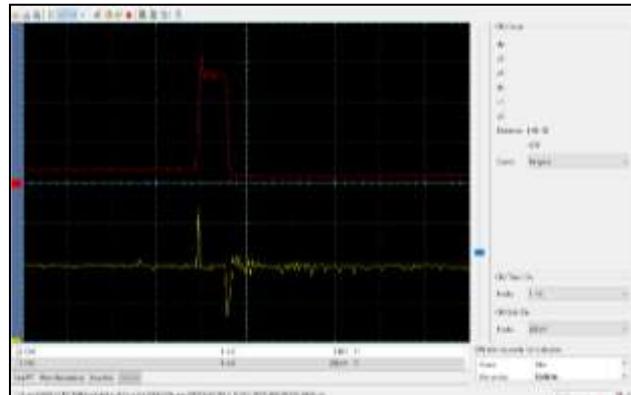


Figura 17

Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM y función main (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 18 se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 6A a un tiempo de inyección de 0,76 ms con un tiempo de cierre de 124,24 ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

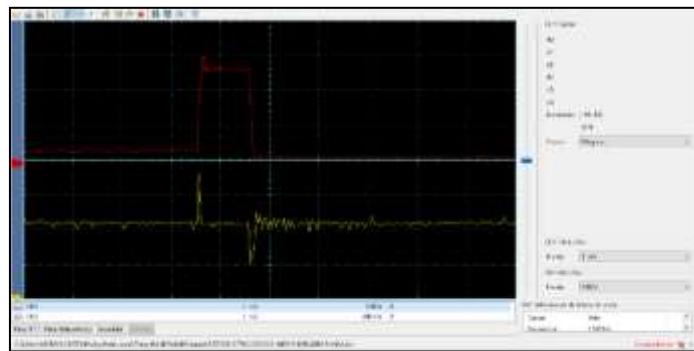


Figura 18.

Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM y función max (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 19 se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 6A a un tiempo de inyección de 1,2 ms con un tiempo de cierre de 123,8 ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

Resultados

Tabla 1.

Pruebas de 200 a 1000 bares a 840 RPM de inyector inductivo Bosch 0445110070

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	Período	Cicle Duty
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(ms)	(%)
200	170	9	4	142,9	10
200	150	12	6	142,9	20
200	150	13	7	142,9	25
200	150	26	9	142,9	30
400	300	21	5	142,9	10
400	250	37	9	142,9	20
400	225	42	10	142,9	25
400	200	47	12	142,9	30
600	425	37	7	142,9	10
600	325	42	10	142,9	20
600	300	61	16	142,9	25
600	250	68	18	142,9	30
800	550	26	11	142,9	10
800	450	43	12	142,9	20
800	400	55	15	142,9	25
800	350	64	16	142,9	30
1000	700	15	8	142,9	10
1000	500	45	13	142,9	20
1000	450	55	15	142,9	25
1000	400	63	16	142,9	30

La Tabla 1 presenta las pruebas a diferentes presiones de trabajo con variaciones de presión en cada una de las pruebas por efecto de la apertura de la aguja del inyector se observa que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión y ciclo de trabajo realizado, con un voltaje de activación de 11 voltio y un corriente promedio de 14 amperios.

Tabla 2.
*Pruebas de tiempos de apertura y cierre de inyección a 840 RPM de inyector inductivo
 Bosch 0445110070*

Presión	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Cicle Duty
(bar)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(%)
200	14,30	1	13,3	128,56	142,9	10
200	28,60	1	20,1	114,26	142,9	20
200	35,50	1	21,6	107,36	142,9	25
200	42,80	1	20,5	100,06	142,9	30
400	14,20	1	13,2	128,66	142,9	10
400	29,70	1	21,5	113,16	142,9	20
400	35,40	1	21,2	107,46	142,9	25
400	42,20	1	21	100,66	142,9	30
600	14,20	1	13,2	128,66	142,9	10
600	28,70	1	18,5	114,16	142,9	20
600	34,71	1	19,3	108,15	142,9	25
600	42,10	1	19,8	100,76	142,9	30
800	14,30	1	13,3	128,56	142,9	10
800	28,60	1	21	114,26	142,9	20
800	34,80	1	19,9	108,06	142,9	25
800	41,20	1	20,2	101,66	142,9	30
1000	14,30	1	13,3	128,56	142,9	10
1000	28,50	1	20,5	114,36	142,9	20
1000	35,20	1	20,8	107,66	142,9	25
1000	40,90	1	20,1	101,96	142,9	30

En la Tabla 2 se observa que se mantiene el tiempo de activación para cada ciclo de trabajo independiente a la presión que se encuentre de prueba ya que el control electrónico no depende de la presión de trabajo.

Tabla 3.

Pruebas de 200, 700 y 1000 bares de presión del inyector piezoeléctrico Bosch 0445116.

presión a prueba(bar)	caudal inyección (ml)	Caudal retorno (ml)	periodo (ms)	voltaje (v)	i de apertura (a)
200	1	26	125	145	4,7
700	2	66	125	145	4,5
1000	2	62	125	140	5
200	2	30	125	145	6
700	9	56	125	140	7
1000	11	63	125	140	7
200	5	33	125	140	3
700	16	58	125	140	6
1000	11	66	125	140	4,5
200	0,25	34	125	140	5
700	0,5	56	125	125	4
1000	2	56	125	130	7
200	1	31	125	145	6,5
700	10	58	125	140	6
1000	12	61	125	130	6,5
200	6	33	125	145	4,5
700	19	59	125	140	6
1000	14	65	125	135	5,5

La Tabla 3 presenta los caudales de inyección y retorno a diferentes presiones modulando los anchos de pulso de inyección, se observa una corriente promedio de 6 amperios y voltajes de activación de 140 voltios en un periodo de 125 milisegundos a 960 rpm.

Tabla 4.

Pruebas de tiempos de apertura y cierre de inyección a 960 RPM del inyector piezoeléctrico Bosch 0445116.

presión a prueba(bar)	periodo (ms)	ta (ms)	ti (ms)	tr (ms)	tc (ms)
200	125	0,36	0,044	0,316	124,64
700	125	0,36	0,04	0,32	124,64
1000	125	0,36	0,04	0,32	124,64
200	125	0,76	0,04	0,72	124,24
700	125	0,76	0,04	0,72	124,24
1000	125	0,76	0,04	0,72	124,24
200	125	1,16	0,04	1,12	123,84
700	125	1,2	0,04	1,16	123,8
1000	125	1,16	0,04	1,12	123,84
200	125	0,2	0,04	0,16	124,8
700	125	0,2	0,04	0,16	124,8
1000	125	0,2	0,04	0,16	124,8
200	125	0,8	0,04	0,76	124,2
700	125	0,75	0,04	0,71	124,25
1000	125	0,8	0,04	0,76	124,2
200	125	1,44	0,04	1,4	123,56
700	125	1,5	0,04	1,46	123,5
1000	125	1,4	0,04	1,36	123,6

En la Tabla 4 se observa que se mantiene el tiempo de activación para cada prueba el control electrónico es independiente a la presión que se encuentre el sistema los tiempos de activación oscilan entre 0,36 a 1,5 milisegundos.



Ciclo Duty/Presión/Presión de prueba/Caudal de inyección/Caudal de retorno a 840 RPM

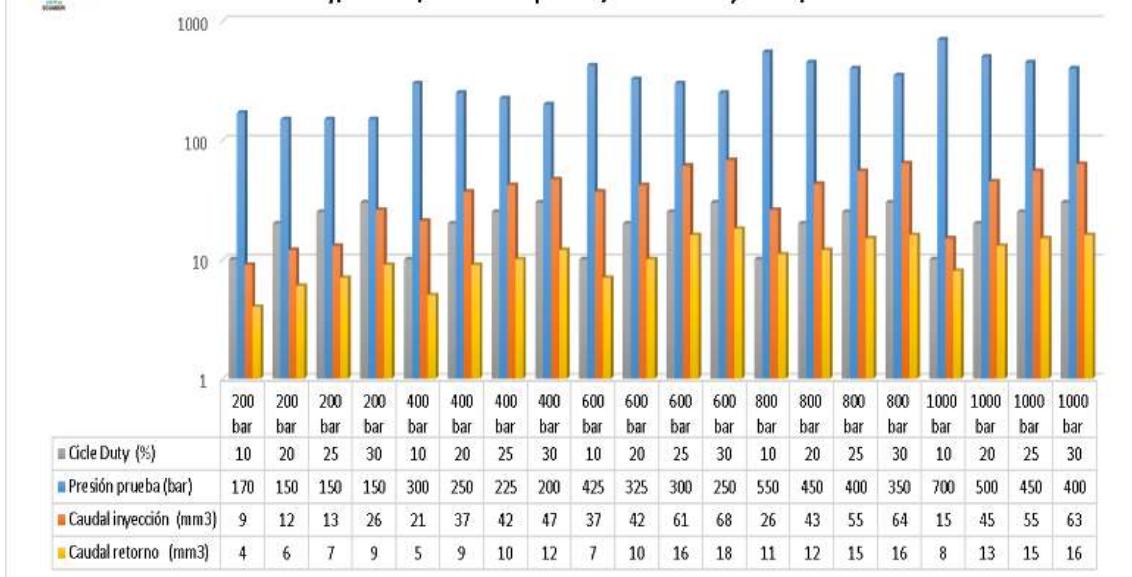


Figura 19.

Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 RPM (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 20 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 600 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 68 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 28, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 4 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

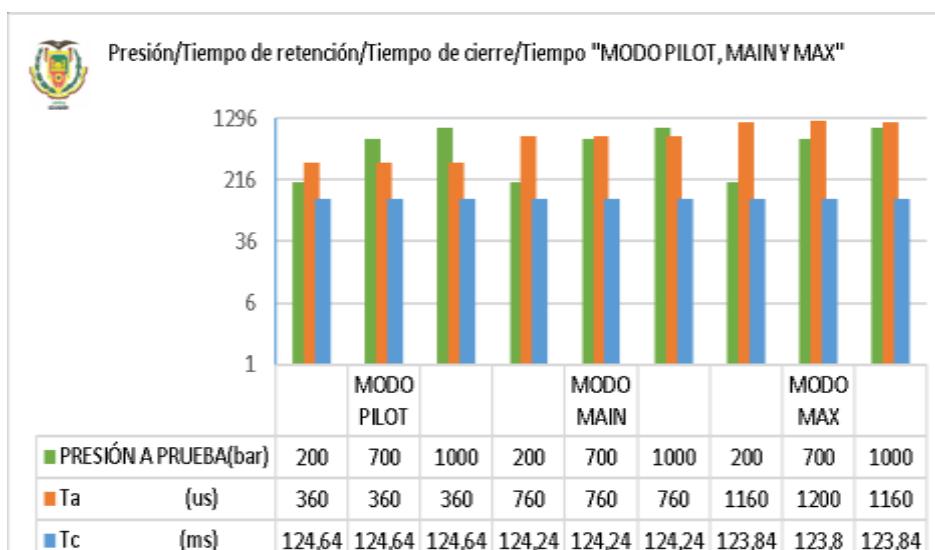


Figura 20.

Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM (Morán Vega and Rodrigo 2016).

En la Figura 20 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,36 a 1,2) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

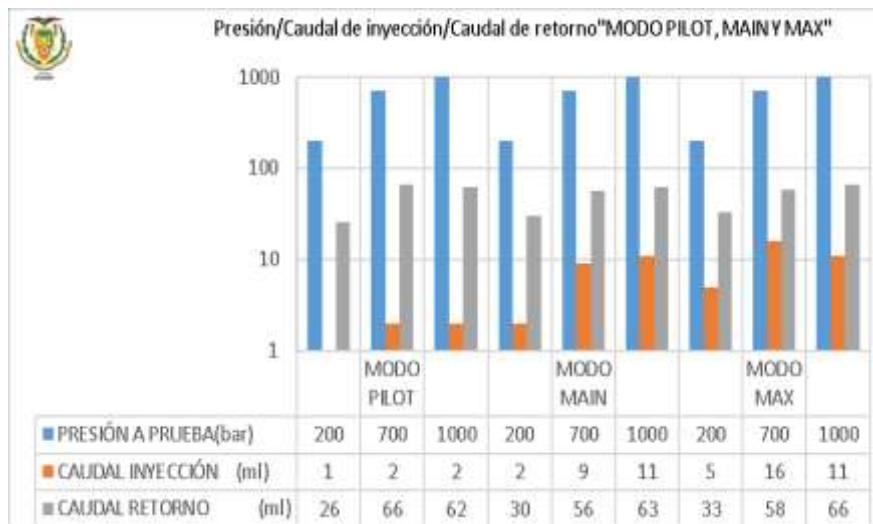


Figura 21.

Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la Figura 21 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo pilot con 62 ml a 700 bares es igual el caudal de retorno en modo max a 1000 bares, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

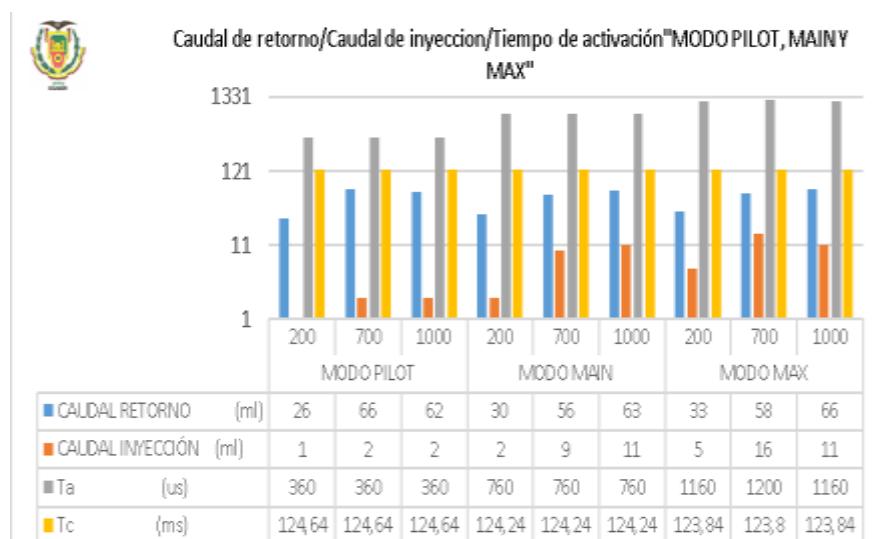


Figura 22.

Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la Figura 22 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 16 ml a 1000 bares con 1,2 ms de apertura.

Conclusiones

La investigación tuvo la intervención de varios especialistas en laboratorios diésel, esto fue preciso para el diseño y construcción del proyecto de investigación.

Se estableció los parámetros de activación y control de inyectores diésel para el riel común CRDI para efectuar un diagnóstico eficiente de los inyectores.

Se determinó parámetros de operación del sistema como: voltaje, corriente, tipo de activación, presión, ángulos de pulverización establecidos en el diseño del sistema de control y activación del sistema CRDI.

Se desarrolló pruebas de caudal, ángulos de pulverización, presión de inyección y pruebas retorno de sistemas CRDI.

Se elaboró un manual de usuario del equipo.

Se estableció una base de datos para graficar cuadros comparativos, de las características de funcionamiento de los inyectores.

Se obtuvo parámetros similares, en el ciclo de trabajo y rpm a distintas presiones para los inyectores inductivos Bosch.

Mediante el osciloscopio se obtuvo graficas de voltaje, corriente y tiempos de activación y cierre de los inyectores crdi.

Se observó que la prueba para inyectores piezoeléctricos, del módulo de control electrónico el tiempo de cierre se mantiene en 125 ms lo que varía es la modulación de ancho de pulso entre (0,15 a 1,5) ms.

El voltaje para activar los inyectores Bosch inductivo oscila entre 50 y 60 voltios con corrientes elevadas de 15 a 20 amperios.

El voltaje para activar los inyectores piezoeléctricos es de 140 voltios y corrientes de 6 a 8 amperios corriente es inversa por un tiempo de 0,2 ms para excitar el cuarzo del piezoeléctrico y que vuelva a su posición normal.

Los caudales de inyección y retorno son proporcionales a la presión de trabajo, el caudal de inyección debe ser mínimo, para reducir el consumo de combustible. El retorno en cada una de las pruebas es en una relación de 3 a 1 con proporción al caudal inyectado.

Bibliografía

- Arteaga Herrera, J. and J. A. Fernández Sacasas (2010). *El método clínico y el método científico*. Medisur 8.
- Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*, Reverté.
- Casanova Jiménez, A. R. (2014). *Diseño e implementación de instrumental para un procedimiento de diagnóstico y reparación en Taller de Sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la C línea KIA*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
- Coral De La Cadena, F. A. (2013). *Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas de Inyectores de Vehículos a Diesel*. CRDI para la Escuela de Ingeniería Automotriz.
- Ibáñez, S. P. (2013). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. TMVG0409, IC Editorial.
- Morales, A., et al. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyector diesel electrónicos HEUI*, LATACUNGA/ESPE/2013.
- Morán Vega, C. H. and M. Rodrigo (2016). *Diseño y construcción del sistema de activación y control de inyectores diesel riel común CRDI*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
- Salinas Carvajal, D. A. and J. D. Villavicencio Ramos (2013). *Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diésel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI*, LATACUNGA/ESPE/2013.

Simulación numérica para el proceso completo de microfusión (investment casting)

Diego Guillermo Poutón
dpouton@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co.,Limited

Francesco Biglietti
fbiglietti@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co.,Limited

Resumen

Actualmente, reducir los tiempos y costos de desarrollo además de asegurar la sanidad interna en la producción de piezas por el proceso de micrifusión, es el objetivo principal al que apuntan las empresas de manufactura. Por tal motivo, es fundamental tener la capacidad de diseñar y validar el proceso de manera rápida y segura. El mayor desafío para lograr esto es diseñar adecuadamente el sistema de llenado y alimentación para producir una pieza de calidad aceptable. Para realizar el sistema de llenado y alimentación, los métodos tradicionales se sustentan en fórmulas empíricas relacionadas a geometrías simples, dependiendo de la experiencia y conocimiento del diseñador y el fabricante, además, deben realizarse ensayos de prueba y error que extienden los tiempos de desarrollo. En *Cast-Designer*, un software desarrollado por *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, se la ha dado solución a la problemática planteada incorporando un sistema KBE (Ingeniería basada en el conocimiento) que ayuda al usuario a guiar el diseño y luego a validarla con el uso del sistema CAE.

Palabras Clave: simulación numérica, mallas mixtas, microfusión de piezas, sistema de llenado, porosidad de contracción

Abstract

Actually the main aim of investment casting companies is to reduce the development times and costs ensuring the internal soundness of produced parts. For this reason, it is essential to have the ability to design and validate the process quickly and safely. The biggest challenge to achieve this is to properly design the filling and feeding system to produce a part of acceptable quality. To design the filling and feeding system, traditional methods are based on empirical formulas related to simple geometries, depending on the experience and knowledge of the designer and the manufacturer; moreover, trial and error tests must be done and this extend the development time. In *Cast-Designer*, a software developed by *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, this has been solved including a KBE (Knowledge-based Engineering) system that helps the user to guide the design and then to validate it with the use of the CAE system.

Key Words: numerical simulation, mixed meshes, investment casting, gating system, shrinkage porosity

Introducción

La industria aeroespacial y de defensa utiliza ampliamente el proceso de microfusión para producir piezas de alta calidad en aleaciones metálicas especiales. El proceso complejo y la calidad de los componentes producidos deben ser validados antes de la producción en serie para reducir los tiempos y los costos de desarrollo, además de minimizar el *scrap*. *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, ha desarrollado herramientas informáticas como *Geo-Designer* y *Cast-Designer* el cual incluye KBE (Ingeniería basada en el conocimiento) que hacen foco en tiempos-costos-calidad. Estas utilizan tecnología de FEM, para poder describir con mayor precisión la geometría de piezas de fundición complejas, la cual soporta mallas mixtas de hexaedros y tetraedros. Además, proporciona una herramienta de generación automática de la cáscara que oficia de molde en el proceso de microfusión, es decir, basándose en la geometría de pieza el usuario puede definir las capas y el espesor de la cáscara. Durante el proceso de colado del metal líquido en el molde de microfusión, la radiación de calor debe ser considerada, el efecto de la cáscara y el recinto es importante en el cálculo de la radiación, el factor de forma y el factor de sombra pueden influir en los resultados de solidificación, es por eso que Cas-Designer contempla especialmente el efecto de radiación. Este trabajo presenta un caso práctico real exitoso utilizando *Geo-Designer* y *Cast-Designer*.

Importancia del Problema

Actualmente, los tiempos y costos de desarrollo, además de la calidad de las piezas a producir, tienen un fuerte impacto para lograr el éxito de empresas manufactureras. No es suficiente un método técnico sencillo, como la simulación numérica, sino que la industria requiere una solución completa de ingeniería desde el diseño de la pieza hasta la puesta a punto del proceso de producción. Frente a los frecuentes problemas complejos en la planta de producción, la industria necesita nuevas herramientas para encontrar soluciones rápidas y confiables para resolverlo. Cuando una empresa necesita producir una nueva pieza fundida por el proceso de microfusión, sin experiencia suficiente, el reto más difícil es el diseño correcto del sistema de llenado y alimentación. Por ejemplo, durante el desarrollo de una nueva pieza tipo racor con una forma especial y compleja, se han presentado inconvenientes inesperados debido a la presencia de problemas de porosidad de contracción y el diseño inicial del sistema de llenado y alimentación de la pieza era la causa raíz del problema. Con *Cast-Designer*, un software de simulación numérica para validar el proceso de colada desarrollado por *C3P Engineering Soft-*

ware International (HK) Co., Limited, es posible encontrar una solución a la problemática planteada gracias a su sistema incorporado KBE (Ingeniería basada en el conocimiento) que ayuda al usuario a guiar el diseño y luego a validarla con el uso del sistema CAE. De hecho, *Cast-Designer* no es solo un software de simulación numérica capaz de simular el llenado y la solidificación de la pieza colada, sino que también incluye un Sistema CAD Para-métrico 3D y un conjunto de herramientas que reúnen la experiencia de muchas décadas en el campo de microfusión y que permiten guiar al usuario a seleccionar los parámetros críticos del diseño adecuado del sistema de llenado y alimentación de la pieza.

Metodología

Este trabajo presenta un caso práctico real exitoso, sobre una pieza tipo racor, utilizando la KBE de *Cast-Designer*, además de *Geo-Designer* para diseñar un sistema de llenado y alimentación haciendo foco en tiempos-costos-calidad. En primer lugar, hay que diseñar el sistema de llenado, *Cast-Designer* ayuda a seleccionar el ramal principal y su embudo basándose en el peso y las dimensiones de las piezas, logrando el mejor balance entre rendimiento metalúrgico y calidad de pieza, utilizando la herramienta “Diseño Inteligente”. Seguidamente, se debe diseñar la alimentación de la pieza (ramales secundarios y ataques), para esto *Geo-Designer* (DFM, Diseño de Manufactura) brinda una solución innovadora gracias a su tecnología patentada llamada MDI (Índice de Distribución de Masas). *Geo-Designer* permite dimensionar la alimentación minimizando su tamaño y con una pieza libre de rechupes, antes de hacer una simulación completa y en un tiempo de cálculo de unos minutos. Después de esto, debe comprobarse el desparafinado completo del ramal principal de colado, para asegurar la calidad de la pieza y evitar defectos durante el llenado. La etapa final es la validación del diseño con el software CAE de *Cast-Designer*, que proporciona herramientas especiales para el proceso de microfusión (Figura 1). A continuación, se describirán algunas características generales claves para un mayor entendimiento del funcionamiento del software *Cast-Designer* durante la simulación:

Tecnología FEM: Las piezas producidas por este tipo de proceso generalmente contienen geometrías complejas y la tecnología FEM es mucho mejor que otros métodos para la descripción de la geometría. El tradicional método FDM es solamente adecuado para piezas simples, no para geometrías complejas, incluso cuando se utiliza una malla muy fina (Figura 2). La elevada relación de volumen comparando la alimentación (*gating & runner*) respecto a la pieza producirá un tiempo de simulación demasiado prolongado. Comparado con la tecnología FDM, la

FEM es más avanzada para la descripción de la geometría y ha sido ampliamente validada en los últimos 50 años (concepción más precisa – simulación rápida y robusta). Además, el factor de vista de la radiación puede ser simulado fácilmente.

Generación automática de la cáscara: El usuario puede definir las capas y espesores para la generación automática de la cáscara basándose en la geometría de la pieza y con parámetros muy sencillos, del mismo modo para la generación del entorno. La pieza y la cáscara podrían hacerse tanto con elementos tetraedros como hexaedros o una combinación de ambos, esto es útil para reducir el tiempo de CPU de la simulación de radiación y con solamente un clic se puede cambiar la densidad de la malla para simulaciones con diferentes densidades de malla (Figura 3).

Simulación de radiación: Para temperaturas de colado elevadas, como se presenta en el proceso de microfusión, la radiación del calor debe ser considerada. Para el cálculo de ésta, es muy importante cómo afecta la cáscara y el entorno, por lo tanto, esto debe ser modelado. El factor de vista y factor de sombra puede tener un efecto significativo en los resultados de solidificación. Incluso si no existe un entorno físico, el techo y las paredes de la fábrica deben considerarse como un gran entorno. Debido a la geometría de la pieza y la alimentación, en algún lugar habrá regiones de sombra para la simulación de radiación, por lo que la velocidad de solidificación se verá afectada. El tiempo de solidificación también es afectado por la radiación (Figura 4). A continuación, se describirán las herramientas generales utilizadas durante las etapas del diseño del sistema de alimentación con *Cast-Designer*:

Asistente de sistema de alimentación: *Cast-Designer* cuenta una interface de usuario muy poderosa y flexible que ayuda al diseñador desde la etapa del diseño de la pieza hasta el ajuste fino del diseño terminado (Figura 5).

Plantillas de diseño: Para diseñar el sistema de alimentación se utiliza una función con plantillas predefinidas. La totalidad de los datos de diseño son paramétricos y soporta plantillas de usuario. Cuenta con 3 ventanas para realizar un sistema de alimentación completo con un control flexible y en menos de 10 minutos. Los datos del sistema de alimentación podrían ser exportados a un sistema CAD en formato STEP (Figura 6).

Diseño del sistema de alimentación: La interface cuenta con una base de datos para diseñar cualquier sistema de alimentación complejo de un modo totalmente paramétrico, siendo ésta la

base del conocimiento para ayudar al diseñador en tiempo real. Incluye diseño de alimentadores, ataques, corredores, bajada de colada y chill. Soporta varios tipos de rama principal, con o sin corredor horizontal y se puede importar y exportar archivos de plantillas definidas por el usuario (Figura 7).

Chequeado de desparafinado: El control puede ayudar a diseñar los ataques y corredores para evitar los defectos de llenado y obtener así una buena calidad de pieza (Figura 8).

Luego de haber descripto las características antes mencionadas, haremos foco en la metodología empleada en la pieza tipo racor, objeto del caso de estudio:

Primero analizamos la geometría con el software *Geo-Designer* para determinar volumen (143,195 cm³), masa (1,117 Kg), superficie (548,586 cm²), módulo (0,26 cm), área proyectada X/Y/Z u otras características necesarias, además de analizar el MDI (*Mass distribution index*) para visualizar las regiones de puntos calientes, que son los lugares donde debemos ubicar los ataques. Luego diseñamos el espesor o diámetro mínimo de ataques pudiendo tomar como regla de 2,5 a 3 veces el valor del MDI de estas regiones y chequeamos nuevamente los valores de MDI hasta que los resultados sean satisfactorios, es decir, un tamaño mínimo de ataque, pero procurando una pieza libre de porosidad de contracción (Figura 9, 10 y 11). Luego, considerando la velocidad de producción deseada se establecieron 4 piezas y con la interface Smart Design (Figura 12), basándose en el peso de la pieza y su variabilidad, se selecciona en la base de datos el ramal principal (Figura 13) conduciendo a la mejor relación de equilibrio entre rendimiento y calidad de la pieza. Por último, agregamos los ramales secundarios (Figura 14) para vincular el ramal principal con la pieza a colar, incluso aquellos ataques para el desparafinado (*Dewax Checking*), para luego validar el proceso de colado y el diseño completo del sistema de alimentación y obtener una pieza libre de porosidad de contracción (Figura 15).

Resultados

En la Figura 15 se muestran los resultados de las simulaciones de solidificación referentes al avance de la solidificación indicada como “Hot Spots” (puntos calientes) y a la predicción de defectos de porosidad de contracción indicada como “Shrinkage Porosity”. Ambos resultados concluyeron en que la sanidad interna de la pieza quedó asegurada, es decir, que las piezas producidas quedarán libres de porosidad de contracción.

Discusión

De la simulación de solidificación indicada como “Hot Spots” (puntos calientes), la cual se muestra para los tiempos que van de 0,710 a 292,070 segundos en la Figura 15, podemos observar el progreso de la solidificación de las piezas conectadas a los ramales secundarios. En este progreso de solidificación, podemos diferenciar las zonas coloreadas de las zonas transparentes. Las zonas coloreadas (puntos calientes) que indican que el metal aún sigue en estado líquido y las zonas transparentes que indican que el metal ya se encuentra en estado sólido. De esta manera es muy fácil seguir el camino que realizará el metal líquido a medida que transcurre el progreso de la solidificación y es posible observar que no se producirá ninguna discontinuidad durante la solidificación del metal, lo cual queda demostrado ya que no existen zonas coloreadas aisladas (puntos calientes), por lo tanto, no se producirán porosidades de contracción. De esta manera, la sanidad interna de la pieza quedará asegurada, lo cual es confirmado numéricamente por la simulación indicada como “*Shrinkage porosity*” para el tiempo 242,070 en la Figura 15, en donde no se aprecian zonas coloreadas que indiquen la presencia de defectos de porosidad de contracción en las piezas a producir.

Conclusión

Utilizando *Geo-Designer*, además de la simulación numérica y la KBE incluida *Cast-Designer*, herramientas de software desarrollados por *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, fue posible realizar el diseño del sistema de llenado y alimentación de la pieza tipo racor estudiada, reduciendo así los tiempos y los costos de desarrollo y asegurando además la sanidad interna de la pieza. Estas nuevas tecnologías permiten a los diseñadores establecer un proceso validado y robusto desde los inicios del nuevo desarrollo para lograr la calidad deseada de un modo muy sencillo, con un control absoluto de los costos y en un tiempo realmente breve.

Anexos



Figura 1.
Cast-Designer en acción en las distintas etapas del proceso

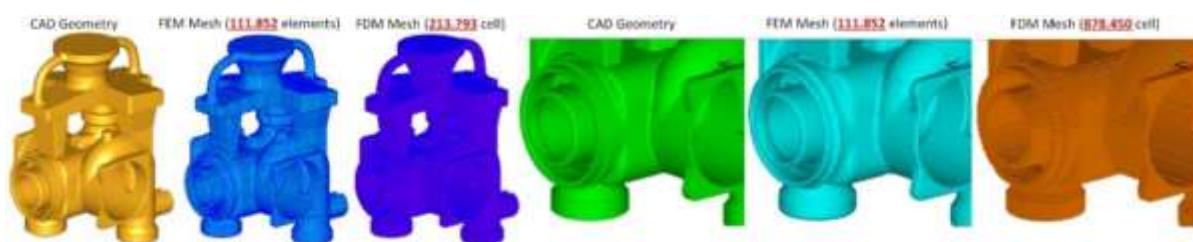


Figura 2.
Mallado FEM vs. FDM, éste último requiere mayor cantidad de elementos para mejorar la precisión.

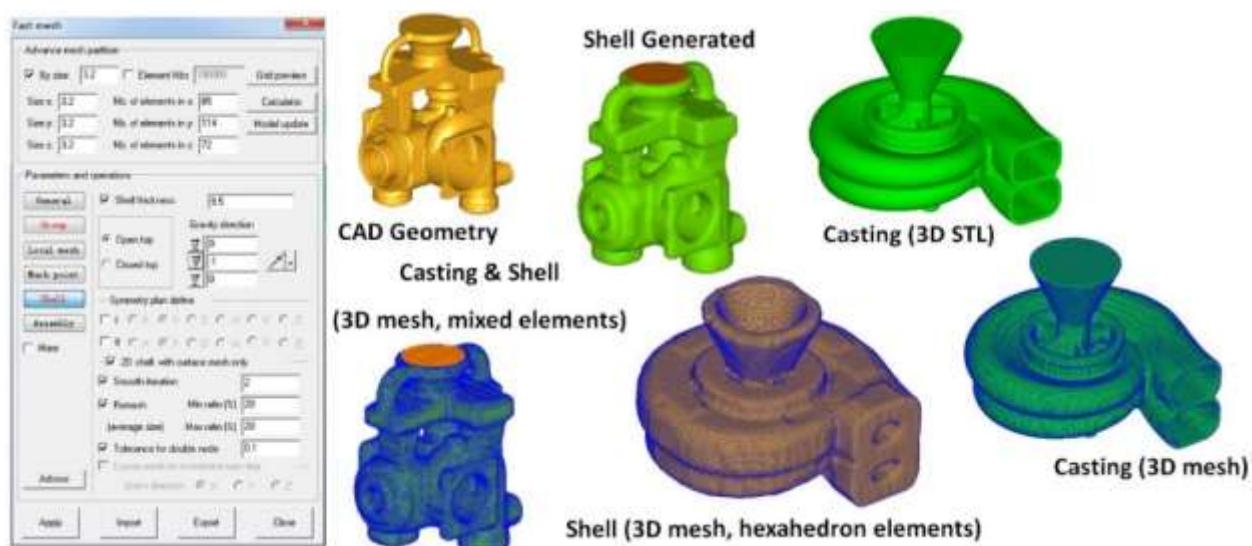


Figura 3.
Interface de mallado rápido (Ejemplos).

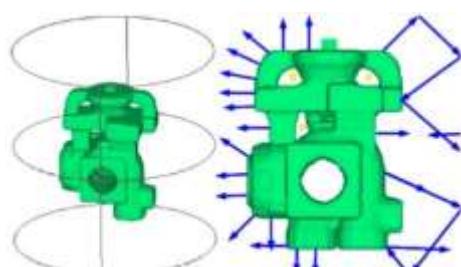


Figura 4.
Radiación y entorno.



Figura 5.
Etapas del diseño con *CAST-DESIGNER*.

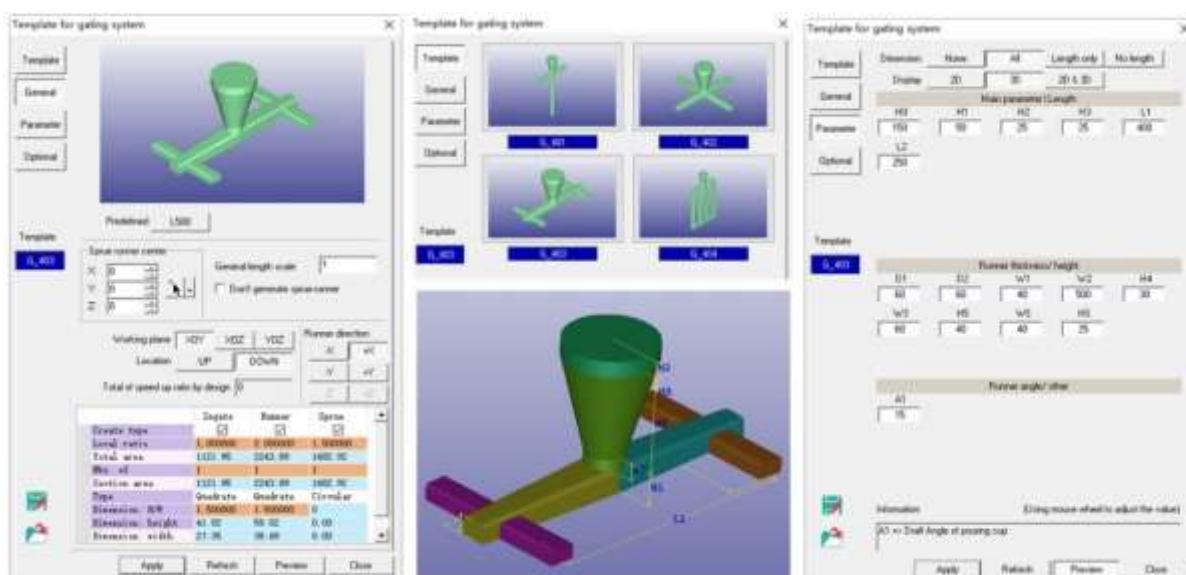


Figura 6.
Interface de plantillas de diseños pre-definidas.

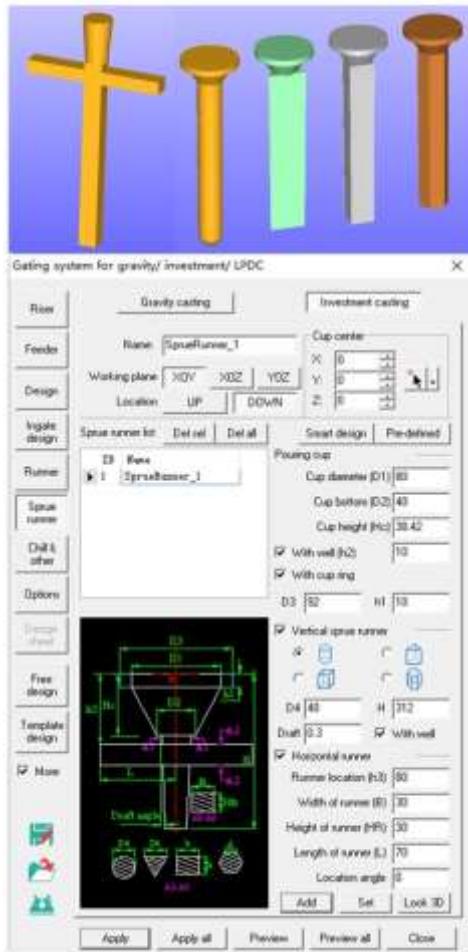


Figura 7.
Database de diseño.



Figura 8.
Dewax Checking.



Figura 9.
Pieza y posición de ataques.

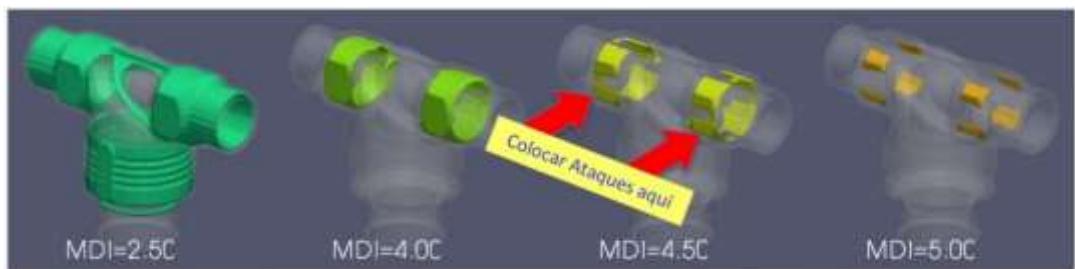


Figura 10.
Análisis MDI de pieza.

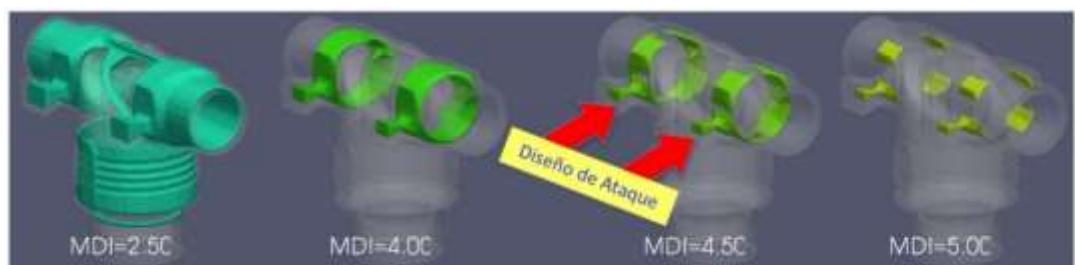


Figura 11.
Análisis MDI de pieza con ataques.

Smart Casting		Investment Casting		Smart Design for Investment Casting									
Feature	Design	General	Cap center	B	W	L	T	R	D	D4	ID	Ibag	N
Design				33.00	20.00	100.00	70.00	4734.00	25.00	30.00	80.00	80.00	140.00
Design				25.00	25.00	100.00	70.00	4911.00	25.00	30.00	80.00	80.00	145.00
Design				30.00	30.00	80.00	70.00	4793.00	30.00	25.00	80.00	80.00	150.00
Design				25.00	25.00	105.00	80.00	4809.00	35.00	30.00	80.00	80.00	145.00
Design				30.00	30.00	80.00	80.00	4802.00	40.00	35.00	80.00	80.00	150.00
Design				25.00	25.00	120.00	90.00	4802.00	45.00	40.00	90.00	80.00	155.00
Design				35.00	40.00	120.00	100.00	4829.00	50.00	45.00	90.00	80.00	160.00
Input Casting weight (g)													
100													
Show All													

Figura 12.
Interface Smart Design.

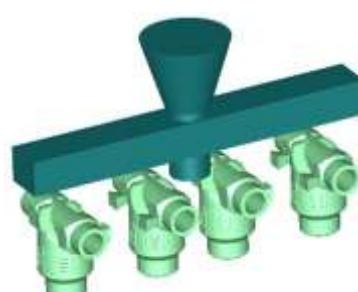


Figura 13.
Ramal principal.

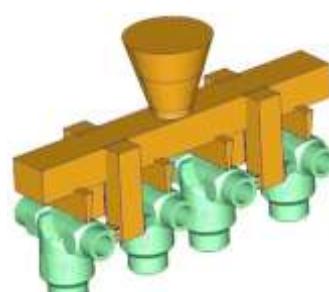


Figura 14.
Ramales secundarios.

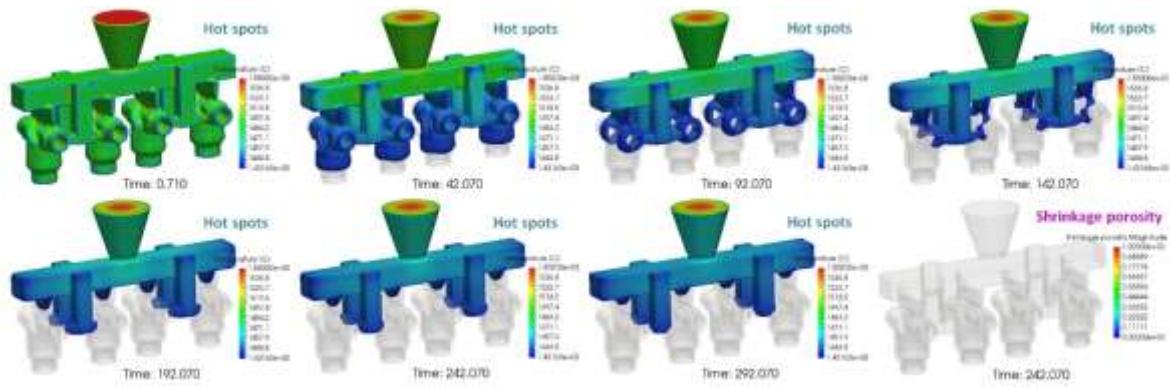


Figura 15.

Validación del proceso de colado y el diseño completo del sistema de alimentación.

Fuente: Todas las imágenes son cortesía de C3P Engineering Software International (HK) Co. Limited, China, 2016

Bibliografía

In-Sung, C., Seung-Mok, Y., Chae-Ho, L., & Jeong-Kil, C. (2008). *Application of Integrated Data-base to the Casting Design*[J]. *J. Mater. Sci. Technol.*, 24(3), 351-55.

Lin, S., Lui, T., & Chen, L. (2000). *Effect of Nodularity on Resonant Vibration Fracture Behavior in Upper Bainitic and Ferritic Cast Irons*. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 31(9), 2193-2203.

Simulación numérica de colado para inyección a alta presión aplicado a la industria automotriz

Diego Guillermo Poutón
dpouton@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co.,Limited

Francesco Biglietti
fbiglietti@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co.,Limited

Resumen

Actualmente, reducir los tiempos de desarrollo de herramientales para la fabricación de piezas fundidas y lanzar su producción en serie, es el objetivo principal al que apuntan las empresas. Por tal motivo, es fundamental tener la capacidad de diseñar y validar los herramientales rápidamente. El mayor desafío para diseñar adecuadamente un herramiental es un buen diseño del sistema de alimentación para producir una pieza de calidad aceptable. Para realizar el sistema de alimentación, los métodos tradicionales se sustentan en fórmulas empíricas relacionadas a geometrías simples, dependiendo de la experiencia y conocimiento del diseñador y el fabricante, además, deben realizarse ensayos de prueba y error que extienden los tiempos de desarrollo. En Cast-Designer, un software desarrollado por C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited, se le ha dado solución a la problemática planteada incorporando un sistema KBE (Ingeniería basada en el conocimiento) que ayuda al usuario a guiar el diseño y luego a validar con el uso del sistema CAE.

Palabras Clave: simulación numérica, inyección a presión en molde permanente (HPDC), sistema de llenado, puntos calientes, porosidad

Abstract

Actually the main aim of casting companies is to reduce the development time of tooling for casting manufacture and launch the series production rapidly. For this reason, it is essential to have the ability to design and validate the tooling quickly. The biggest challenge to properly design a tooling is a good design of the casting gating system to produce a part of acceptable quality. In order design the casting gating system, traditional methods are based on empirical formulas related to simple geometries, depending on the experience and knowledge of the designer and the manufacturer; moreover, trial and error tests must be done and this extend the development time. In Cast-Designer, a software developed by C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited, has been given a solution to avoid problems including a KBE (Knowledge-based Engineering) system that helps the user to guide the design and then to validate it with the use of the CAE system.

Key Words: numerical simulation, high pressure die casting (HPDC), gating system, hot spots, porosity

Introducción

Dado que, en la actualidad, son necesarios tiempos muy cortos para el desarrollo de herramientas para la fabricación de piezas fundidas y para lanzar su producción en serie, tener la capacidad de diseñar y validar los herramientales velozmente es la clave del éxito para minimizar estos tiempos, por lo tanto, un modelado sencillo y una simulación rápida son cada vez más demandadas por los fabricantes. Para reducir el costo de producción y optimizar el tiempo de ciclo del molde, debe ser utilizado un sistema de simulación con capacidad de simular el molde completo con un modelado de malla rápido, *Cast-Designer* tiene una solución única para esto utilizando una malla de elementos mixtos especial para el molde ensamblado. Si la compañía desea disponer de un buen sistema de formación y mejorar el conocimiento de sus ingenieros, un sistema de diseño guiado (KBE) y un sistema de simulación serán muy útiles para este propósito. De esta manera, la base de datos generada por el usuario, todo lo relacionado al diseño del sistema de alimentación o ingeniería de proceso, se convertirá en el saber hacer y en la real herramienta victoriosa de la Compañía. Entonces, un conjunto de herramientas de simulación numérica, como *Geo-Designer* para evaluar el "buen diseño de la pieza" + *Cast-Designer (Design Advisor, KBE)* para "diseñar" el sistema de alimentación + *Cast-Designer Simulation (CPI, Casting Process Insights)* para "validar" el conjunto de diseños de "pieza + sistema de alimentación", jugarán el papel principal a la hora de ganar el mercado. La simulación sólo te dirá "qué es" y "qué va a pasar dentro de la cavidad del molde", pero el tema más importante para los ingenieros es "la forma de resolver los problemas" y es aquí donde el sistema KBE hace la diferencia.

Importancia del Problema

Actualmente, "Ventaja Competitiva" y "Calidad Ofrecida" juegan un rol fundamental para lograr el éxito de empresas autopartistas. No es suficiente un método técnico sencillo, como la simulación numérica, sino que la industria requiere una solución completa de ingeniería desde el diseño de la pieza hasta la puesta a punto del molde final. Frente a los frecuentes problemas complejos en la planta de producción, la industria necesita nuevas herramientas para encontrar soluciones rápidas y confiables para resolverlo. Cuando una empresa necesita producir una nueva pieza fundida, sin experiencia suficiente, el reto más difícil es el diseño correcto del sistema de llenado. Por ejemplo, durante la producción de una nueva tapa de válvulas de motor con una forma especial y compleja, se han presentado inconvenientes inesperados debido a la presencia de dos problemas de porosidad diferentes ocasionados tanto por aire atrapado dentro

de la pieza fundida como por la insuficiente presión aplicada en la 3ra fase en las zonas más gruesas de la pieza y el diseño inicial del sistema de corredores y ataques de la pieza es la causa raíz del problema. Con *Cast-Designer*, un software de simulación numérica para validar el proceso de colada desarrollado por *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, es posible encontrar una solución a la problemática planteada gracias a su sistema incorporado KBE (Ingeniería basada en el conocimiento) que ayuda al usuario a guiar el diseño y luego a validarla con el uso del sistema CAE. De hecho, *Cast-Designer* no es solo un software de simulación numérica capaz de simular el llenado y la solidificación de la pieza colada, sino que también incluye un Sistema CAD Para-métrico 3D y un conjunto de herramientas que reúnen la experiencia de muchas décadas en el campo de HPDC y que permiten guiar al usuario a seleccionar los parámetros críticos del diseño adecuado del sistema de corredores y ataques de la pieza.

Metodología

Este trabajo presenta un caso práctico real exitoso utilizando la KBE de *Cast-Designer* para diseñar un nuevo sistema de alimentación resolviendo los problemas de calidad de una pieza ocasionados por el sistema de alimentación diseñado inicialmente por el método tradicional. La pieza estudiada fue una tapa de válvulas de motor de automóvil. La masa del sistema completo era de alrededor de 5,6 Kg y se fabricó en una aleación de aluminio (A380). La zona ROJA mostrada en la Figura 1 debía estar libre de porosidad por la elevada presión a la que estará sometida en servicio y para prolongar su vida útil.

En principio, se realizó un análisis DFM (*Design For Manufacturing*) de la pieza en estudio realizado con *Geo-Designer* (Figura 2), un módulo especial de *Cast-Designer* para evaluar rápidamente el “diseño de la pieza”, de hecho, *Geo-Designer* realiza un análisis muy rápido basándose solamente en la forma geométrica y la distribución de masa de la pieza y en pocos minutos sabremos cuáles serán las áreas que pueden darnos problemas durante el proceso de fabricación. El usuario solo necesita realizar el mallado de la pieza de un modo completamente automático y podrá conocer inmediatamente los valores del MDI (*Mass Distribution Index*) resultante. Estos resultados pueden ser usados para ayudar y guiar el diseño del sistema de alimentación, escogiendo el tamaño y ubicación de los ataques, pudiendo ayudar a diseñar el sistema de refrigeración definiendo la posición correcta de los canales y para evaluar detalladamente el nivel de dificultad de la pieza a producir.

El diseño original del sistema de alimentación (Figura 3) fue realizado por el fabricante según su experiencia utilizando el CAD 3D Siemens NX. El mismo consistió en un sistema de alimentación simple con dos ramas principales y seis ramas secundarias, consumiendo alrededor de 4 horas para diseñar el sistema de alimentación y de refrigeración. El diseñador se trataba de un ingeniero senior con más de 5 años de experiencia y muy familiarizado con el sistema CAD.

Posteriormente, sobre el diseño original del sistema de alimentación mencionado en el párrafo anterior, se realizó la simulación de flujo del ingreso del metal líquido (Figura 4) y la simulación de solidificación del metal (Figuras 5 y 6) para evaluar la potencialidad de los defectos internos que podrían generarse, tanto durante el llenado del molde con metal líquido como durante la solidificación del metal.

A continuación, se compararon los resultados simulados versus las pruebas de producción realizadas en el taller. Para lo cual, dividimos la pieza en 9 zonas y las identificamos de Z1 hasta Z9 tal como se indica en las imágenes (Figura 7) para poder analizar en detalle la porosidad de gas y porosidad de contracción (Figuras 8 y 9).

Luego de estas comparaciones y teniendo en cuenta que los principales defectos del diseño original fueron las porosidades de gas y las porosidades de contracción se realizó un nuevo diseño del sistema de alimentación (Figura 10) y para ello se consideraron las recomendaciones mencionadas a continuación. Para minimizar o desviar las porosidades de gas hay que analizar detenidamente el patrón de flujo de metal durante el llenado y mejorarlo para tal fin. Para minimizar o eliminar las porosidades de contracción hay que prestar principal atención a la 3ra fase de inyección, definiendo la presión adecuada ejercida por el pistón y actuante sobre el metal líquido, la dirección de aplicación efectiva, como así también el inicio y fin de esta 3ra fase.

El diseño completo del nuevo sistema de alimentación (Figura 11) fue realizado utilizando las herramientas de diseño KBE incluidas en *Cast-Designer*, según se indica generalizadamente a continuación:

El diseño del sistema de alimentación incluye varios sub-menús/módulos: asistente para el diseño, diseño de ataques, diseño de corredores, diseño del taco de colada y sus corredores, diseño de absorvedores de disparo, opciones para gestionar el proyecto y diseño con un clic

one button design. No es necesario utilizar todas las funciones para diseñar un sistema de alimentación; sin embargo, el asistente para el diseño es siempre el punto de partida para un nuevo diseño. El asistente para el diseño del sistema de alimentación puede ser utilizado para calcular el tiempo de llenado y las secciones de ataque, también ayuda a seleccionar la máquina de disparo y evaluar la gráfica P-Q. Esto proporciona una gran base de conocimiento detrás de un botón con la experiencia de medio siglo en este campo. Una de las fórmulas más conocidas para determinar el tiempo de llenado de la cavidad de la matriz es la ecuación de tiempo de llenado de la NADCA desarrollada por J. F. Wallace y E. A. Herman, sin embargo, la ecuación adquiere formulaciones ligeramente diferentes según la literatura. Estas fórmulas están disponibles dentro de la interface de *Cast-Designer* para darle al usuario mayor información para usarla en su proyecto. El resultado del diseño final puede ser resumido en la hoja de diseño mostrada (Figura 12), el usuario puede ajustar el número de cavidades y la proporción de velocidades para cada tipo de corredor. En este instante el usuario solo tiene que dibujar la línea central del corredor y *Cast-Designer* distribuirá las secciones a lo largo de ésta. Los corredores pueden ser combinaciones de corredor-ataque y varios corredores principales. Por ejemplo, un corredor (Figura 13), el cual incluye 6 segmentos (en un color diferente cada uno) y cada segmento también incluye varias secciones. Por lo tanto, el árbol lógico de elementos de corredor debe ser: línea de control → secciones → segmentos → corredores → sistema de corredores → sistema de ataques → sistema de colado. Es decir, varias secciones para crear la forma del corredor. Todos los parámetros de la sección pueden ser controlados desde una tabla geométrica parametrizable (Figura 14). *Cast-Designer* puede soportar dos tipos de sección: el perfil cuadrilátero / trapezoidal y el perfil elíptico (Figura 15). Sin embargo, con algún ajuste de parámetros, la forma de la sección también se puede ajustar a algunas formas muy complejas. Y una tabla detallada con una lista de puntos provee todos los parámetros de la sección del corredor, la cual puede ser editada en modo libre en una tabla Excel. El enfoque estándar de diseño del sistema de alimentación de *Cast-Designer* es muy potente y flexible, además se encuentra totalmente guiado por datos o referencias provenientes de experiencias de fundición. En términos generales, puede diseñar cualquier sistema de alimentación complejo de forma completamente paramétrica. Sin embargo, el método de diseño de sistema de alimentación estándar puede ser operado en pocos pasos para el caso de sistemas estándar sencillos, por lo tanto, hemos introducido un método de diseño totalmente innovador llamado diseño en un clic (Figura 16). De esta manera, proporcionamos una amplia biblioteca de plantillas de sistema de alimentación (Figura 17). El usuario puede encontrar la plantilla del sistema de alimentación

más apropiado a la pieza que desee fabricar para iniciar su modificación e introducir las dimensiones clave, de manera que su nuevo sistema de alimentación será generado automáticamente. En este caso, el diseño del sistema de alimentación puede ser realizado de manera mucho más simple y hasta 5 a 10 veces más rápida que en el enfoque de diseño estándar. Esta es una opción estándar y si el sistema de alimentación es bastante especial o necesita algún ajuste particular, el usuario puede hacer clic en el botón aplicar para enviar los datos en formato STEP, IGES o STL a un entorno de diseño CAD 3D estándar para cualquier ajuste o modificación del diseño.

Luego de rediseñar el sistema de alimentación gracias a las herramientas antes mencionadas se realizó la validación de este diseño modificado. Para ello se realizaron la simulación de flujo (Figura 18 y 19) y la simulación de solidificación (Figura 20) para poder evaluar la distribución de porosidad de gas y porosidad de contracción.

Resultados

El análisis DFM de la pieza en estudio (tapa de válvula) mostró zonas con un alto valor del MDI (Figura 2), lo cual indica que dichas zonas serán puntos calientes (hot spots) durante el proceso de solidificación y causarán seguramente porosidad de contracción.

Del análisis de la simulación de flujo del diseño original del sistema de alimentación (Figura 4) podemos decir, en términos generales, que el patrón de flujo del metal líquido era balanceado y las secciones de cada sub-corredor fueron controladas adecuadamente, incluso cuando la forma de los corredores y los ataques no eran las adecuadas, dando lugar a posteriores mejoras. Este análisis sobre al diseño original del sistema de alimentación demostró que el ingeniero senior del fabricante consiguió el patrón de flujo balanceado que deseaba durante la etapa del llenado.

Al analizar la simulación de solidificación del diseño original se evidenciaron puntos calientes (hot spots) durante el proceso de solidificación (Figura 5) y estas regiones son propensas a la porosidad de contracción, lo cual, es confirmado por los resultados de porosidad de contracción simulada (Figura 6) y una sección 3D de la simulación con marcas en ROJO indicando la ubicación de este tipo de defecto.

Comparando los resultados de las pruebas de producción vs. la simulación CPI, los principales defectos resultantes del proceso de fabricación fueron las porosidades, incluidas las porosidades de gas atrapado y las porosidades de contracción. Los defectos encontrados en Z3 y Z4

(Figura 8) son porosidad de gas y porosidad de contracción, en Z6 y Z7 (Figura 9) hay porosidad de contracción y *Cast-Designer* arrojó resultados muy precisos en la predicción en todos los casos. La porosidad de contracción (B), es muy clara y muy fácil de definir en la predicción de defectos de porosidad de contracción y además en los puntos calientes (*hot spots*) visualizados en la predicción de la solidificación. Para entender la porosidad de gas (A), hay que observar el patrón de flujo de metal del proceso de llenado, paso a paso, desde el comienzo y encontrar el atrapamiento de gas. Debido a que el gas se encuentra en movimiento durante el proceso de llenado, este tipo de análisis requiere de mayor conocimiento y experiencia.

Para validar del diseño modificado del sistema de alimentación se hizo foco en la porosidad de gas y de contracción en la zona crítica de la pieza (Figura 1) y los resultados de las simulaciones (Figuras 18, 19 y 20) arrojaron resultados mejorados respectos del diseño original en cuanto a la forma y distribución de los defectos analizados.

Discusión

Los resultados durante las primeras pruebas de producción para el diseño original del sistema de alimentación no eran buenos, existían porosidades de gas y de contracción en esta zona, la cual era muy crítica, ya que un canal de aceite se encontraba ubicado en esta región (Figura 1). Respecto al flujo del metal, se rediseñó el sistema de alimentación proporcionando un mejor comportamiento del flujo que el diseño original incluso cuando este ya era bastante bueno. En cuanto al diseño modificado del sistema de alimentación se cambiaron algunas pequeñas características como el corredor de llenado principal y los radios de acuerdos en las intersecciones. Además, se ajustaron las secciones de los ataques para incrementar la velocidad del metal, mejorando así el llenado y el atrapamiento de gas (Figura 18). Estas modificaciones lograron que: la velocidad del metal en la región de Z1 se incremente de 10 m/s a 20 m/s, el llenado del corredor principal pueda ser muy balanceado y controlar fácilmente el momento de cambiar a la 2da fase de inyección, además, la velocidad en los ataques pueda mantenerse alrededor de los 45 m/s. Así también, estas modificaciones sobre el diseño del sistema de alimentación impactaron en: el tiempo de llenado del molde, el cual se redujo 16 milisegundos, es decir 12% (Figura 19), lo cual es beneficioso ya que un llenado corto es mucho mejor para las propiedades mecánicas de la pieza, además de impactar sobre la porosidad de contracción, la cual mejoró muchísimo gracias a que la 3ra fase de presión pudo ser aplicada sobre la pieza de forma más directa y efectiva (Figura 20).

Conclusión

Utilizando la simulación numérica y la KBE incluida en *Cast-Designer* fue posible mejorar la calidad interna de la pieza estudiada, demostrando que una cadena completa de soluciones para inyección a alta presión está lista y aprobada para aplicaciones industriales: desde el diseño de la pieza con *Geo-Designer (MDI)*, pasando por el diseño del sistema de alimentación con *Cast-Designer (Design Advisor, KBE)*, luego por la validación de estos diseños con *Cast-Designer Simulation (CPI, Casting Process Insights)* y hasta el ajuste fino de los mismos. Estos nuevos métodos y tecnologías pueden ayudar a una empresa a reducir los tiempos y costos, redefiniendo así su competitividad en el mundo de los negocios en cuanto al tiempo para responder al mercado (*Time to market*) y a la calidad ofrecida al mercado (*Quality to market*).

Anexos

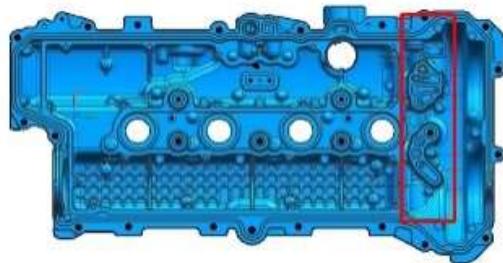


Figura 1.
Pieza en estudio



Figura 2.
Ánálisis del MDI.

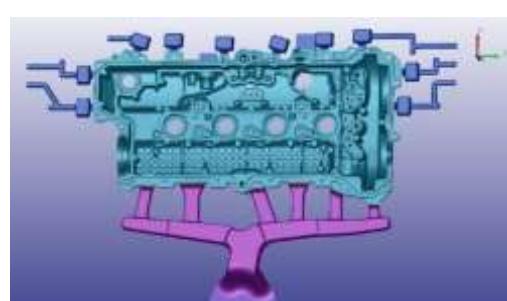


Figura 3.
Diseño original.

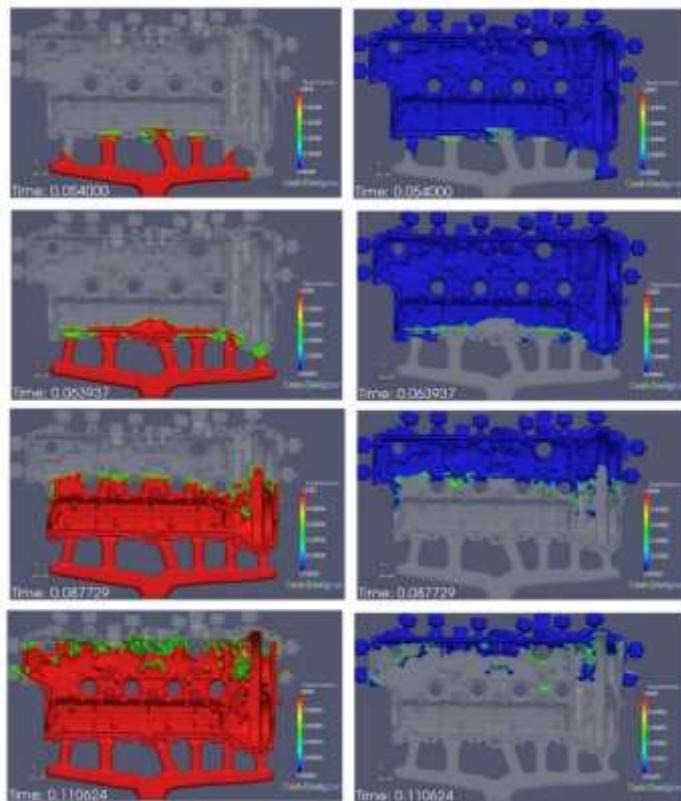


Figura 4.
Patrones de flujo de metal (ROJO) y de flujo de aire (AZUL).

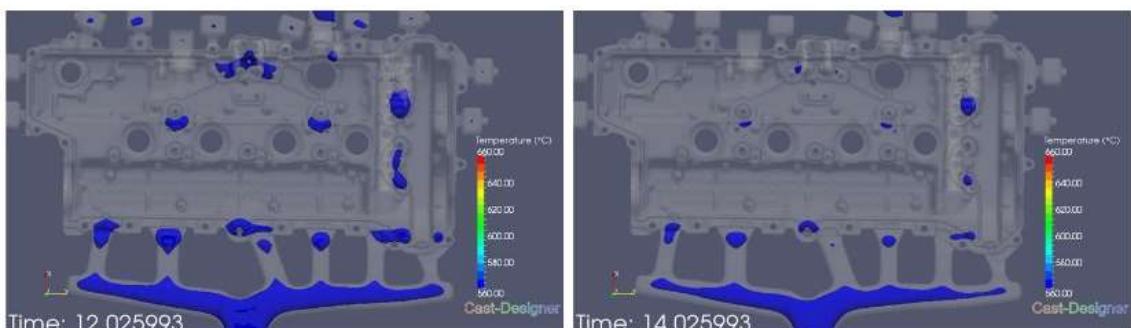


Figura 5.
Resultados de los puntos calientes.

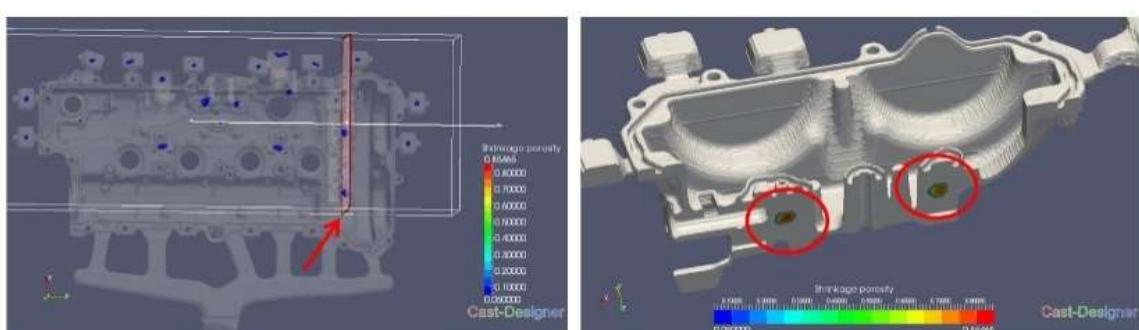


Figura 6.
Resultados de porosidad de contracción.

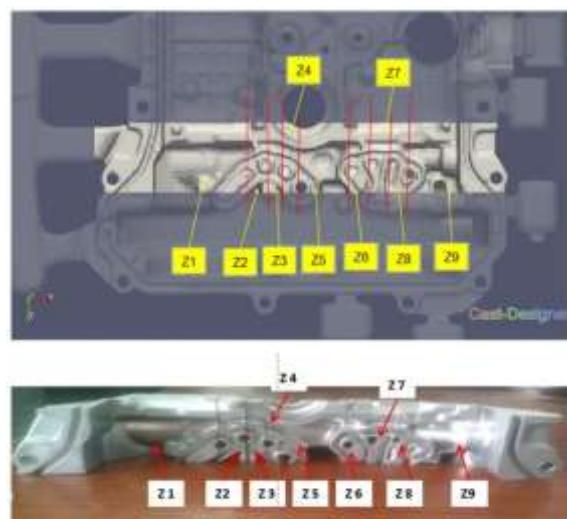


Figura 7.
Zonas Z1 a Z9.

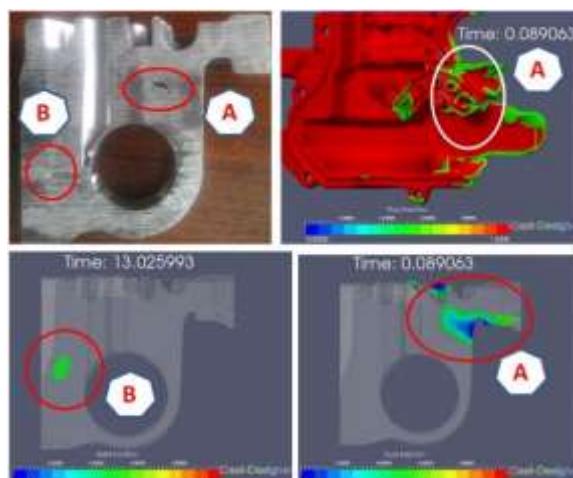


Figura 8.
Defectos Z3 y Z4.

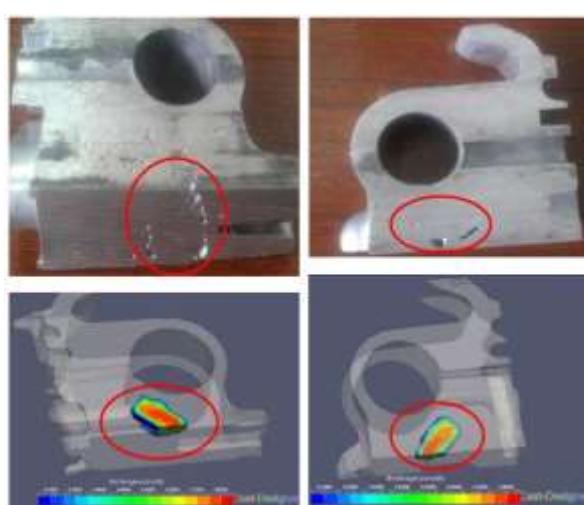


Figura 9.
Defectos Z6 y Z7.

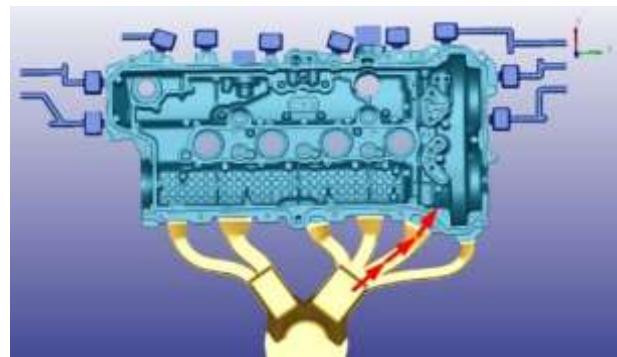


Figura 10.
Diseño modificado.

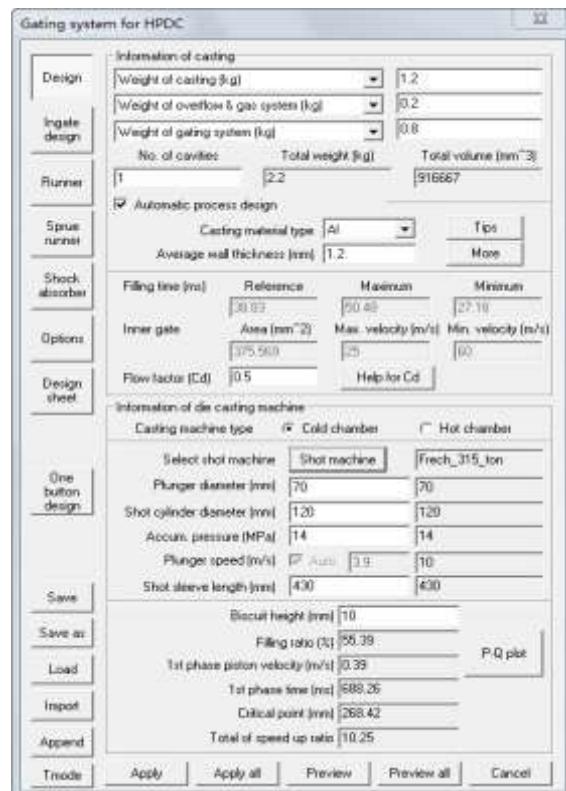


Figura 11.
Interface y asistente para el diseño del sistema de alimentación.

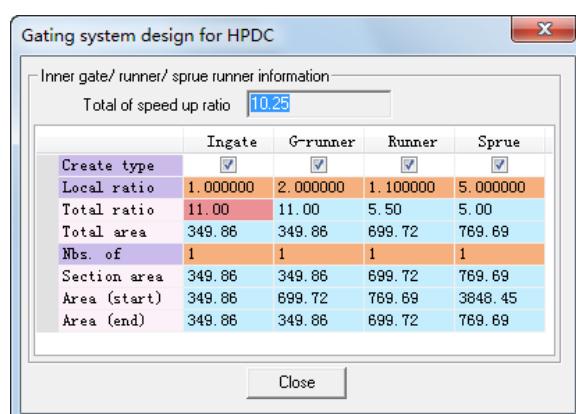


Figura 12.
Hoja del diseño después del asistente de Cast-Designer.

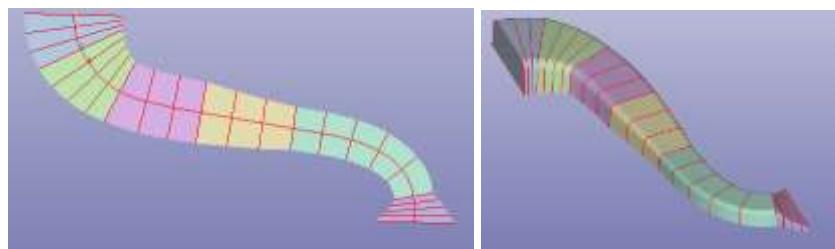


Figura 13.
Estructura de corredor en Cast-Designer.

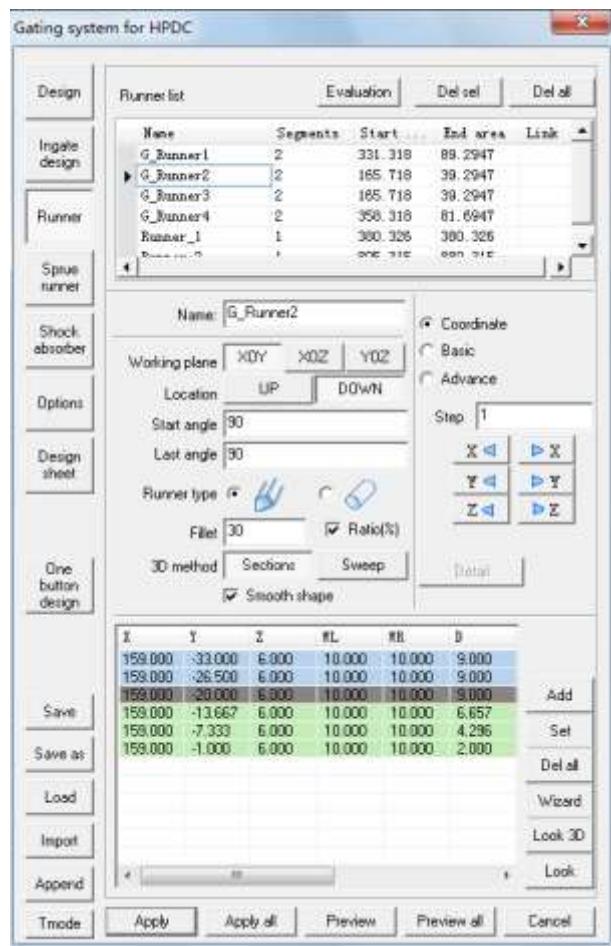


Figura 14.
Interface de usuario Cast-Designer de diseño de corredores.

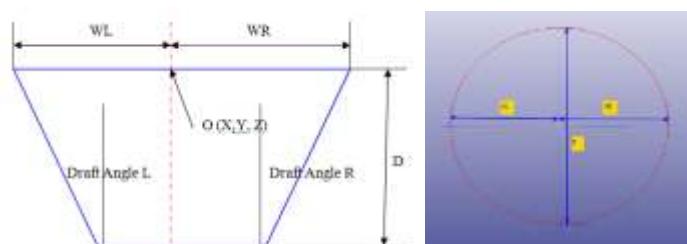


Figura 15.
Perfil de sección del diseño de corredor de Cast-Designer.

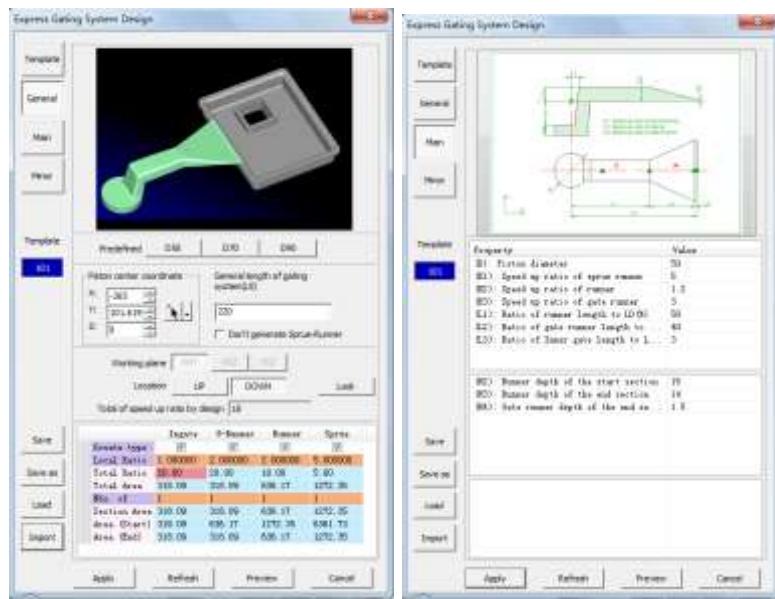


Figura 16.
Tabla de parámetros del diseño en un clic (one button design).



Figura 17.
Plantillas de sistema de alimentación predefinidas para HPDC en Cast-Designer

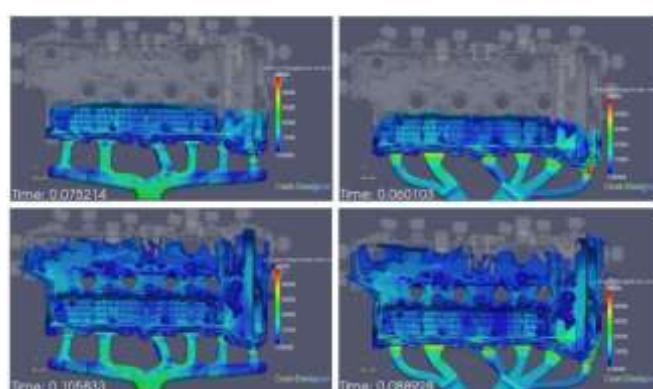


Figura 18.
Resultados de velocidad de flujo (Diseño original vs. modificado).

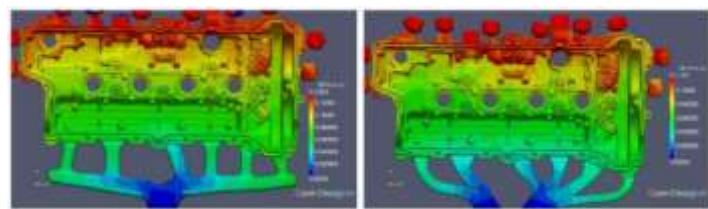


Figura 19.
Resultados de tiempo de llenado (Diseño original vs. modificado).

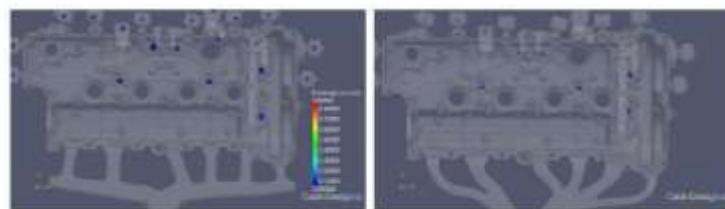


Figura 20.
Resultados de porosidad de contracción (Diseño original vs. modificado).

Fuente: Todas las imágenes son cortesía de C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited, China, 2016

Bibliografía

Bersini, H., & Seront, G. (1992). In search of a good crossover between evolution and optimization [A]. *Proceedings of Parallel Problem Solving from Nature 2* , 479-88.

Yamagata, H., & Kimura, T. (2014). CAE analysis of the deviation of the plunger rod in the shot system of a high pressure die-casting machine. *Journal ALTOPIA*, 44(6) , 31-3.

Optimización del proceso de colado de piezas mediante simulación numérica

Diego Guillermo Poutón
dpouton@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited

Francesco Biglietti
fbiglietti@c3p-group.com

C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited

Resumen

El tiempo de ciclo de producción en serie para una pieza inyectada en aluminio dentro de un molde de acero H13 debe ser definido adecuadamente, pues de este depende la productividad y la calidad obtenida. El método de simulación numérica tradicional tiene desventajas tales como: el tiempo para preparar el modelo y ejecutar la simulación, ya que, para llegar a un ciclo optimizado, se requiere un tiempo de CPU prolongado, además, el usuario debe hacer diferentes análisis para elegir el mejor resultado. Motivado por esto, *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, ha desarrollado herramientas para solucionar dichos problemas. El caso de estudio presentado se realizó sobre un molde metálico construido en acero H13 con las cavidades para conformar una pieza tipo carcasa a producirse en aluminio, incluido su sistema de refrigeración por agua y su sistema de alimentación para inyectar el aluminio líquido, lográndose reducir el tiempo del ciclo y aumentando la productividad. Gracias a Casting Production, tecnología innovadora incluida en *Cast-Designer*, la optimización puede realizarse de un modo sencillo, en tiempos realmente muy rápidos y de manera eficaz.

Palabras Clave: simulación numérica, mallas mixtas, tiempo de ciclo de producción, ciclo térmico, fatiga térmica

Abstract

The production cycle time in series for a piece injected in aluminum into a steel mold H13 must be defined properly, since from depends the productivity and quality obtained. The traditional numerical simulation method has disadvantages such as: the time to prepare the model and execute the simulation, since, in order to reach an optimized cycle, a prolonged CPU time is required, in addition, the user must do different analysis to choose the best result. Motivated by this, *C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited*, has developed tools to solve these problems. The case study presented was made on a metal mold made of H13 steel with the cavities to form a housing type piece to be produced in aluminum, including its water cooling system and its feeding system to inject the liquid aluminum, thus reducing the cycle time and increasing productivity. Thanks to Casting Production, innovative technology included in *Cast-Designer*, optimization can be done in a simple way, in really very fast times and efficiently.

Key Words: numerical simulation, mixed meshes, production cycle time, thermal cycling, thermal fatigue

Introducción

El tiempo de ciclo de una pieza fundida en un proceso de producción seriado es muy importante, la velocidad y la calidad de producción dependen de éste, considerando que el mismo se puede reducir al minimizar el tiempo de enfriamiento de la pieza, lo cual sólo se puede lograr con una distribución de temperatura uniforme en el molde que ayude a la disipación rápida del calor. Además, la temperatura del molde debe mantenerse con una distribución uniforme para minimizar las deformaciones de la pieza y extender la vida útil del molde. El tiempo de ciclo lo ajusta tradicionalmente el operario de producción, pero este viejo método consume mucho tiempo y no garantiza que el resultado sea el mejor. También, en ocasiones, el molde debe ser modificado para mejorar la refrigeración de algunas zonas y evitar un desgaste prematuro. La optimización de los procesos de producción es uno de los mayores desafíos de hoy y las herramientas que se utilizan para este propósito tienen alguna limitación para el caso del tiempo de ciclo de una pieza fundida.

Importancia del Problema

El método de simulación numérica tradicional tiene como principal desventaja el tiempo necesario para preparar el modelo y ejecutar la simulación, ya que, para llegar a un ciclo estable, el tiempo de CPU requerido es largo y el usuario tiene que hacer diferentes análisis para elegir el mejor resultado. Para mejorar esto, actualmente se utilizan algunos métodos de optimización matemáticos junto con la simulación numérica, pero nuevamente, el tiempo necesario para lograrlo se mide en semanas. Por tal motivo, *C3P Engineering Software International (HK) Co,Limited* ha desarrollado herramientas para solucionar estos problemas.

Metodología

Este trabajo describe el estudio analítico de la optimización del ciclo del molde y el control de los canales de refrigeración durante la producción seriada, introduciéndose un nuevo método de optimización en la producción de piezas coladas el cual reduce el tiempo para alcanzar un ciclo estable de producción.

A continuación, se describirán algunas características generales del nuevo método para un mayor entendimiento del funcionamiento del software durante la simulación de optimización:

Métodos KBE + simulación numérica: Para resolver el problema de optimización del proceso de fundición, *C3P Software* ha desarrollado un nuevo método, el cual combina el método KBE (*Knowledge-based engineering*) y el método de simulación numérica. Éste puede lograr una optimización automática completa y convergir mucho más rápido que el método de optimización tradicional, ya que no necesita información de pruebas prácticas. El CPI de *Cast-Designer* está basado en la tecnología FEM con una función muy poderosa para la generación del mallado y una excelente capacidad para el ensamble de malla para el molde completo.

Mallas mixtas: Gracias a la tecnología FEM, *Cast-Designer* puede utilizar mallados mixtos para la pieza y el molde (Figura 1). Es muy conocido que el elemento de hexaedro tiene mejor resultado que el elemento de tetraedro para el análisis de flujo en simulación del colado de piezas, pero el resultado del análisis térmico es muy similar. Por lo tanto, el elemento tetraedro tiene muchas más ventajas si se aplica al mallado del molde (Tabla 1), es decir, minimiza el número de elementos, lo que minimiza el tiempo de cálculo con resultados aceptables en la simulación.

El caso de estudio se realizó sobre un molde metálico construido en acero H13 con las cavidades para conformar una pieza tipo carcasa a producirse en aluminio, incluido su sistema de refrigeración por agua y su sistema de alimentación para inyectar el aluminio líquido. El método consiste en realizar un mallado completo del molde de acero, sistema de alimentación, cavidad de pieza, sistema de refrigeración y definir posteriormente los puntos de control (sensores) que se utilizarán para la optimización. Luego, la herramienta *Casting Production* proporcionada por *Cast-Designer*, optimizará los canales de refrigeración y el ciclo de producción para mantener una temperatura de molde adecuada para el proceso considerando los siguientes aspectos:

Asistente de balanceamiento de calor y ciclo de producción: El asistente del ciclo ayuda al usuario a predecir el mejor tiempo de ciclo basándose en el balanceamiento térmico. La cantidad de calor transferido al molde desde el metal líquido caliente debería ser igual al calor transferido al exterior por medio de la superficie del molde y de los canales de refrigeración (Figura 2, izquierda).

Layout de proceso: Un ciclo térmico completo incluye todos los pasos para la producción de una pieza fundida. Este ciclo puede ser dividido en sub-pasos homogéneos que son realizados

secuencialmente; a mayor cantidad de sub-pasos identificados, más precisos serán los resultados correspondientes a la simulación. Para el caso estudiado, el ciclo térmico fue dividido en varias etapas diferentes (Tabla 2 y Figura 2, central).

Sensores de producción: Para correr la optimización, el usuario debe definir algún sensor sobre el modelo. Durante el cálculo, el solver comprueba los datos del sensor y luego realiza el plan de acción para el siguiente paso. Por lo tanto, el sensor es la clave de la optimización. Definir el sensor es muy simple, el usuario debe seleccionar un punto del modelo y definir los parámetros térmicos del sensor (Figura 2, derecha y Figura 3).

Sensor vinculado al canal de refrigeración: Además, el sensor puede vincularse al canal de enfriamiento y luego optimizar automáticamente el HTC (*Heat Transfer Coefficient*). Esta función es muy útil para sistemas de refrigeración complejos, ya que el usuario no sabe cómo establecer el valor exacto de éste para los canales. Primero, sólo es necesario separar la superficie de refrigeración, luego ésta se vinculará al punto del sensor. Seguidamente, se realiza la habitual configuración del CPI de *Cast-Designer* para un valor HTC estándar. La superficie de enfriamiento podría ser un canal o varios canales. En términos generales, el canal de enfriamiento vinculado puede afectar de forma directa el resultado del sensor asignado, por lo que debe estar muy cerca (Figura 3).

Resultados de optimización: El solver de optimización se comunicará automáticamente con el solver de generación de modelos y con el CPI de *Cast-Designer*. El usuario puede definir las condiciones del entorno y los ciclos de simulación del mismo modo que en una simulación de ciclado convencional. Para cada iteración, el sistema informará el resultado optimizado, como ser, el nuevo tiempo de apertura del molde, el tiempo de cierre del molde, la temperatura, etc., tal como en el caso estudiado (Figura 4 y Figura 5).

Resultados

En el caso estudiado para la pieza tipo carcaza, el tiempo de ciclo inicial, que era de 86 segundos, se redujo a 66 segundos, es decir un 23%. Por consiguiente, la producción de la línea de producción de piezas pasó de 41,8 a 54,5 piezas/h, elevando la productividad un 30%. Además, la pieza se obtuvo con calidad similar o superior a aquella obtenida en el ciclo largo de 86 segundos.

Discusión

La optimización de los procesos de producción es uno de los mayores desafíos de hoy y las herramientas computacionales vigentes que se utilizan para este propósito tienen alguna limitación para el caso del tiempo de ciclo de una pieza inyectada. El método de simulación numérica tradicional tiene como desventaja principal el tiempo necesario para preparar el modelo y ejecutar la simulación, ya que, para llegar a un ciclo estable, se requiere de un tiempo de CPU prolongado y el usuario tiene que hacer diferentes análisis para elegir el mejor resultado. Gracias a *Casting Production*, esta tecnología innovadora incluida en *Cast-Designer*, la optimización fue realizada solamente en tres iteraciones para lograr converger al resultado optimizado.

Conclusión

La utilización de la herramienta *Casting Production*, incluida en *Cast-Designer*, permite realizar la optimización de ciclos de producción para moldes de inyección de aluminio de un modo sencillo, en tiempos realmente muy rápidos y de manera eficaz.

Anexos

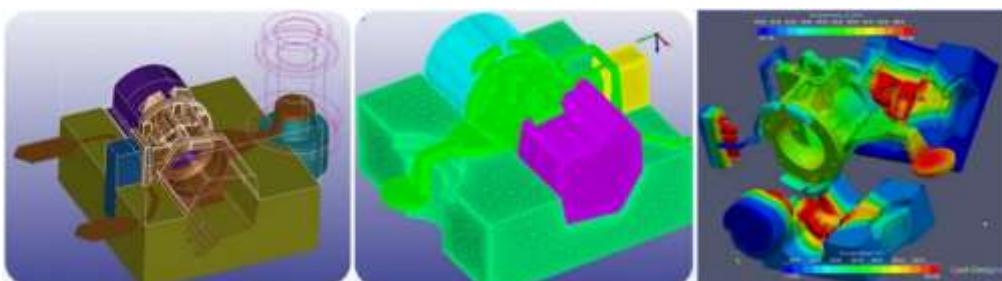


Figura 1.
Ensamble del molde, mallado del molde y simulación de molde.

Tabla 1.
Mallado mixto en Cast-Designer.

Objeto Modelado	Elementos	Nodos	Tipo de elemento
Pieza	87.235	117.336	Hexaédrica
Carro N°1	28.173	8.269	Tetraédrica
Carro N°2	89.883	24.345	Tetraédrica
Carro N°3	66.832	18.613	Tetraédrica
Manga de disparo	134.728	37.502	Tetraédrica
Matriz móvil	206.523	55.997	Tetraédrica
Matriz fija	164.375	44.993	Tetraédrica
Total	777.749	307.055	-
Effective ratio	11,2%	38,2%	-

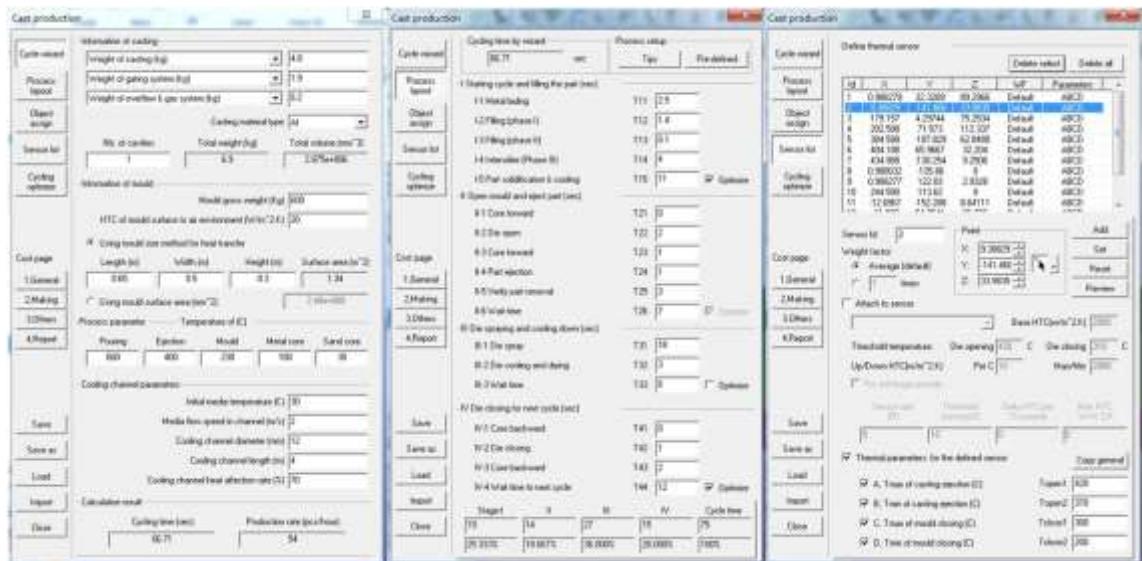


Figura 2.
Ciclo (izquierda), layout (central) y sensores (derecha).

Tabla 2.
Ciclo térmico definido.

Sub-pasos Comprendidos en el Estudio

Etapa-I	Inicio del ciclo y llenado de la pieza colada
Etapa-II	Apertura de molde y eyección de pieza
Etapa-III	Spraying de desmoldante y enfriamiento
Etapa-IV	Cierre de molde y espera el próximo ciclo

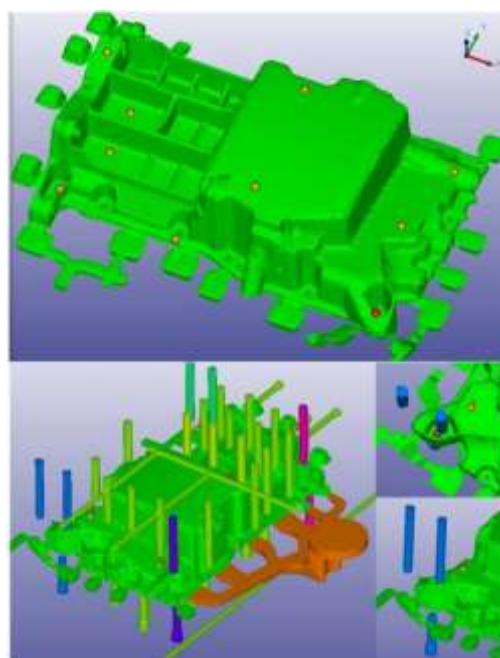


Figura 3.
Sensores y vínculos con el canal de enfriamiento.

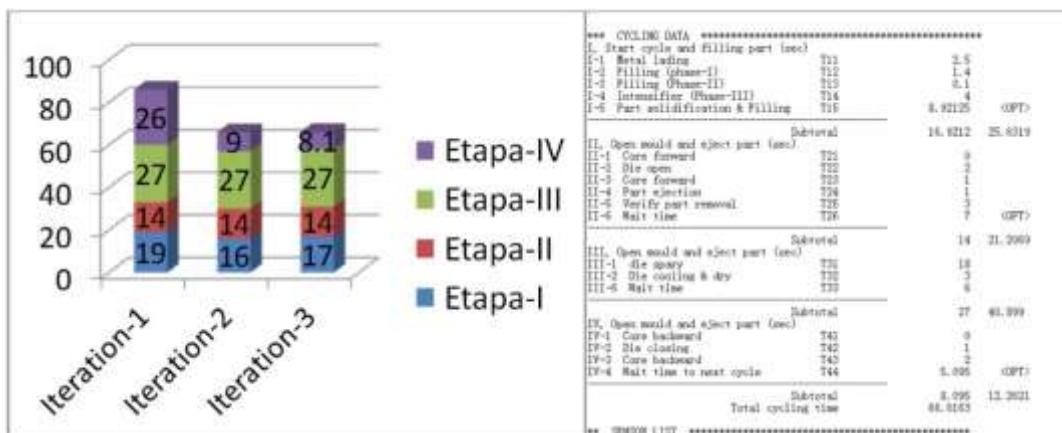
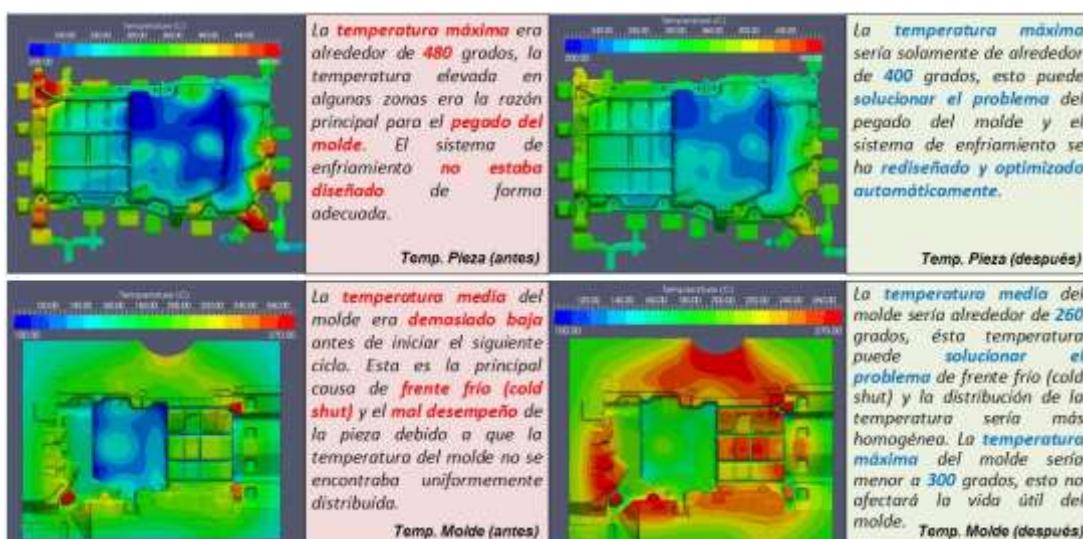


Figura 4.
Resultados de optimización con Cast-Designer.



Temperatura de pieza y de molde antes y después de la optimización.

Fuente: Todas las imágenes y tablas son cortesía de C3P Engineering Software International (HK) Co., Limited, China, 2016

Bibliografía

- Bounds, S., Morgan, G., Pericleous, K., & Cross, M. (2000). A computational model for defect prediction in shape castings based on the interaction of free surface flow, heat transfer, and solidification phenomena. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 31 , 515-27.
- Drezat, J., Rappaz, M., & Krahenbuhl, Y. (1996). Modelling of thermomechanical effects during direct chill casting of AA1201 aluminum alloy. *Materials Science Forum* , 217-222, 305-10.

Simulación fem de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas con ACP ANSYS

Victor Pachacama

ingvictorpachacama@gmail.com

Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz
Parroquia Siete de Octubre entre la Séptima y la K

Resumen

El proyecto; “diseño, caracterización y aplicación de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas para la aplicación en un prototipo de capot de la camioneta Mazda BT50 2010” se lo realizó en base a la investigación, estudio teórico y experimental de los materiales compuestos orgánicos. Proponiendo una alternativa eficiente con un diseño simulado y la obtención final de un prototipo que minimice la contaminación ambiental. La geometría del elemento de carrocería “capot” se lo realizó mediante un software de diseño y simulación especializado que permitió anticipar conceptos de ingeniería sobre los materiales seleccionados y si estos eran aplicables y funcionales en escenarios reales para posteriormente pasar al proceso de manufactura del capot y someterlo a un protocolo de pruebas en el que se documentó la selección de las fibras orgánicas que mayor prestaciones mecánicas proporcionaron y los resultados de someter el elemento a esfuerzos mecánicos .Se elaboraron materiales siguiendo estrategias metodológicas como la obtención de probetas con estratificación manual y con moldeo por compresión. Asimismo los materiales se elaboraron con diferentes fracciones volumétricas. Para la elaboración del prototipo se tuvo que conocer las propiedades tanto de la matriz como de los compuestos para lo cual se llevó a cabo un análisis funcional de la matriz del material lo cual facilitó determinar las fortalezas y debilidades del mismo.

Palabras Claves: Camioneta Mazda BT50, Industria Automotriz, Camioneta, Capot, Compuesto orgánico.

Abstract

The present project "Design, characterization and application of a composite material with epoxy resin and reinforcement of organic fibers for use in a prototype hood of the truck Mazda BT50 2010" was made based on the research, theoretical and experimental study of the organic composites. Proposing an efficient alternative to a simulated design and obtaining a final prototype to minimize environmental pollution. The geometry of the bodywork element "hood" is what made using a specialized software design and simulation that allowed anticipate engineering concepts on the selected materials and whether they were applicable and functional in real scenarios then move to the manufacturing process and the hood subjecting it to a test protocol in which the selection of organic fibers provided higher mechanical properties and the results of subjecting the element to mechanical stress was documented. Materials were developed following methodological strategies such as obtaining test pieces with manual stratification and compression molding. Likewise, the materials were made with different volumetric fractions. For the elaboration of the prototype, it was necessary to know the properties of both the matrix and the compounds for which a functional analysis of the matrix of the material was carried out, which facilitated the determination of the strengths and weaknesses.

Keywords: Van Mazda Bt50, Automotive Industry, Pickup Truck, Capot, Organic Compound.

Introducción

Debido a la creciente preocupación por el actual deterioro del medio ambiente, existe una tendencia mundial enfocada a promover el desarrollo de tecnologías limpias, el empleo de recursos renovables y la optimización del uso de la energía. En el campo de la ciencia e ingeniería de los materiales, el investigador o ingeniero tiene la obligación de conocer y analizar el impacto ambiental que causan los nuevos materiales y sus procesos de manufactura. Asimismo, es de vital importancia que se analicen cuantitativamente los efectos colaterales que implican el diseño y la construcción de un nuevo material. (Journal, 2006)

Por otra parte, las fibras naturales generalmente presentan una buena resistencia mecánica, poco peso y bajo costo. Esto hace que las fibras naturales sean atractivas a la vista de varias industrias. En Europa, la industria automotriz está utilizando aproximadamente 80.000 toneladas de fibras naturales al año para reforzar los paneles termoplásticos, mientras que en la India se han desarrollado láminas de material compuesto hechas de fibra de coco. Estas láminas son más resistentes que la madera de teca a las condiciones ambientales, asimismo, en Brasil se está desarrollando material de techumbre reforzado con sisal. (Borealis, 2015)

En el Ecuador el desarrollo de materiales compuestos se encuentra en sus etapas iniciales, por ende, el uso de fibras naturales todavía es limitado. En general, la extracción de fibras vegetales ha tenido un desarrollo incipiente en el país, lo que puede cambiar tomando en cuenta el gran potencial que el Ecuador ofrece para la producción de fibras naturales y la necesidad de desarrollar aplicaciones de mayor valor agregado para las mismas. Si bien en algunos casos esta extracción se ha industrializado, las fibras obtenidas han sido empleadas en productos de escaso valor agregado (como en el caso de las fibras de abacá y cabuya), mientras que en otros, se ha aprovechado tan sólo el recurso alimenticio de las plantas sin considerar siquiera la posible utilización de la parte fibrosa de las mismas, como sucede con el coco, cuya cáscara (que corresponde al 80% del fruto y donde se encuentra la fibra) es considerada un desecho sólido. Así, con la ejecución del proyecto PIC-08-493 se pretendió incorporar fibras vegetales como refuerzo de materiales compuestos de matriz polimérica biodegradable como paso previo a la obtención de productos con un valor agregado significativo. (Alemon, 2003)

Los principales mercados de los plásticos biodegradables y reforzados con fibras vegetales están orientados a la fabricación de empaques, envases, películas para alimentos y aplicaciones agrícolas, como geomembranas. Una de las nuevas tendencias es utilizar estos polímeros para

la elaboración de artefactos, juguetes, bandejas, partes de equipo electrónico y de interiores de automóviles. Por ejemplo, en el sector automotriz, han primado los termoplásticos; creciendo el interés por el uso de polímeros biodegradables reforzados con fibras naturales debido a que, al final de su vida útil estos podrían ser enterrados y degradados naturalmente por los microorganismos, sin causar mayores impactos medioambientales. En Europa se han desarrollado proyectos de investigación para la elaboración de biocompuestos basados en ácido poliláctico (PLA) en combinación con fibras vegetales, como la fibra de lino, para la manufactura de productos prototipo a un nivel pre-competitivo, teniendo a la industria automotriz como principal mercado potencial. Paneles para interiores de automóviles, techos, gabinetes cerrados o abiertos y porta-vasos, son algunas de las aplicaciones que se darían a estos nuevos materiales. La filial de Toyota en Japón construyó una planta piloto para la producción de PLA (1.000 toneladas anuales) para su empleo en componentes del interior de vehículos. Toyota también pretende ampliar el uso de estos productos ecológicos a la vida cotidiana. (FIBRAZtech, 2015)

Desarrollo

Capot

El capot es un elemento estructural de la carrocería que tiene como objetivo proteger del medio ambiente los elementos constitutivos del motor, además de mantenerlo seguro de la delincuencia y dar acceso para realizar mantenimiento del mismo. En condiciones de funcionamiento real soporta cargas aerodinámicas por efecto del desplazamiento del vehículo. (Abaca, 2015)

Diseño asistido del prototipo

Con la ayuda de herramientas CAD se diseñó un prototipo con el fin de realizar un protocolo de pruebas y ensayos destructivos simulados por software.

En la siguiente ilustración se observa la configuración del capot que sirve para el estudio.



Ilustración 1.
Capot diseñado en software CAD
Fuente: Elaboración propia

Se realiza un mallado tetraédrico al prototipo para iniciar con el solver.

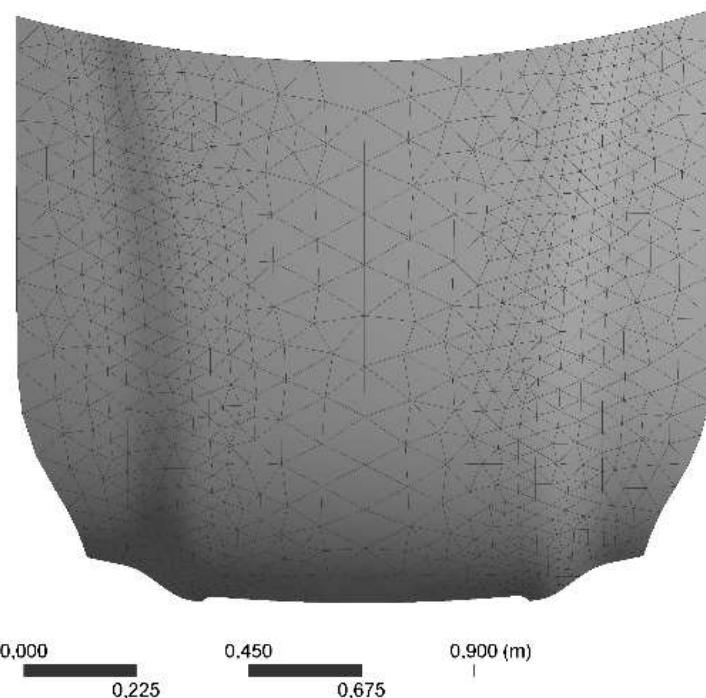


Ilustración 2.
Mallado de capot
Fuente: Elaboración propia

Materiales y método

En la investigación se utilizó el método experimental y de campo para lo cual se realizaron ensayos en laboratorios acreditados nacionalmente donde se pudo determinar sus propiedades mecánicas. Asimismo, se obtuvo un material compuesto de matriz polimérica biodegradable, como materiales compuestos de ésta matriz reforzada con fibras naturales de cabuya, en diferentes configuraciones, disposiciones y cantidades. Estos materiales fueron procesados mediante moldeo por compresión manual, de donde se destacan los parámetros de procesamiento, tales como presión, tiempo y temperatura, para obtener un laminado con las mejores características.

Como matriz se utilizó resina epoxi CRETONBON 52YN distribuida por Pinturas América, que es una matriz polimérica termoplástica que tiene como características: baja densidad, excelentes propiedades a temperatura ambiente, facilidad de conformado y costos relativamente bajos.

En la Tabla 1, se presenta un resumen de las propiedades más importantes entregadas por el fabricante en su hoja técnica.

Tabla 1.
Ficha técnica de la resina epoxi

Resist. Temperatura:	100°C (Seco, continuo)
Resist. a la Compresión	800 Kg / cm ² = 78 MPa
Resist. a la flexión	980 kg / cm ² = 96 MPa
	A 25°C y 50% de H.R.
Tiempo de secado	Tacto: 1/2 hora Duro: 1 hora

Fuente: Pinturas América

El material que se empleó como refuerzo para la elaboración del material compuesto fue la fibra de cabuya. Estas fibras fueron suministradas por un productor de la zona de Ambato.

Las propiedades mecánicas de esta fibra se obtuvieron del programa CES Selector 2013 y se encuentran tabuladas en la Tabla 2.

Tabla 2.
Propiedades de la fibra de cabuya CES Selector 2013

Densidad	1.45e3 - 1,5 kg/m ³
Composición	Celulosa 70 wt% y lignia 12 wt %.
Material Natural	100%
Módulo de Young	9,4 - 22 GPa
Módulo de flexión	9.4 - 22 GPa
Módulo de corte	3.67 - 9,17 GPa
Coeficiente de Poisson	0,359 - 0,374
Límite elástico	460 - 576 MPa
Resistencia a la tracción	511 - 640 MPa
Elongación	2 - 7 %
Tenacidad a la fractura	19,6 - 101 MPa

Para la elaboración de los materiales se definió dos estrategias metodológicas. La primera fue para la obtención de las probetas mediante estratificación manual y moldeo por compresión. Esta metodología se muestra en la ilustración 3. A continuación, y una vez definidos los parámetros de moldeo de las láminas para los ensayos de laboratorio, se procedió a definir la estrategia metodológica para la obtención del prototipo de capot.

Este proceso inició con el tratamiento de la fibra mediante mercerización con hidróxido de sodio al 0.5% durante 4 horas, para después secarlo al ambiente. Se elaboraron materiales con diferentes fracciones volumétricas para precisar la fracción volumétrica máxima y mínima de fibra a introducir en la matriz, siendo al final 70 – 30 la fracción volumétrica a utilizar. Esta metodología se presenta en la ilustración 4.

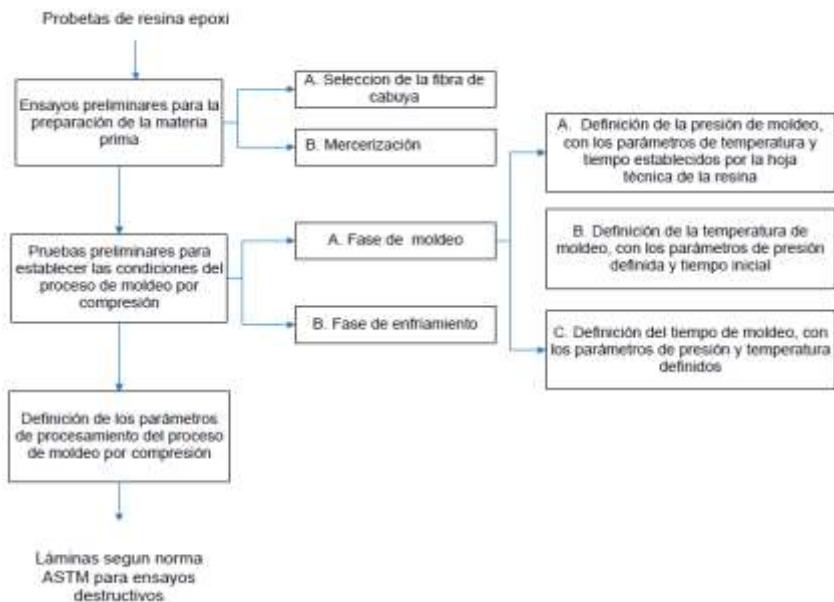


Ilustración 3.
Estrategia metodológica para la obtención de las probetas
Fuente: Elaboración propia

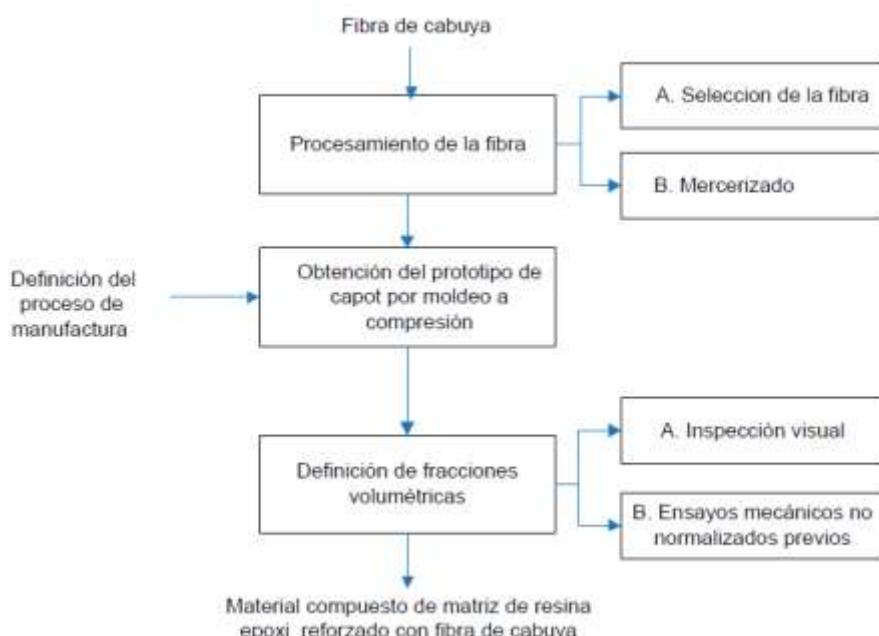


Ilustración 4.
Estrategia metodológica para la elaboración de materiales compuestos
Fuente: Elaboración propia

Caracterización mecánica

Al final del proceso de moldeo por compresión se obtuvieron láminas de la matriz de resina epoxi con refuerzo de cabuya en una concentración de 70% de matriz y 30% de refuerzo.

Estas probetas fueron sometidas a ensayos de tracción y flexión de acuerdo a la norma ASTM D3039-08 para tracción y ASTM D7264M-07 para la flexión. Las dimensiones nominales de las probetas para ensayos de tracción fueron 2.5x25x250 mm y para los ensayos de flexión 4x13x160 mm.

En las ilustraciones 5 y 6 se presentan la geometría de las probetas de acuerdo a la norma aplicada. Por cada ensayo el número de probetas fabricadas fue de 10.

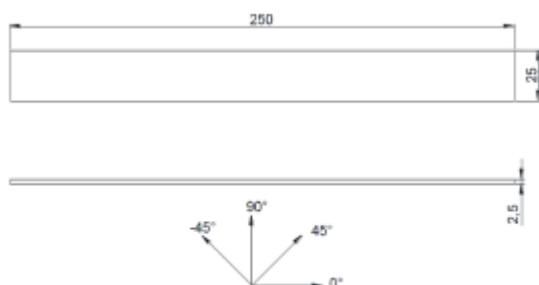


Ilustración 5.

Dimensiones de la probeta para el ensayo de tracción, según la norma ASTM D 3039-08

Fuente: Elaboración propia

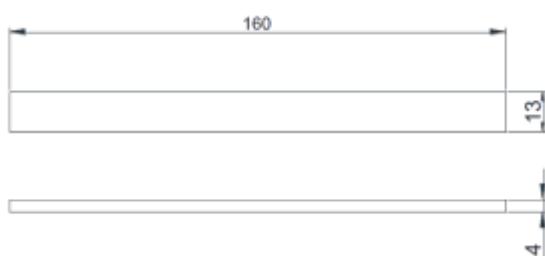


Ilustración 6.

Dimensiones de la probeta para ensayo de flexión, según la norma ASTM D 7264/-07

Fuente: Elaboración propia

Resultados

En este punto se realizó un análisis de los resultados obtenidos después de llevada a cabo la estrategia metodológica tanto experimental como la de campo para la selección de los parámetros de moldeo más eficaces, como también de los resultados de la caracterización mecánica de las probetas normalizadas elaboradas con los materiales.

A continuación, se presentan los resultados alcanzados para cada uno de los ensayos mecánicos realizados en el proyecto.

Ensayo a tracción

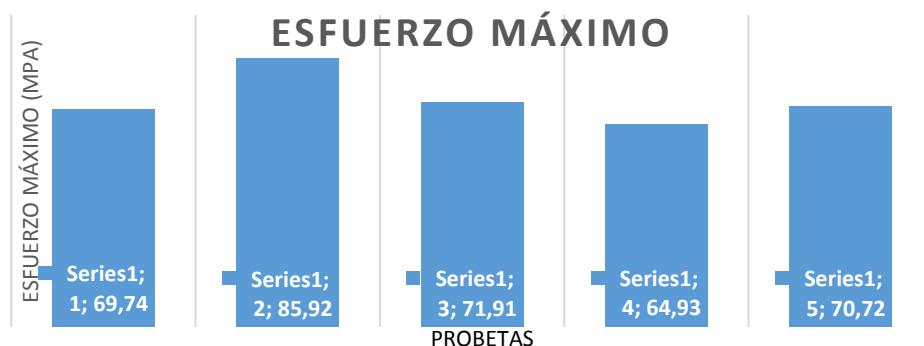


Ilustración 7.
Esfuerzo máximo a tracción
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo observado en la ilustración 7, no existen diferencias significativas en los valores de esfuerzo máximo, este fenómeno se debe a que la mayoría de las fallas producidas en las probetas se originaron en la matriz de resina epoxi, ya que al momento que esta se fracturaba se perdía el medio para transferir la carga. Por lo tanto, estos tipos de falla evidenciaron una adhesividad media entre la matriz y los refuerzos de fibra. Ya que en general el refuerzo si permitió el mejoramiento de las propiedades.

En la ilustración 8 se muestra un ejemplo de la fractura producida sobre los materiales ensayados a tracción. Estas fracturas en su totalidad empezaron en la matriz de epoxi por ser el componente frágil compuesto.



Ilustración 8.
Probetas de material compuesto de fibra continua de cabuya al 30vol% ensayada
Fuente: Elaboración propia

Ensayo a flexión

En la ilustración 9, se evidencia una baja resistencia a la flexión lo que confirma un comportamiento esencialmente frágil de estos materiales. Esto se debió principalmente por el tiempo de curado. Además, no existen diferencias significativas en los valores de deformación máxima, esto se debe a que, al igual, que el ensayo de tracción, las fallas se produjeron en la matriz de epoxi dejando las fibras sin daño alguno. Sin embargo, nuevamente estas si fueron importantes para la mejora de las propiedades.



Ilustración 9.
Esfuerzo máximo a flexión
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 se muestra un ejemplo de la fractura producida sobre los materiales ensayados a flexión. Estas fracturas en su totalidad empezaron en la matriz de epoxi.



Ilustración 10.
Probetas de material compuesto de fibra continua de cabuya al 30% ensayadas a flexión
Fuente: Elaboración propia

Elaboración del prototipo

En este apartado se describe el prototipo elaborado en el estudio. Este prototipo buscaba conocer las facilidades que presenta el procesamiento tanto de la matriz como de los compuestos. Inicialmente, se ejecutó un análisis funcional de la matriz del material, lo cual permitió reconocer las fortalezas y debilidades de la misma.

El prototipo de capot fue fabricado mediante estratificación manual y compresión con un elemento estructural de concreto de 817kg en promedio.



Ilustración 11
Esquema de procesamiento del prototipo
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al costo de fabricación, el prototipo tiene un valor promedio de \$337 dólares americanos, que implica un ahorro de \$95.65 dólares ya que un capot original de repuesto tiene un valor comercial de \$432.65

Conclusiones

Mediante la revisión de la fundamentación teórica y el análisis de los datos recolectados, principalmente de la caracterización mecánica a tracción y flexión del material compuesto con los que se fabricó un prototipo de capot, se obtienen las siguientes conclusiones:

La aplicación de las normas para materiales poliméricos ASTM D3039-00 y ASTM D7264-07 para caracterización a Tracción y Flexión respectivamente se pudieron aplicar también al material compuesto propuesto.

La estratificación a compresión por ajuste normal de las probetas permitió establecer una buena compactación del refuerzo con la matriz, por el pobre poder de absorción de la cabuya, estableciendo además que siempre será necesario ubicar como aglutinante inicial una capa de resina epoxi.

La Mercerización de la fibra de cabuya con hidróxido de sodio al 0.5% de concentración durante 4 horas adiciono a la fibra una mejor contextura y adherencia con respecto a la matriz

Para la elaboración del prototipo se utilizaron los mismos parámetros utilizados en la fabricación de los especímenes de ensayo, excepto en la cantidad de catalizador, el cual fue del 0,5%, que se disminuyó con la finalidad de retrasar el tiempo de curado y conseguir laminar el prototipo de dimensiones mucho más grandes que las probetas. Además se cambió la presión de moldeo por una superior con la finalidad de obtener una buena adherencia del refuerzo con la matriz.

Se caracterizaron mecánicamente las probetas de materiales compuestos obtenidas a través de ensayos de tracción y flexión, las curvas esfuerzo deformación de los compuestos presentaron un comportamiento lineal en tracción y en flexión mostraron un comportamiento no lineal. La mayoría de los datos recabados en los ensayos siguieron una distribución normal

En base a los ensayos mencionados se determinó la formulación con la mejor combinación de propiedades, la cual presentó los siguientes resultados.

El compuesto reforzado con cabuya y matriz de resina epoxi presentó una resistencia a la tracción de aproximadamente 85.92 MPa, valor que es superior en un promedio del 44.84% con respecto a las referencias bibliográficas de compuestos de cabuya y resina poliéster.

En cuanto al módulo de elasticidad, el compuesto mencionado presentó con relación a los compuestos de fibra de cabuya y poliéster un incremento en promedio de 8.66% con respecto a las referencias bibliográficas.

El compuesto de fibra de cabuya y resina epoxi ensayado presentó un decremento en promedio de 26% respecto al compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster. Dato que sirvió para poder corregir el tiempo de curado del compuesto.

Recomendaciones

Con la culminación de las pruebas realizadas en el presente estudio se ha considerado establecer las siguientes recomendaciones:

Por proceso de manufactura es óptimo comenzar con una capa de resina epoxi para la aplicación de la configuración de las fibras que se decida aplicar para que sirva como aglutinante.

Se debe tomar en cuenta que el espesor de los materiales de refuerzo en las configuraciones de mejor comportamiento ayudan a aproximar el espesor final del capot o pieza cualquiera; ya que la sumatoria de las capas de refuerzo multiplicado por dos será el espesor final que se obtenga.

Ensayar por lo menos dos probetas más al número que establecen las normas correspondientes, pues se dan este rango como ayuda para no tener datos incorrectos en la evaluación.

Considerar siempre que la capa de inicio debe ser de resina, pues esto ayuda a la adherencia de las fibras además de presentar mejor mojabilidad y humectación, provocando una configuración regular de la superficie de servicio de la parte fabricada.

La presión de compresión es la que ayuda a moldear el prototipo y obtener un modelo igual al original por lo que a mayor peso aplicado será óptimo el espesor y su forma.

Bibliografía

Abaca. (20 de Agosto de 2015). *Vidrio sabaca*. Obtenido de http://vidriosabaca.blogspot.com/2010/09/marco-teorico_07.html

Alemon, B. (2003). Ensayo sobre reemplazos de componentes metálicos de automóvil por polímeros o materiales compuestos. En B. Alemon, *Maestría en sistemas de manufactura*. Guadalajara.

Borealis. (20 de Agosto de 2015). *Interempresas*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/55077-Los-compuestos-PP-de-fibra-larga-conducen-la-innovacion-en-el-sector-de-automovil.html>

FIBRAZtech. (20 de agosto de 2015). *fibraztech*. Obtenido de <http://fibraztech.com/es/aplicaciones>

Journal, E. (2006). Materiales nuevos para los automóviles. En J. E, *Soluciones para tener energía limpia*. USA: Internacional Editores.



ROBÓTICA, INTELIGENCIA ARTIFICIAL, REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

CAPÍTULO
2

Red neuronal artificial para análisis de las emociones humanas

Franyelit Suárez

frangelits@gmail.com

Pontificia Universidad Católica del Ecuador,

Luis Rosales

Luis.rosales2@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre

David Hurtado

David.hurtado@pucese.edu.ec

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Resumen

Este trabajo se expone la influencia de los signos vitales en las manifestaciones emocionales en las personas, en el contexto de las redes neuronales artificiales, como algoritmo de procesamiento. Las condiciones laborales son cada vez más exigentes, afectando significativamente el estado emocional de los trabajadores. Las emociones están vinculadas a los estímulos estresores que percibe el organismo, desencadenando situaciones de estrés y conflictos emocionales que afectan la conducta de las mismas. El eje central de este trabajo es analizar las emociones humanas utilizando las variables intrínsecas del paciente para estimar la presencia de estrés en las personas, con el fin de evaluar de forma preventiva el estrés y así tomar las medidas clínicas necesarias. Se toma en cuenta una red neuronal Bayesiana para procesar las variables de pulso y respiración, no fue necesario incluir capas de retardo, sin embargo, se obtuvieron 81 elementos de peso con un tiempo de muestreo de un segundo. La red fue diseñada como herramienta probabilística, pudiendo ser posible la detección de la enfermedad en un 0,001%, tomando en cuenta una población de 50 personas en edades comprendidas entre 30 y 55 años, todos dedicados a funciones docentes. El análisis se desarrolló en presencia de un especialista médico, con el fin de contrastar la validez de la toma de datos. Los resultado muestran que el nivel de estrés bajo tiene una probabilidad inicial de 19,16% mientras que el alto es de 15,38% cuando se consideran las variables de pulso y respiración únicamente, sin embargo al tomar en cuenta el espectro de voz como complemento al proceso de detección de estrés, fue posible alcanzar valores confiables de la presencia de estrés en la persona, logrando una eficacia media por semana de 56.35%, mientras que la eficacia del algoritmo superó el 75%.

Palabras clave: emociones humanas, redes neuronales Bayesianas, signos vitales, emociones humanas

Abstract

This work exposes the influence of vital signs on emotional manifestations in people, in the context of artificial neural networks, as a processing algorithm. The working conditions are increasingly demanding, significantly affecting the emotional state of the workers. Emotions are linked to the stressors that the organism perceives, triggering situations of stress and emotional conflicts that affect their behavior. The central axis of this work is to analyze human emotions using the intrinsic variables of the patient to estimate the presence of stress in people, in order to preventively assess stress and thus take the necessary clinical measures. A Bayesian neural network was taken into account to process the pulse and respiration variables, it was not

necessary to include delay layers, however, 81 weight elements were obtained with a sampling time of one second. The network was designed as a probabilistic tool, and it could be possible to detect the disease by 0.001%, taking into account a population of 50 people aged between 30 and 55 years, all dedicated to teaching functions. The analysis was developed in the presence of a medical specialist, in order to contrast the validity of the data collection. The results show that the low stress level has an initial probability of 19.16% while the high is 15.38% when considering the pulse and respiration variables only, however when taking into account the voice spectrum as complement to the process of stress detection, it was possible to reach reliable values of the presence of stress in the person, achieving an average efficiency per week of 56.35%, while the algorithm's efficiency exceeded 75%.

Keywords: human emotions, Bayesian neural networks, vital signs, human emotions.

Introducción

Las emociones humanas son el resultado de un proceso neuronal de las personas, que se produce en el sistema nervioso como consecuencia de un estímulo externo o interno. Para la evaluación de las emociones no existe una forma directa de hacerlo, ya que estas se producen en el sistema nervioso y por ende se requiere de procedimientos invasivos. Sin embargo existen variables asociadas para su determinación, una de las cuales, sin ser invasivos, es a través de la medición de signos vitales, que además constituye un proceso básico en los centros de salud, y que por tanto viene a formar parte del futuro diagnóstico médico. El estudio de los factores que condicionan el estrés ha sido la razón de muchos investigadores en los últimos tiempos (Rubiolo & Stegmayer, 2010). Los resultados muestran que el estrés, a pesar de haber sido considerado como una condición del paciente, también es una condición previa de las enfermedades (Ku & Kenney, 2004), por lo que la causa de algunas patologías clínicas es difícil de diagnosticar o de atender.

Los estímulos estresores causan una reacción fisiológica en el cuerpo, provocando cambios físicos y psicológicos que afectan los niveles de proteínas, glucocorticoides, andrógenos que influyen en los procesos infecciosos, así como un aumento de la coagulación y un aumento de la frecuencia cardíaca (Qian & Zhou, 2002; Zhang, Gupta, & Devabhaktuni, 2003). Estos cambios pueden producir reacciones positivas o negativas en las personas, según el factor individual de cada persona, entre los que se involucran los factores culturales, factores sociales, factores familiares y la actitud individual. Una reacción positiva podría provocar un personal con alto potencial de trabajo, pero también sufrirá una reacción de cansancio ante la espera de retribuciones. Mientras que una reacción negativa, que es la más frecuente, podría causar retrasos en el trabajo, desaliento en el desempeño laboral y, en el peor de los casos, accidentes laborales.

En este artículo se desarrolla el análisis de los signos vitales, específicamente de la respiración y el pulso, y se complementa con una herramienta para estimar el porcentaje de estrés en las personas, tomando en cuenta las variables señaladas. Se pretende que esta herramienta sirva como condición inicial para el diagnóstico médico preventivo. Este sistema fue desarrollado con redes neuronales artificiales y permite determinar el porcentaje de estrés con una fiabilidad del 82%.

El sistema desarrollado consta de una interfaz de usuario adaptada a los requerimientos médicos y completamente didáctica, de manera que es de fácil utilización por el personal encargado de la toma de signos vitales en el servicio médico. En el gráfico. 1 se presenta la forma de adquisición de información y el proceso simple para obtener los resultados, que puede ser administrado por el personal médico sin mayores complicaciones. Con una interfaz de usuario amigable y simple, para un manejo eficiente, que se incluye en la obtención y valoración de los signos vitales previos a la consulta médica.



Gráfico 1.
Sistema de signos vitales para la obtención de información.
Fuente: Elaboración propia

La red neuronal desarrollada es de carácter bayesiano, que se relaciona directamente con la probabilidad condicional de un evento aleatorio, conocido como Teoría de Bayes. En esta red las relaciones entre las variables del modelo se representan de manera intuitiva mediante gráficos dirigidos, que codifican las dependencias marginales y condicionadas existentes en las diferentes variables, lo que permite explorar visualmente las relaciones que pueden existir en la red y el conjunto de datos.

De esta manera la Red Bayesiana se enfoca en un sistema de inferencia probabilística, que calcula la distribución de probabilidad posterior para un grupo de variables que corresponde a

un evento determinado, y a cuyas variables se le ha asignado un valor de evidencia. En (1) se observa la relación probabilística de las hipótesis (H) y las evidencias (e)

$$P(H|e_1, e_2, \dots, e_n) = \frac{P(e_1|H)P(e_2|H)\dots P(e_n|H)}{P(e_1)P(e_2)\dots P(e_n)} P(H) \quad (1)$$

En el modelo generado a través de las redes bayesianas, expuesto en el gráfico. 2, se muestra que el estrés depende principalmente de variables relacionadas con sus síntomas, en lugar de factores externos.

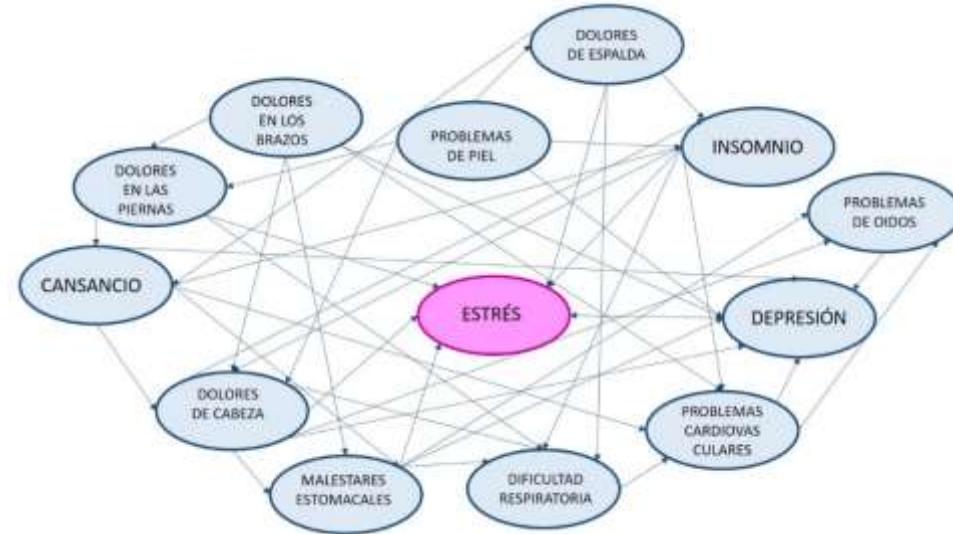


Gráfico 2.
Red Bayesiana para categorización de síntomas de estrés.
Fuente: Elaboración propia

La red permite conocer las probabilidades de ocurrencia de estos síntomas asociados con el estrés. Con esta estadística es posible especificar que las variables que están asociadas con los síntomas más relevantes son el pulso y la respiración, que a su vez influyen en los demás síntomas y son las variables más destacadas en la manifestación del estrés.

En este trabajo, se ha desarrollado una red tipo bayesiana para estimar estadísticamente la probabilidad de que el estado de ánimo del paciente se refleje en los signos vitales y en las características físicas de la persona, que muchas veces se evidencian en la fisionomía facial y en los ademanes. Estas características de salud pueden afectar la conducta emocional, el desempeño laboral y las relaciones personales.

Metodología

Para el diseño del Sistema fue necesario validar la relevancia de las variables con especialistas médicos, constatando entonces los parámetros necesarios para el estudio. Se desarrolló una red

neuronal tipo bayesiana, que es un algoritmo probabilístico con dependencia condicional en un gráfico acíclico. Esta red permite clasificar la probabilidad de incidencia de una variable que produce una característica particular en el estado emocional de las personas.

La red consta de doce variables que interfieren en el estado de salud de las personas y, en consecuencia, las emociones que este pueda manifestar. El análisis probabilístico de la red Bayesiana, reveló una serie de factores asociados con los cambios de humor, que conducen a situaciones de depresión. Estas variables se pueden discriminar obteniendo una mayor incidencia en las variables del pulso, asociadas con situaciones cardíacas y la respiración que viene asociada con una variedad de problemas respiratorios, incluso aquellos que no son patológicos.

El gráfico 3 sugiere el diseño, entrenamiento y diagrama de validación de la red neuronal artificial, tomando los datos de origen, los signos vitales, como entradas a la red, y obteniendo un modelo de clasificación de red basado en las probabilidades encontradas.

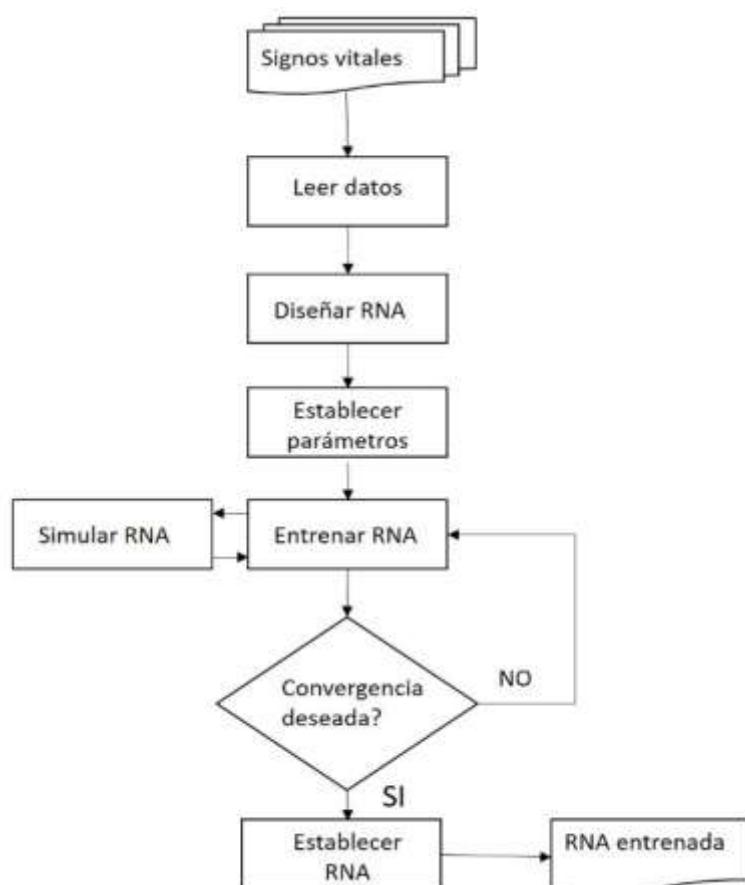


Gráfico 3.

Diagrama del modelo de red neuronal artificial; Diseño, formación y validación.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

La implementación se realizó considerando los niveles normales de las variables, según datos teóricos (Brizzio, López, & Luchetti, 2013), que a su vez fueron validadas por el especialista en salud médica. Por lo tanto, la red neuronal complementaria era de tipo Backpropagation, que es responsable de la clasificación de los datos.

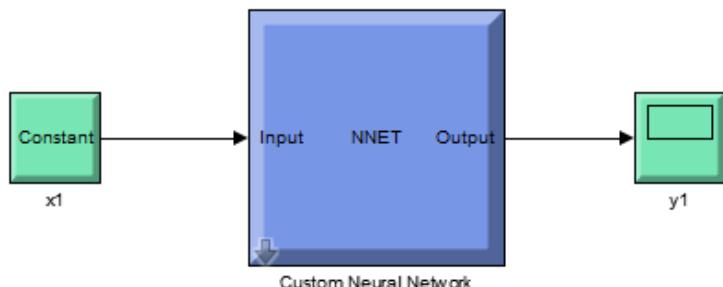


Gráfico 4.

Neural network block

Fuente: Elaboración propia

Básicamente, el sistema inteligente está compuesto por un bloque con la estructura neuronal, como se muestra en el Gráfico 4. Este bloque contiene las capas básicas; Entrada, ajuste intermedio y salida. Esta descripción se encuentra en el Gráfico 5, donde cada fragmento ha especificado el número de neuronas.

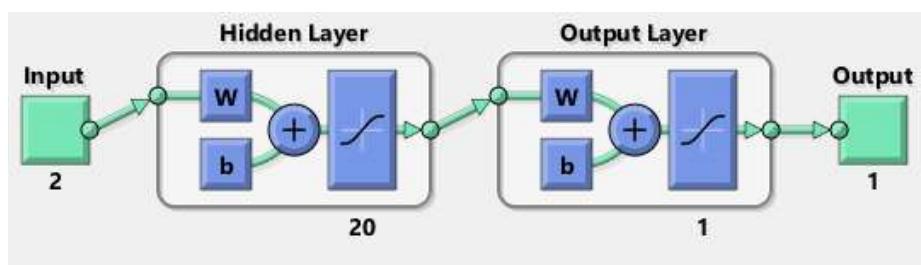


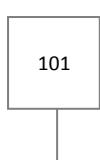
Gráfico 5.

Diagrama de la red neuronal, con especificación de capas y funciones

Fuente: Elaboración propia

La red se configuró con algunas características elementales y necesarias para establecer una clasificación adecuada de las variables. No fue necesario incluir capas de retardo, sin embargo, se obtuvieron 81 elementos de peso con un tiempo de muestreo de un segundo.

Para el entrenamiento, se usó la función tansig, que es una función de transferencia de tangente hiperbólica, que realiza la capa de salida con cada elemento ubicado entre -1 y 1. El gráfico 6 muestra las relaciones de la función tansig utilizada en la selección de los elementos de salida de la red.



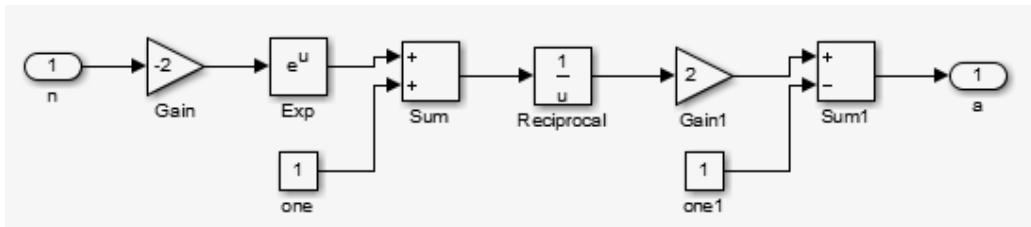


Gráfico 6.
Función Hiperbólica para el entrenamiento de la red de salida.
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros de entrada para la capacitación en red consistieron en el pulso y la respiración de 50 pacientes adultos, con un estilo de vida similar, con profesión docente y sin antecedentes significativos.

Discusión

Una vez capacitada la red Bayesiana para la determinación de probabilidades asociadas con los síntomas más destacados que influyen en el nivel de estrés de las personas, fue posible utilizar esta información como argumentos iniciales para la red de propagación responsable de la clasificación. Ser capaz de definir si el estado actual de la persona es estable o está alterado.

La red de backpropagation ofrece un error cuadrado promedio de 0.001%, considerando que los datos proporcionados corresponden a valores característicos no lineales, el error presentado es aceptable.

Para el especialista médico, un paciente alterado puede desarrollar enfermedades o situaciones de salud que requieren atención. Este desarrollo de patologías se produce por el nivel de estrés en la persona, que al ser recurrente puede alterar otros parámetros en su cuerpo.

Conclusión

En este trabajo, se presenta la creación de un sistema basado en computación inteligente para la evaluación de signos vitales en pacientes, donde fue posible visualizar la influencia de estos en el estado emocional de las personas.

El sistema desarrollado permite evaluar los valores normales de los signos vitales y, dependiendo del resultado obtenido, tomar en consideración el nivel de ansiedad emocional que puede presentar la persona, lo que puede ser de gran importancia para el diagnóstico futuro del paciente. Una de las principales ventajas de esta herramienta es que puede ayudar a mejorar la situación emocional de las personas y hacer frente a su estado de salud.

El Sistema desarrollado puede ser empleado en el diagnóstico preventivo, en la salud ocupacional, y en todos los casos puede ofrecer resultados apropiados para la evaluación de la salud de los pacientes, pudiendo prevenir posibles enfermedades y posibles problemas laborales en las personas.

Agradecimientos

Agradecimiento muy especial a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas, por su apoyo al desarrollo de investigaciones científicas.

Agradecimiento a Alan Druet por su apoyo en la gestión bibliográfica.

Bibliografía

Almagiá, E. (2003). Influencia del estado emocional en la salud física. *Revista Terapia psicológica, vol. 21, n.o 1* , 38.

Brizzio, A., López, L., & Luchetti, Y. (2013). Evaluación de los Indicadores Emocionales del Dibujo de la Figura Humana en Niños en Consulta Psicológica Ambulatoria. *Revista Evaluar, vol. 12*.

Deep Learning Toolbox. (2018). Obtenido de <http://www.mathworks.com/products/neuralnet/>

Ku, H., & Kenney, J. (2004). Behavioral Modeling of Nonlinear RF Power Amplifiers Considering Memory Effects, IEEE Trans. *Microwave Theory Tech., vol. 51, no. 12* , 2495-2504.

Lens . (2017). Obtenido de <http://tedlab.mit.edu/~dr/Lens/>

Meireles, M., Almeida, P., & Simoes, M. (2003). A comprehensive review for industrial applicability of Artificial NN, IEEE Trans. *Industrial Electronics, vol. 50, no. 3* , 585-601.

nDimensional. (2017). Obtenido de <http://www.nd.com/download.htm>

Qian, H., & Zhou, G. (2002). A Neural Network Predistorter for Nonlinear Power Amplifiers with Memory, in Proc. *10th IEEE DSP Workshop* , 312-316.

Rubiolo, M., & Stegmayer, G. (2010). Neural Networks and Wireless Communications Modeling. *Rev. IEEE, Vol. 8, 5*, 486 - 492.

Zhang, Q., Gupta, K., & Devabhaktuni, V. (2003). Artificial Neural Networks from Theory to practice. *Rev. IEEE Transactions on microwave theory and techniques, Vol. 51, N°. 12*, 1339-1350.

Estrategias pedagógicas basadas en las tecnologías de la información y comunicación (TIC)

William Edgar Segobia Moreta
wiliamsegobia.ws@gmail.com
Plus Soluciones

Evelin Casandra Zambrano Chávez
casandrazambrano@gmail.com
Instituto Tecnológico Superior Vicente León

Jenny Maricela Criollo Salinas
jennycriollosalinas@gmail.com
Instituto Tecnológico Superior Vicente León

Resumen

Las Tecnologías de información y comunicación son la innovación educativa del momento y permiten a los docentes y estudiantes cambios determinantes en el quehacer diario del aula. Los avances tecnológicos que se han generado a través de la informática han causado un gran impacto académico en las instituciones educativas a nivel mundial, el desarrollo de esta investigación fue establecer estrategias pedagógicas basadas en las Tecnologías de Información y Comunicación las cuales permitieron potenciar el aprendizaje de los estudiantes del Colegio Primero de Mayo en la ciudad del Puyo. El método de investigación aplicado fue de carácter cuali-cuantitativo con técnicas e instrumentos de investigación bibliográfica y de campo como la encuesta, la entrevista, guía de preguntas y cuestionarios; los resultados obtenidos demuestran que los docentes no utilizan las Tics; un alto porcentaje de los docentes no integran la tecnología como elemento de apoyo al proceso educativo y un porcentaje de docente muy bajo utiliza las tecnologías de forma regular. La propuesta fue la implementación de estrategias metodológicas que aproveche el uso de las Tics y de plataformas virtuales de aprendizaje con metodologías como el “aula invertida”; lo que ha permitido reforzar el proceso de enseñanza - aprendizaje dentro y fuera del aula.

Palabras Clave: Aula invertida, estrategias pedagógicas, enseñanza - aprendizaje, tics.

Abstract

Information and communication technologies are the educational innovation of the moment and allow teachers and students to make decisive changes in the daily work of the classroom. The technological advances that have been generated through computer science have caused a great academic impact in the educational institutions worldwide; the development of this research was to establish pedagogical strategies based on the Information and Communication Technologies which allow to enhance the learning of the students of the Primero de Mayo School in the city of Puyo. The applied research method was of a qualitative-quantitative nature with bibliographic and field research techniques and instruments such as the survey, the interview, the guide of questions and questionnaires; the results obtained show that teachers do not use Tics; 57% of teachers do not integrate technology as an element to support the educational process and 29% use technologies on a regular basis. The proposal was the implementation of methodological strategies that take advantage of the use of Tics and virtual learning platforms

with methodologies such as "Inverted classroom"; which has allowed to reinforce the teaching - learning process inside and outside the classroom.

Keywords: Inverted classroom, pedagogical strategies, teaching – learning, tics.

Introducción

En la actualidad los sistemas educativos de todo el mundo se enfrentan al desafío de utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para proveer a sus alumnos con las herramientas y conocimientos necesarios que se requieren en el siglo XXI. En 1998, el Informe Mundial sobre la Educación de la UNESCO, “Los docentes y la enseñanza en un mundo en mutación”, describió el impacto de las TICs en los métodos convencionales de enseñanza y de aprendizaje, augurando también la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje y la forma en que docentes y alumnos acceden al conocimiento y la información.

Según *Gómez y Macedo* (2010) Las TICs son la innovación educativa del momento y permiten a los docentes y alumnos cambios determinantes en el quehacer diario del aula y en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los mismos. Las TICs brindan herramientas que favorecen a las escuelas que no cuentan con una biblioteca ni con material didáctico. Estas tecnologías permiten entrar a un mundo nuevo lleno de información de fácil acceso para los docentes y estudiantes. De igual manera, facilitan el ambiente de aprendizaje, que se adaptan a nuevas estrategias que permiten el desarrollo cognitivo creativo y divertido en las áreas tradicionales del currículo.

Para el autor *Zilberstein* (1999) señala que las estrategias pedagógicas constituyen la vía esencial para la apropiación de conocimientos, habilidades, hábitos, normas de relación, de comportamiento y valores, legados por la humanidad, que se expresan en el contenido de enseñanza, en estrecho vínculo con el resto de las actividades docentes y extra docentes que realizan los estudiantes. En consecuencia, las estrategias pedagógicas se constituyen un esfuerzo organizativo por parte del líder-docente o de un equipo de docentes, al efecto de encauzar acciones y recursos en el proceso de enseñanza-aprendizaje con el objeto de alcanzar objetivos pre establecidos en el currículo.

La incorporación de las Tics en la educación tiene como función ser un canal de comunicación e intercambio de conocimiento y experiencias. Son instrumentos para procesar la información y para la gestión administrativa, fuente de recursos, medio lúdico y desarrollo cognitivo. Todo esto conlleva a una nueva forma de elaborar una unidad didáctica y, por ende, de evaluar debido

a que las formas de enseñanza y aprendizaje cambian, el profesor ya no es el gestor del conocimiento, sino que un guía que permite orientar al alumno frente su aprendizaje: En este aspecto, el alumno es el “protagonista de la clase”, debido a que es él quien debe ser autónomo y trabajar en colaboración con sus pares.

Por esto el presente trabajo se realizó a fin que en el Colegio “Primero de Mayo” se implete la herramienta analítica FODA para evaluar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas entre los problemas más relevantes se destacó el nulo uso de las Tics en el proceso enseñanza – aprendizaje, se evidenció el bajo nivel en el uso de material tecnológico por parte de los docentes de la institución, la falta de adquisición en equipos tecnológicos en consecuencia las clases impartidas resultan de poco interés para los estudiantes por el escaso uso técnicas pedagógicas y motivadoras.

Las estrategias pedagógicas que se propusieron en función directa con la implementación de la plataforma virtual fueron la capacitación en la utilización de las Tics por parte de los docentes el manejo de la plataforma Moodle tanto en el rol del estudiante como del tutor y el desarrollo de la aula invertida como un aprendizaje semipresencial y transferir parte del proceso de enseñanza y aprendizaje fuera del aula con el fin de utilizar el tiempo de clase para el desarrollo de procesos cognitivos de mayor complejidad que favorezcan el aprendizaje significativo.

Importancia del Problema

La importancia de esta investigación radicó en el hecho de que la problemática educativa es diversa, tiene diferentes causas y motivos; por lo cual la vuelve compleja y difícil, sin embargo las estrategias pedagógicas que utiliza el docente que se encuentra frente al grupo de estudiantes desempeña un papel importante para que el aprendizaje sea o no significativo, debido a que son a través de ellas que el maestro transmite el conocimiento y herramientas que le serán útiles a los alumnos por el resto de su vida escolar. En la actualidad muchos de los maestros carecen de interés en la adquisición de nuevos conocimientos acerca de las herramientas pedagógicas y didácticas que existen para que los estudiantes aprendan de una manera eficiente.

La aplicación efectiva de estas estrategias permitió al estudiante formar esquemas mentales más eficientes, de tal manera que puedan resolver problemas desde diferentes puntos de vista y con diferentes alternativas de solución gracias a la creatividad que se desarrolló. Con ello se favoreció el desarrollo social del mismo, lo que le facilitó la adquisición de nuevos conocimientos y por ende un buen trabajo al final de su carrera escolar.

Metodología

El método de investigación propuesto para el desarrollo de la presente investigación es el cualicuantitativo. La investigación cualitativa evita la cuantificación en esta investigación se hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas. La investigación cualitativa trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica; mientras que la investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede.

La diferencia fundamental entre ambas metodologías es que la cuantitativa estudia la asociación o relación entre variables cuantificadas y la cualitativa lo hace en contextos estructurales y situacionales.

Los tipos de investigación que se utilizó son:

Bibliográfica: En este tipo de investigación se desarrolla la recopilación de la información de fuentes primarias, con ello se desarrolló el marco teórico orientado esencialmente a las técnicas de comunicación e información, plataformas virtuales, herramientas de software para educación y el proceso enseñanza-aprendizaje.

De Campo: Este tipo de investigación se basa en la utilización de encuestas o entrevistas y se aplicó para desarrollar el marco metodológico. Se entrevistó a la autoridad del Colegio y se aplicó encuestas tanto a los docentes como a los estudiantes.

Las técnicas que se utilizó para la investigación fue: Entrevista y encuesta a docentes y estudiantes.

Los instrumentos utilizados fueron: Guía de entrevista, y cuestionarios para docentes y estudiantes.

La población involucrada en la problemática descrita en el inicio de este trabajo investigativo fue estructurada de la siguiente forma:

Tabla 1:
Población involucrada en la problemática

Descripción	Número
Alumnos	1650
Docentes	69
Autoridades	1

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la muestra

$$n = \frac{t^2 (p * q) N}{N * d^2 + t^2 (p * q)}$$

Dónde:

n= tamaño de la muestra

t= 1,96 valor de confianza 95%

p= 0,5 valor constante

q= 0,5 valor constante

N= Universo 1650

d= 0,05 límite de error muestra

$$n = \frac{1,96^2 (0,5 * 0,5) 1650}{1650 * 0,05^2 + 1,96^2 (0,5 * 0,5)}$$

n= 400

La muestra se estratificó de la siguiente manera:

Tabla 1:
Muestra Estratificada

Función	Numero
Alumnos	400
Docentes	69
Autoridades	1

Fuente: Elaboración propia

Resultados y Discusión

Una vez que se ha efectuado la investigación de campo para recolectar toda la información correspondiente se procedió a analizar e interpretar los resultados obtenidos en las encuestas que fueron dirigidos a los estudiantes y docentes del Colegio Primero de Mayo

Para un mejor entendimiento y comprensión de los resultados finales de la investigación, se procedió a analizar cada una de las preguntas y de cada una de las opciones de respuestas obtenidas respectivamente, tanto en forma gráfica para lo cual se utilizó las gráficas de pastel en 3D, y se realizó el análisis tanto en forma cualitativa, como en forma cuantitativa.

Encuesta realizada a los docentes de la Unidad Educativa

Pregunta N° 1: ¿Usted utiliza la tecnología como herramienta de apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Unidad Educativa?

Tabla 3:
Usa la tecnología como herramienta en el pea.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	10	14%
Nunca	39	57%
Frecuentemente	20	29%
Total	69	100%

Fuente: Elaboración propia

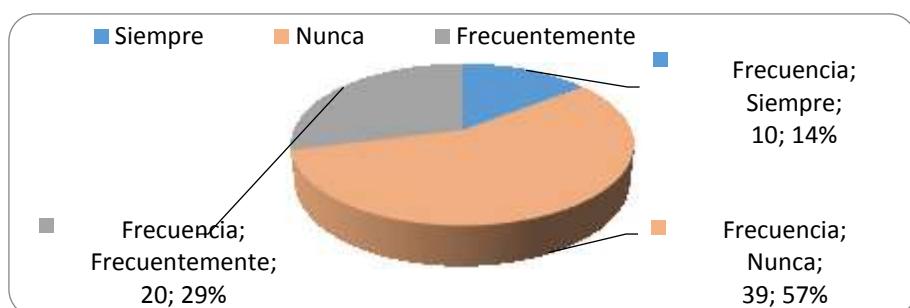


Gráfico 1:
Usa tecnología como herramienta en el pea.
Fuente: Elaboración propia

El 57 % de los docentes encuestados da a conocer que no integra la tecnología como elemento de apoyo al proceso educativo y el 29% utiliza las tecnologías de forma regular en su proceso educativo.

Pregunta N° 3. ¿Según su apreciación qué nivel de dominio tiene con respecto al uso de la tecnología?

Tabla 4:
Nivel de dominio

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Alto	3	4%
Medio	21	31%
Bajo	45	65%
Total	69	100%

Fuente: Elaboración propia

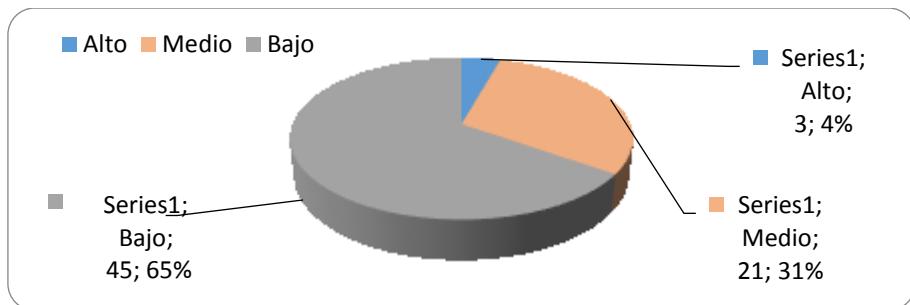


Gráfico 2
Nivel de dominio
Fuente: Elaboración propia

Se observa que el mayor porcentaje de los docentes señalan que no dominan la tecnología por lo tanto no utilizan la tecnología para su proceso didáctico.

Encuesta realizada a los estudiantes de la Unidad Educativa

Tabla 5.

¿Tus docentes utilizan las Tecnologías de información y comunicación?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Mucho	0	0%
Regularmente	22	5%
Poco	40	10%
Muy poco	259	65%
Nada	79	20%
Total	400	100%

Fuente: Elaboración propia



¿Los docentes utilizan las Tecnologías de información y comunicación?
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los docentes realmente no utilizan las Tecnologías de Información y comunicación.

Método del Aula Invertida

El método de aula invertida es un sistema de aprendizaje en que el estudiante debe haber estudiado la materia correspondiente con antelación a la clase presencial mediante videos en los

que se exponen los diferentes conceptos. Después asiste a la clase para aclarar dudas, relacionar y reforzar conceptos, y realizar ejercicios prácticos. Se invierte, por tanto, la dinámica respecto a la metodología más tradicional en la que el profesor expone la materia en clase, y con posterioridad el estudiante estudia el contenido y realiza ejercicios y tareas en casa como complemento a su estudio.

La metodología del aula invertida es una de las técnicas de enseñanza y aprendizaje con mayor proyección de futuro. Se relaciona con los conceptos de docencia aprendida (*Lessons Learned*) y enseñanza semi-presencial (*Blending learning*). El estudiante debe haber estudiado previamente la materia, y lo hace por medio de materiales disponibles en línea.

El éxito de esta metodología depende obviamente de la calidad del material disponible en internet, y también de la apropiada organización de las clases presenciales en las que el profesor debe detectar las dificultades en el aprendizaje previo de los estudiantes, y utilizar los recursos idóneos para corregir los errores de comprensión que se hayan producido y, en definitiva, guiar el aprendizaje de un grupo de estudiantes que puede ser muy numeroso y heterogéneo, fomentando la interacción estudiante-profesor y procurando una atención personalizada.

Conclusión

La creación de portales Web dentro de las instituciones educativas es un paso muy importante para darse a conocer a nivel global y de esta manera poder conseguir estar a la vanguardia en tecnología.

La implementación de Entornos virtuales de aprendizaje en Colegio Primero de Mayo, reforzó el proceso de enseñanza aprendizaje dentro de las clases impartidas por los docentes.

Los procesos implementados en entornos virtuales ayudaron a que las clases impartidas se tornen más dinámicas y atractivas para los estudiantes.

El método del aula invertida facilitó la interacción de los estudiantes en el uso del entorno virtual diseñado.

Bibliografía

ALMAGESTO. (s.f.). *Plataforma eLearning de Alhambra-Eidos*. Obtenido de <http://www.almagesto.com/>

Alvaro, H. (2004). *Oportunidades Educativas de las TIC*. Obtenido de Metacursos: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-73523_archivo.pdf

Aplicaciones De Las Tic En La Educación. (s.f.). Obtenido de <http://es.pdfsb.net/readonline/62564a4465677838574842354333786855513d3d>

ATutor LMS. (s.f.). *Learning Management System*. Obtenido de <http://www.atutor.ca/>

Belloch, C. (2016). *Entornos Virtuales de Aprendizaje*. Obtenido de Unidad de Tecnología Educativa. Universidad de Valencia: <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA3.pdf>

BLACKBOARD. (s.f.). Obtenido de <http://lac.blackboard.com/sites/international/globalmaster/>

CHAMILO. (s.f.). *Chamilo LMS el e-learning que se adapta a la industria*. Obtenido de <https://chamilo.org/es/>

del Pino, B., Prieto, B., Prieto, A., & Illeras, F. (2016). *Utilización de la metodología de aula invertida en una asignatura de Fundamentos de Informática*. Obtenido de Universidad de Granada: http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/41918/1/T5_N6_Revista_EAIC_2016.pdf

E-DUCATIVA. (s.f.). *Líderes de Iberoamérica en sistemas para formación*. Obtenido de <http://www.educativa.com/>

Es.Wikipedia.org. (s.f.). *Aula Invertida*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org /wiki/Aula_invertida](https://es.wikipedia.org/wiki/Aula_invertida)

Eumed.net. (20 de Septiembre de 2016). *Modelo Pedagógico De Desarrollo De Los Modos De Actuación Pedagógicos Profesionales En El Plano De Contraste Del Programa Nacional De Formación De Educadores*. Obtenido de http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/yjqc/estrategia_pedagogica_para_el_desarrollo_de_los_modos.html

FIRSTCLASS. (s.f.). *OpenTextFirstClass*. Obtenido de <http://www.opentext.com/what-we-do/ products/ specialty-technologies/firstclass>

García, A. (2011). *Tics en la formación inicial y permanente del profesorado educación especial*. Obtenido de Tesis Doctoral. Universidad de Costa Rica: <http://eprints.ucm.es/12593/1/T32960.pdf>

Gomez, L., & Macedo, J. (2010). Importancia de las TIC en la educación básica regular. *Investigación Educativa*.

LRN. (s.f.). *E-Learning sin límites*. Obtenido de <http://www.viaro.net/elearn/folleto.pdf>

Luz, G. (2010). *Importancia de las tic en la educación básica regular. 1st ed.* Obtenido de <http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4776-16134-1-PB.pdf>

Macias, D. (2010). *Plataformas de enseñanza virtual libres y sus características de extensión: Desarrollo de un bloque para la gestión de tutorías en Moodle*. Obtenido de Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Alcalá: <http://www3.uah.es/libretexts/files/Tutorias.pdf>

Ministerio de Educación del Ecuador. (2010). *Introducción a las Tecnologías de Información y Comunicación*. Obtenido de SiProfe-TIC-intro.pdf: <http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/SiProfe-TIC-intro.pdf>

SAKAI. (s.f.). *Sakai 100% Open for Education*. Obtenido de <https://www.sakaiproject.org/>

Teófilo Peralta, M. (2016). *Estrategias de enseñanza aprendizaje*. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos82/estrategias-de-ensenanza-aprendizaje/estrategias-de-ensenanza-aprendizaje2.shtml>

WIKIPEDIA. (s.f.). *Dokeos*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Dokeos>

M-learning para optimizar la enseñanza – aprendizaje del cálculo vectorial en estudiantes de ingeniería

Paola Proaño

pmpoproano2@espe.edu.ec

Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Santo Domingo de los Tsáchilas

Fabricio Trujillo

sftrujillo@espe.edu.ec

Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga.

Resumen

El avance de las tecnologías de las TIC ha permitido explorar nuevas metodologías de enseñanza como el *machine learning* que produce experiencias de aprendizaje efectivas. En el análisis matemático, los tópicos referentes a sólidos de revolución, superficies y funciones vectoriales resultan complejas, debido a lo abstracto de los conceptos para su representación gráfica en el espacio. El objetivo de esta investigación es incluir en el proceso enseñanza - aprendizaje del cálculo vectorial una plataforma móvil y libre para los diferentes sistemas operativos de teléfonos celulares cuya finalidad es mejorar el rendimiento académico. En este trabajo se describe el uso de una colección de aplicaciones multimedia en las que el estudiante visualiza conceptos matemáticos a partir de la creación de un objeto virtual y se analiza el rendimiento de los alumnos relacionada con las prácticas docentes empleadas. Para evaluar esta investigación se realizó una comparación entre el modelo de enseñanza basado en la exposición de una clase magistral y el modelo que genera clases de desarrollo de conocimientos a través de aplicaciones informáticas. Tal proceso se detalla en este documento y su validez se justifica mediante estadísticos de prueba y una ecuación diferencial logística, que ratifica la mejora académica

Palabras Clave: M-learning, vectorial, TIC, rendimiento académico.

Abstract

The advancement of TIC technologies has allowed exploring new teaching methodologies such as machine learning that produces effective learning experiences. In mathematical analysis, the topics referring to solids of revolution, surfaces and vector functions are complex, due to the abstract of the concepts for their graphic representation in space. The objective of this research is to include in the teaching - learning process of vectorial calculation a mobile and free platform for the different operating systems of cellular telephones whose purpose is to improve the academic performance. This paper describes the use of a collection of multimedia applications in which the student visualizes mathematical concepts from the creation of a virtual object and analyzes the performance of the students related to the teaching practices used. To evaluate this research, a comparison was made between the teaching model based on the exposition of a master class and the model that generates knowledge development classes through computer applications. This process is detailed in this document and its validated and it is justified by test statistics and a logistic differential equation, which confirms the academic improvement.

Key Words: M-learning, vectorial, TIC, academic performance.

Introducción

En la actualidad la tecnología y la informática avanzan vertiginosamente, fomentando el desarrollo de nuevos y mejores recursos que son fácilmente accesibles para cada persona en diferentes estratos económicos. Esta idea se fundamenta en la necesidad de utilizar aplicaciones nuevas que ayuden y faciliten las tareas que se hacen a diario. De esta forma las tecnologías multimedia constituyen un soporte para la enseñanza de las ciencias exactas, más aún en el estudio de conceptos de matemáticas y física, ya que constituyen los pilares para asimilar asignaturas de niveles posteriores propias dentro del perfil de formación de una ingeniería técnica (*Muriel & Vidal, 2012*).

El enseñar matemáticas constituye obligatoriamente el uso de una serie de estructuras y símbolos, cuyo objetivo es contribuir a la perfecta compresión de la materia (*Goikoetxea, 2012*). El desconocimiento del lenguaje matemático supone un vacío a la hora de transmitir conceptos en estas ciencias, donde a veces la limitación no está en la idea conceptual sino más bien en el formalismo matemático; por lo que su estudio debe constituir una tarea primordial desde los primeros niveles académicos.

La experiencia docente ha demostrado que los estudiantes tienen grandes dificultades de asimilación de aquellos conceptos que exigen cierta abstracción y se complementa con la falta de visión espacial. Este malestar es evidente cuando se trata de hacer gráficas en \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 , por ello, el objetivo de esta investigación fue crear material didáctico multimedia para ser utilizado en clase para cerrar vacíos, mediante el uso de ambientes de aprendizaje basados en la tecnología móvil, combinando una metodología diferente e innovadora en estas disciplinas, así se potencia el uso de las nuevas tecnologías para que el alumno pueda ir resolviendo problemas de forma interactiva, de modo que el alumno agudiza su pensamiento crítico y mejora su rendimiento académico (*Gutierrez, 2015*).

Cuando los alumnos visualizan información matemática en contextos diferentes, pueden enunciar varias representaciones del concepto, tal como sucede cuando se calcula la segunda derivada de una función vectorial en \mathbb{R}^3 , denotada como la representación gráfica de la aceleración como un vector en tres dimensiones. El uso de aplicaciones móviles resulta útil en los procesos de enseñanza aprendizaje del cálculo vectorial, ya que mediante la construcción de gráficos permite analizar los conceptos matemáticos de una forma didáctica y fácil de entender (*Guisasola, Almudi, & Zubimendi, 2004*), todo esto, sugiere reconocer la importancia de las

nuevas tecnologías en el sector educativo para representar gráficas de funciones tridimensionales.

Importancia del Problema

El *machine learning* está destinado a mejorar e impulsar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto se logra integrando el *e-learning* que son sistemas de enseñanza y aprendizaje a través de redes digitales, con los dispositivos móviles de comunicación con la finalidad de producir experiencias educativas en cualquier lugar y momento.

En el Ecuador no existe un estudio acerca de la influencia del uso de recursos multimedia digitales en el aula, dentro del proceso enseñanza aprendizaje de las matemáticas, puntualmente cálculo vectorial. La influencia de nuevos métodos de enseñanza dinámica e interactiva, facilita la labor del docente ya que el conocimiento no sólo se transmite de forma expositiva, sino más bien de forma dinámica y participativa. En la etapa universitaria inicial, existe un alto índice de deserción escolar, no hay un estudio que justifique las razones de este problema, sin embargo, hay que analizar los factores que están inmersos en el proceso educativo tales como el nivel académico con el que los estudiantes reciben la nueva asignatura, la metodología del docente y los recursos digitales que facilitan el transmitir conocimientos, esto en el caso de que se utilicen.

Los factores sociales que no se mencionan, así como los que se mencionan, son importantes al momento de evaluar que tanto han asimilado los educandos, una de las maneras de cuantificar esta variable es mediante el rendimiento académico. El uso de aplicaciones móviles de libre acceso constituye una herramienta útil, al enseñar y estudiar cálculo vectorial ya que en la temática relacionada con sólidos de revolución y funciones vectoriales los estudiantes deben tener una concepción clara sobre la representación geométrica de las funciones en diferentes espacios. La aplicación que se utilizó en esta investigación fue la versión beta de Geogebra, válido para sistemas Android.

En este trabajo, se describe la experiencia llevada a cabo con estudiantes de tercer nivel de la Carrera de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo. Tal experiencia consistió en enseñar el planteamiento de ejercicios de geometría analítica de una manera sencilla y manejable por los estudiantes, de tal manera que sean capaces de entenderlos y desarrollarlos de forma lógica. Durante el desarrollo

de esta investigación, se realizó un seguimiento continuo de los estudiantes, no sólo para determinar el grado de comprensión de las definiciones que se trataba en clase con la metodología propuesta, sino también permitió identificar las dificultades que los estudiantes presentaban. Este seguimiento, permitió retroalimentar la labor docente.

Metodología

Las TIC permiten el desarrollo de nuevos materiales didácticos de carácter electrónico que utilizan diferentes soportes. Los nuevos soportes de información, generan una gran innovación comunicativa, lo que aporta un lenguaje propio, unos códigos específicos orientados a generar modalidades de comunicación alternativas y nuevos entornos de aprendizaje colaborativo sin limitaciones temporales ni espaciales.

La metodología usada para el desarrollo de esta investigación fue:

Hipotético-Deductivo:

Por la naturaleza epistemológica de las ciencias educativas en la cual se aplica a la presente investigación toda información es perfectible, reproductible, falsearla y de validación temporal.

Inductivo: Ya que a partir de las observaciones realizadas se extraen conclusiones, se comienza con la recolección de datos, la categorización de las variables, se aprueba las hipótesis y finalmente se elaboran teorías generales.

Explicativo:

Permite conocer las causas que originan un fenómeno, para explicarlo utilizando una metodología cuantitativa.

Estadístico:

Para conocer la orientación, interpretación y validación de las hipótesis planteadas.

Mediante evaluaciones periódicas, permitieron validar la hipótesis planteada que es tema de la presente investigación. La población total considerada para el estudio fueron los estudiantes que han cursado la asignatura de cálculo vectorial durante los períodos académicos octubre 2018 – febrero 2019, marzo – agosto 2018, y septiembre 2018 - febrero 2019.

El número de personas que formó parte de esta investigación son 91 estudiantes; clasificados

en: un curso de 33 estudiantes como grupo experimental y dos cursos de 58 estudiantes como de control.

Con el fin de analizar el rendimiento académico, el proceso de recolección de datos se hizo mediante una serie de evaluaciones periódicas, distribuidas en tres etapas: una de diagnóstico (en la cual ambos grupos recibía clase tradicional); otra durante la aplicación de la alternativa metodológica (en esta etapa el grupo experimental fue sujeto a la propuesta metodológica) y una última etapa en la que se realizaron evaluaciones finales a ambos grupos. Los instrumentos de evaluación utilizados para la recolección de la información fue un test con preguntas tipo reactivo referente a la temática tratada en clase, según el silabo de la asignatura.

La evaluación se hizo sobre 7 puntos y consta de dos parámetros: participación en clase y pruebas. Ya que este es un trabajo experimental de campo, se requiere evaluar la incidencia de la alternativa metodológica mediante la actividad realizada por el estudiante en clase; pues las actividades extra clases, pueden producir notas sesgadas, ya que alguien más puede realizar los trabajos en casa; o a su vez el estudiante puede plagiar información. Por otro lado, el examen de unidad no se tomó en cuenta para la ponderación, pues no todos participan activamente en su aprendizaje. La tabla I, muestra la ponderación considerada para esta investigación.

Tabla I
Ponderación de puntajes de los estudiantes

ACTIVIDAD	PONDERACIÓN
Trabajo fuera de clase	1
Talleres en clase	2
Participación en clase	1
Deberes	2
Pruebas	6
Examen	8
Total	20

En primer lugar, se analizó la normalidad de los datos obtenidos en ambos grupos en la etapa de diagnóstico para lo cual se utilizaron pruebas de normalidad, que contrasta diferentes estadísticos como Shapiro – Wilk y Kolmogorov – Smirnov, como se puede observar en la tabla II

Tabla II	
Prueba de Normalidad I	
D	0,040
Valor p	0,936
alfa	0,05

Se plantearon hipótesis para su interpretación:

H_0 : La distribución de los grupos de investigación es la misma en la etapa del diagnóstico. H_1 : La distribución de los dos grupos de investigación son diferentes.

Puesto que el valor p calculado, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,5$, se acepta la hipótesis nula, es decir que no hay diferencias en el rendimiento académico de ambos grupos de investigación, durante la etapa de diagnóstico. A continuación, en la Figura 1, se muestra el histograma de frecuencias, se observa que la media del grupo experimental está entre 3 y 3,4 con una media de 3,452.

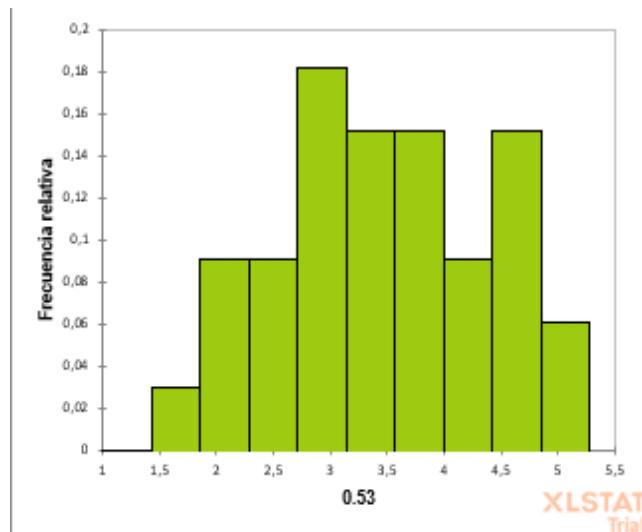


Figura 1.
Histograma de frecuencias (grupo experimental)

En la figura 2, se observa el histograma de frecuencias del grupo de control, se observa que la media está entre los valores de 3,5 a 4, con una media de 3,49

En esta segunda etapa de investigación, se analizó con estadísticos de prueba. la normalidad de los datos obtenidos al incluir una aplicación móvil en las clases magistrales Como se puede observar en la Tabla III

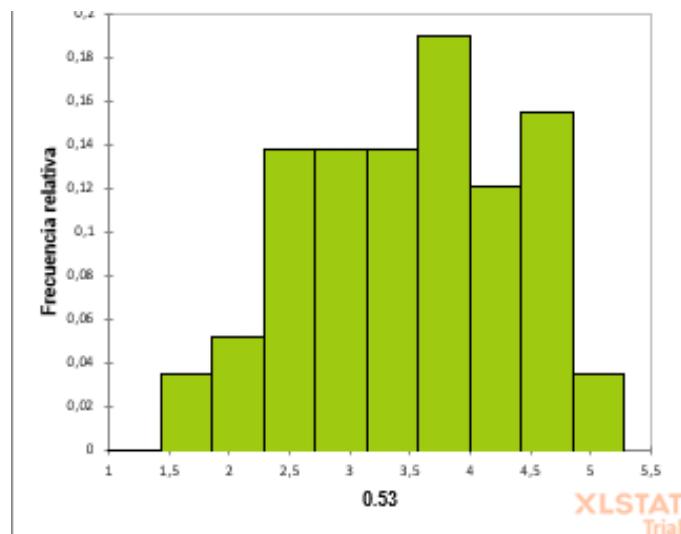


Figura 2.
Histograma de frecuencias (grupo de control)

Tabla III
Prueba de Normalidad II

D	0,576
Valor p	< 0,0001
Alfa	0,05

Para interpretar los datos obtenidos se, plantean hipótesis:

H₀: La distribución de los grupos de investigación es la misma al incluir el uso de una aplicación móvil en las clases tradicionales.

H₁: La distribución de los dos grupos de investigación son diferentes al incluir el uso de una aplicación móvil en las clases tradicionales.

Implica que, una vez utilizada la metodología propuesta se observa que en ambos grupos la distribución de datos no son las mismas, con un nivel de significancia de 0,05, es decir existe un aumento notable en el rendimiento académico del grupo experimental, en comparación con el grupo de control.

En la figura 3 se observa el histograma de frecuencias del grupo experimental., la mayor cantidad de los datos está alrededor de 6, con una media muestral de 5,276.

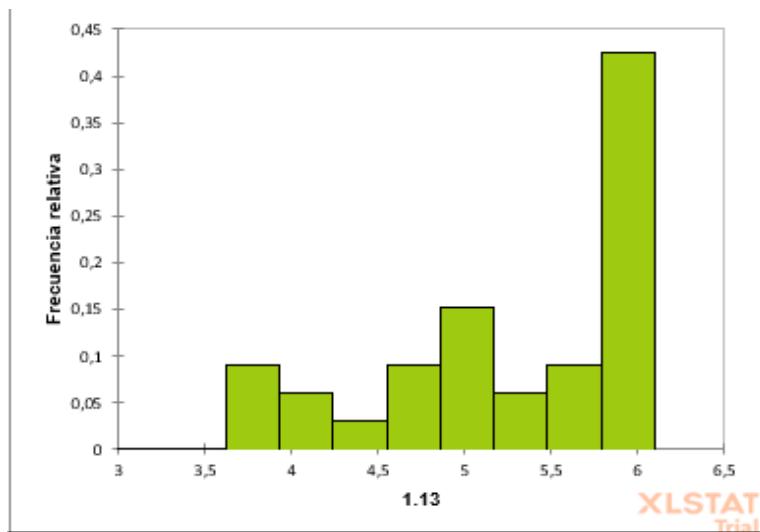


Figura 3.
Histograma de frecuencias (grupo experimental)

En la figura 4 se observa en el histograma de frecuencias del grupo de control, la mayor cantidad de los datos está alrededor de 4, con una media muestral de 4,010

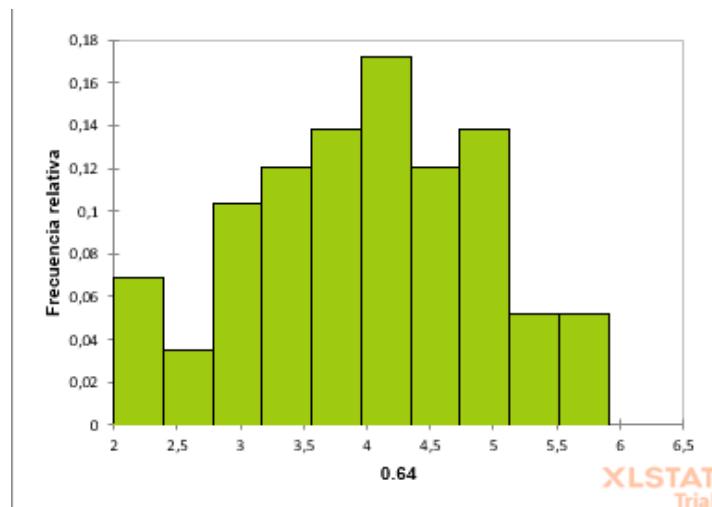


Figura 4.
Histograma de frecuencias (grupo de control)

Para determinar la eficacia del método, se aplicó una tercera evaluación en ambos grupos de investigación, se analizaron las calificaciones obtenidas en cada etapa con estadísticos de prueba, obteniendo los siguientes datos:

Grupo experimental:

Tabla IV
Evaluación Final

Estadístico	Diagnóstico E
No. de observaciones	33
Mínimo	1.690
Máximo	5.180
1º Cuartil	2.850
Mediana	3.470
3º Cuartil	4.080
T_0	3.452
Varianza (n-1)	0.843
Desviación típica (n-1)	0.918

Tabla V
Evaluación Final

Estadístico	Evaluación Final E
No. de observaciones	33
Mínimo	3.660
Máximo	6.000
1º Cuartil	4.800
Mediana	5.640
3º Cuartil	5.890
T_2	5.276
Varianza (n-1)	0.566
Desviación típica (n-1)	0.752

Tabla VI
Evaluación Final

Estadístico	Aplicación de Método E
No. de observaciones	33
Mínimo	3.050
Máximo	5.800
1º Cuartil	4.000
Mediana	4.800
3º Cuartil	5.140
T_1	4.543
Varianza (n-1)	0.576
Desviación típica (n-1)	0.759

Una vez analizados los datos, se determina que el promedio máximo es 6,04

Grupo de Control:

Tabla VII
Evaluación Final

Estadístico	Diagnóstico C
No. de observaciones	58
Mínimo	1.690
Máximo	5.180
1º Cuartil	2.813
Mediana	3.565
3º Cuartil	4.125
T_0	3.490
Varianza (n-1)	0.776
Desviación típica (n-1)	0.881

Tabla VIII
Tabla de Evaluación Final

Estadístico	Aplicación del Método C
No. de observaciones	58
Mínimo	2.080
Máximo	5.880
1º Cuartil	3.388
Mediana	4.200
3º Cuartil	4.748
T_1	4.059
Varianza (n-1)	0.858
Desviación típica (n-1)	0.926

Tabla IX
Evaluación Final

Estadístico	Evaluación Final C
No. de observaciones	58
Mínimo	2.060
Máximo	5.810
1º Cuartil	3.348
Mediana	4.150
3º Cuartil	4.688
T_2	4.010
Varianza (n-1)	0.835
Desviación típica (n-1)	0.914

Una vez analizados los datos, se determina que el promedio máximo luego de la evaluación final es 4,15. El aumento del rendimiento académico se puede determinar mediante la ecuación 1 denominada Logística

$$\frac{dp}{dt} = ap - bp^2 \quad (1)$$

dt

La solución de la ecuación diferencial está dada por la ecuación 2:

$$P(t) = \frac{ap_0}{bp_0 + (a - bp_0)e^{-at}} \quad (2)$$

El rendimiento máximo alcanzado por cada grupo de estudio se calcula con una diferencia de medias, ecuación (3):

$$P_{max} = \frac{T_1(T_0T_1 - 2T_0T_2 + T_1T_2)}{T^2 - T_0T_2} \quad (3)$$

▷ 0 1

Dónde:

T_0 Es el promedio de la evaluación diagnóstica

T_1 Promedio de la aplicación del método

T_2 Promedio Final

El aumento en el rendimiento académico se hace mediante una diferencia de proporciones, ecuación 4 entre los promedios obtenidos por los grupos durante toda la investigación:

$$P_{max} = \frac{6,04 - 4,15}{4,15} = 0,438 \cong 43,85\% \quad (4)$$

4,5

Resultados y Discusión

La recolección de los datos se las hizo mediante las evaluaciones periódicas, se obtuvo un promedio por unidad de cada estudiante, finalmente un promedio general de las tres unidades. Se comparó el promedio obtenido por los estudiantes en la asignatura, siguiendo la nueva metodología en relación con los que habían seguido el método tradicional de enseñanza. Se observó una diferencia significativa entre las dos, dando como resultado que el parámetro estadístico $p = 0,0001$ menor al nivel de significancia propuesto $\alpha = 0,05$, por lo tanto comprobamos que si existe una diferencia significativa entre el rendimiento de los estudiantes que estudiaron cálculo vectorial con la ayuda de la aplicación móvil y los que utilizan la metodología tradicional.

Entre los aspectos más relevantes que se encontraron en la investigación es que el rendimiento académico entre los estudiantes del grupo experimental comparados con los del grupo de control es mayor.

Conclusión

En el proceso de enseñanza del cálculo vectorial, se comprobó que la metodología más óptima, es combinar un recurso multimedia con las clases magistrales, ya que permite a los estudiantes adquirir sus propios conocimientos mediante la experimentación sin un límite de tiempo y lugar.

Se verificó que el rendimiento académico del grupo de control que recibió netamente clases expositivas comparado con el grupo experimental que recibió la asignatura con la ayuda de la aplicación móvil, hay una mejora del 43,85 % en cuanto al nivel de aprendizaje adquirido.

Las hipótesis planteadas en la investigación fueron debidamente validadas mediante un proceso estadístico, que permite sustentar el incremento en el rendimiento académico.

Un sistema interactivo como estrategia metodológica, permite que los estudiantes realicen una manipulación dinámica del conocimiento, coadyuvando al docente en el proceso enseñanza aprendizaje

Bibliografía

- Goikoetxea, E. (2012). Las dificultades específicas del aprendizaje en el albor del siglo XXI. *Revista Electrónica de Investigación Y Evaluación Educativa*, vol. 18, no. 2.
- Guisasola, J., Almudí, J., & Zubimendi, J. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. vol. 88. *Science Education*, 443–464.
- Gutierrez, E. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la F.C.E.F. y N. de la U.N.C. vol. 27. *Revista de Enseñanza de la Física*, 89–96.
- Muriel, C., & Vidal, J. (2012). *Aplicaciones físico matemáticas para la enseñanza en alumnos de primer curso de grados de ciencias e Ingenierías*. Proyectos de Innovación y Mejora Docente.



ERGONOMÍA, FACTORES HUMANOS Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

CAPÍTULO
3

Administración de las Empresas enfocado al riesgo ergonómico

Evelin Casandra Zambrano Chávez

cassandra.zambrano@gmail.com

Instituto tecnológico Superior Vicente León

Miguel Ángel Mena Franco

migmen315@gmail.com

Instituto tecnológico Superior Vicente León

Jenny Maricela Criollo Salinas

jennycriolloosalinas@gmail.com

Instituto tecnológico Superior Vicente León

Resumen

La administración del riesgo ergonómico es un factor primordial de las empresas y para el Técnico de Seguridad y Salud Ocupacional, las mismas que deben cumplir con la normativa legal del Ecuador y de instituciones de control como el IESS y evitar al empleador sanciones económicas por no cumplimiento del bienestar de sus trabajadores. El desarrollo de esta investigación fue identificar y evaluar riesgos ergonómicos que pueden producir lesiones o trastornos músculo esqueléticos ocasionadas por manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos en los empleados del Hotel "El Patio Andaluz" - Quito. Se aplicó técnicas e instrumentos de investigación diagnóstica, de campo, bibliográfica, exploratorio y descriptiva, con los resultados obtenidos se constató que la mayoría de trabajadores operativos, desconocen sobre riesgos y lesiones músculo esqueléticas , no cuentan con programa de vigilancia de salud ocupacional adecuado y la inexistencia de procedimientos y/o instructivos de trabajo para corrección y prevención de riesgo ergonómico, esto permitió elaborar un procedimiento de prevención en la manipulación manual de cargas y un instructivo para prevención de lesiones por movimientos repetitivos y posturas forzadas de los trabajadores; que ha dado como resultado un mejor desenvolvimiento y disminución de riesgo ergonómico.

Palabras Clave: Posturas forzadas, riesgo ergonómico, salud ocupacional

Abstract

The management of ergonomic risk is a primary factor of the companies and the Occupational Health and Safety Technician, who must comply with the legal regulations of Ecuador and control institutions such as the IESS and avoid the employer economic sanctions for non-compliance with the welfare of its workers. The development of this research was to identify and evaluate ergonomic risks that can produce injuries or musculoskeletal disorders caused by manual manipulation of loads, forced postures and repetitive movements in the employees of the Hotel "El Patio Andaluz" - Quito. Techniques and instruments of diagnostic, field, bibliographic, exploratory and descriptive research were applied, with the results obtained it was verified that the majority of operative workers, do not know about risks and musculoskeletal injuries, do not count on an adequate occupational health surveillance program and the lack of procedures and / or work instructions for correction and prevention of ergonomic risk, this allowed to develop a prevention procedure in the manual handling of loads and an instruction

for prevention of injuries by repetitive movements and forced postures of workers; which has resulted in better performance and reduced ergonomic risk.

Key Words: Forced postures, ergonomic risk, occupational health

Introducción

Los estudios garantizan que diferentes niveles de exposición a factores de riesgo ergonómicos presentes en el trabajo como manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos; se asocian al desarrollo de trastornos osteomusculares; los mismos que conllevan a la disminución del rendimiento laboral de los trabajadores.

Para determinar estos tipos de lesiones osteomusculares, se ha observado los puestos de trabajo para analizar las causas que originan las lesiones; estas causas son: La ubicación de los elementos de trabajo, las maniobras en el manejo de cargas, la permanencia de la actividad a desarrollar, las posturas adoptadas para la ejecución de las tareas, y los movimientos reiterados consecutiva y frecuentemente.

Los efectos de estas actividades van desde las molestias ligeras hasta la existencia de una verdadera incapacidad en las personas que realizan dichas actividades durante su jornada laboral. Desde el punto de vista biomecánico existen numerosos trabajos en los que el trabajador debe asumir esta serie de acciones inadecuadas en la mayoría de los casos.

Es por eso que el presente trabajo se realizó con el fin de identificar y evaluar la relación existente entre las distintas tareas realizadas por los trabajadores que ocupan los puestos de trabajo de cocinero, posillero, camarera, mesero y botones del hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito, y las lesiones y trastornos osteomusculares que puedan ser ocasionadas como consecuencia de su desempeño en el ámbito laboral. Así de esta forma contribuir a mejorar las condiciones de su trabajo y buscar que tengan un rendimiento laboral óptimo en la empresa, al mismo tiempo de precautelar su salud.

Con la elaboración del procedimiento óptimo de trabajo se minimizó el riesgo de lesiones osteomusculares ocasionados por manipulación de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos en los empleados del hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito que trabajan en los puestos de cocinero, posillero, camarera, mesero y botones.

Se elaboró un procedimiento de trabajo seguro para la realización manipulación de cargas, y un instructivo para realizar trabajos en las se tengan que adoptar posturas forzadas y realizar

movimientos repetitivos durante las actividades de los empleados del Hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito que trabajan en los puestos de cocinero, posillero, camarera, mesero y botones; que han dado como resultados un mejor desenvolvimiento de las actividades a realizarse y esto hace que el nivel de riesgo disminuya.

Importancia del Problema

La necesidad de prevenir, minimizar y controlar los factores de riesgo causantes de lesiones osteomusculares en las persona, ocasionadas por la actividad laboral, nos exigió a tomar e implementar medidas tendientes que nos permiten dar a los trabajadores soluciones oportunas y de esta manera disminuir los efectos derivados del problema planteado.

La importancia de esta investigación radicó en determinar la relación existente entre los trabajadores que ocupan los puestos de cocinero, posillero, camarera, mesero y botones del hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito con las diversas actividades y acciones realizadas por cada trabajador, que lleva a la obtención de lesiones osteomusculares que conducen a que los trabajadores adquieran algún grado o tipo de enfermedad laboral ya sea esta parcial o total. Si bien es cierto los programas de seguridad y salud ocupacional realizados en este hotel, tienen como propósito el cuidado y mantenimiento de la salud de los trabajadores.

Este estudio permitió evidenciar las áreas más críticas de esta empresa, aportando información de los diferentes factores de riesgo a nivel del personal que labora en los puestos de cocinero, posillero, camarera, mesero y botones del hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito, sirviendo como respaldo a futuras investigaciones que intenten aclarar o responder las dudas presentes en este tema.

La importancia de esto recayó en la identificación y evaluación de las variantes del trabajo y las posibles intervenciones que se pueden realizar, desde el punto de vista ergonómico o a través de la aplicación de métodos de trabajo rotacional o multifuncional.

Por último, al realizar este estudio, existe una visión de los problemas que enfrenta el sistema de trabajo a nivel hotelero, y de los posibles métodos de intervención con el fin de disminuir la carga de trabajo, mejorar la eficiencia de los empleados y disminuir los costos asociados a las lesiones osteomusculares y al ausentismo laboral.

Metodología

El presente trabajo de investigación requirió de una metodología exploratoria descriptiva con investigación de campo y bibliográfica, la misma que se realizó con la observación directa para sustentar la construcción del cuerpo del documento, para esta actividad se utilizó los siguientes métodos de evaluación en la parte técnica.

Métodos a Utilizarse para la Evaluación de los Riesgos Ergonómicos

Riesgo	Riesgo Evaluado	Método Utilizado
Ergonómico	Manipulación manual de cargas	Guía Técnica para la evaluación de la manipulación manual de cargas INSHT
	Posturas forzadas	Norma ISO 11228-3; y UNE EN 1005-5, ISO 11226
	Movimiento repetitivo	OCRA (Occupational Repetitive Actions)

Fuente: Producción Propia

Métodos Utilizados para la Evaluación de Manipulación Manual de Cargas.

Existen varios métodos para evaluar MMC, no es el propósito del presente trabajo la discusión y el análisis de cada uno de ellos, sin embargo, a continuación se describen brevemente de que se tratan:

- a) **NIOSH lifting Equation.**- Herramienta usada para evaluar el levantamiento de cargas, este método permite al usuario colocar las condiciones exactas del levantamiento, como son: peso, distancia del levantamiento, altura, posición del peso con relación al cuerpo, etc. Esta ecuación se usa para levantamientos asimétricos y objetos que son difíciles de agarrar.
- b) **ACGIH Threshold Limit Values (TLVs) for Lifting.**- Ésta es una guía de la ACGIH utilizada para el levantamiento seguro, en la cual se exponen los valores límites umbrales (TLVs) recomendados para levantar y bajar cargas, basados en la frecuencia, duración y otros riesgos asociados con el levantamiento de cargas.

- c) ***University of Michigan 3D Static Strength Prediction Program.*** - Consiste en un software que utiliza valores predictivos para los requerimiento de fuerza estática como son levantamiento, presión, empuje, y desplazamiento de cargas. Este programa provee una simulación aproximada del trabajo que incluye posturas, parámetros de fuerza, y antropometría según el sexo del individuo. Los resultados incluyen el porcentaje de hombres y mujeres expuestos a estos riesgos y que tienen la fuerza para ejecutar el trabajo descrito, las fuerzas de compresión mecánica y datos comparativos con las guías NIOSH. El usuario puede analizar los giros del tronco, doblamiento y fuerzas de entrada manuales complejas; estos análisis se realizan mediante ilustraciones gráficas humanas tridimensionales.
- d) ***Snook's Psychophysical Tables.*** - Consiste en tablas basadas en datos psicofísicos y pesos máximos aceptables para varias tareas comunes que incluyen levantar y bajar pesos, la fuerza que se ejerce en el empuje y desplazamiento de cargas. Los valores están dados por la altura, número de cargas por minuto, percentiles de hombres y mujeres que sean ideales para la tarea.
- e) ***El Método EWA.*** - Consiste en analizar el peso de la carga, la distancia horizontal entre la carga y el cuerpo (distancia de agarre), y la altura de alzamiento. Este método ha desarrollado unas tablas con valores específicos para unas buenas condiciones de manejo, se deben realizar las mediciones y luego compararlas con las establecidas en las tablas para determinar si lo medido es adecuado o no.
- f) ***Método ERGO-IBV.*** - Es un protocolo de cálculo de riesgos debido a carga física, desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, está basado en diferentes métodos y ha desarrollado un programa informático que es el que se utiliza en la evaluación.

Métodos Utilizados para la Evaluación de Movimiento Repetitivo de extremidades superiores

Check list O.C.R.A. (Occupational Repetitive Action)

En los años 1700, Ramazzini (1987) describió afecciones causadas por movimientos violentos, irregulares y que suponen posturas insólitas y subrayó que el esfuerzo que debían realizar las manos y los miembros superiores de los copistas causaba déficits funcionales en su mano derecha. A finales del 1900 se observaron manifestaciones similares en zapateros sastres y orde-

ñadores (Brendstrup, 1997). Las patologías laborales debidas a movimientos repetitivos representan la mayor parte de lesiones musculo-esqueléticas y de los nervios periféricos en la población laboral, por esta razón y, previa la identificación inicial, sabemos que en la sección de pulido los trabajadores están expuestos a este tipo de riesgos por esta razón se ha optado evaluar con el método *Ckeck List OCRA*.

El método *Ckeck List OCRA* para la evaluación del riesgo asociado a movimientos repetitivos de los miembros superiores es uno de los que mejores resultados se obtiene en este tipo de evaluaciones; el *Ckeck List OCRA* centra su estudio en los miembros superiores del cuerpo, permite prevenir problemas tales como la tendinitis en el hombro, la tendinitis en la muñeca o el síndrome del túnel carpiano, descritos como los trastornos músculo-esqueléticos más frecuentes debidos a movimientos repetitivos.

El *Ckeck List OCRA* tiene como objetivo alertar sobre posibles trastornos, principalmente de tipo músculo-esquelético (TME), derivados de una actividad repetitiva.

Resultados y Discusión

Una vez que se ha efectuado la investigación de campo para recolectar toda la información correspondiente se procedió a analizar e interpretar resultados obtenidos encuestas que fueron dirigidos a los trabajadores de los puestos evaluados del Hotel “el Patio Andaluz” de la ciudad de Quito.

Para lo cual se utilizó una serie de cálculos, cuadros y fórmulas estadísticas, las mismas que se esquematizan, analizan e interpretan a continuación siendo estas las más relevantes:

Pregunta N° 01:

¿En su puesto de trabajo se realiza manipulación manual de cargas que sobrepasen los 3 Kg. de peso?

Tabla 1.
Manipulación Manual de Cargas

Opciones	Respuestas	Porcentaje %
Muy frecuente	12	38
Frecuente	17	53
Rara vez	3	9
No se realiza	0	0
Total	32	100

Fuente: Personal operativo del Hotel El Patio andaluz

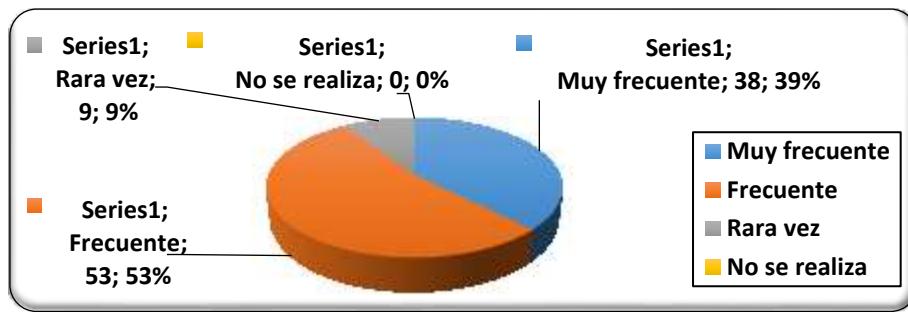


Figura 1.
Manipulación Manual de Cargas
Fuente Elaboración propia

En lo referente a la pregunta, si en sus puestos de trabajo manipulan pesos superiores a 3 kg. El 38% indican que manipulan muy frecuente, el 53% mencionan que lo hacen de manera frecuente y el 9% indica que lo realiza muy rara vez, como podemos observar, por lo tanto se deduce que todos trabajadores manipulan objetos que sobrepasan los 3 kg., de peso dentro de las actividades que realizan en su puesto de trabajo unos con más frecuencia que otros.

Pregunta N° 2:

¿Cree usted que las molestias que presenta en su cuerpo se deben a las actividades realizadas por la manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos?

Tabla 2.
Causas de las Molestias

Opciones	Respuestas	Porcentaje %
Totalmente	9	28
Medianamente	14	44
Parcialmente	6	19
Para nada	3	9
Total	32	100

Fuente: Elaboración propia

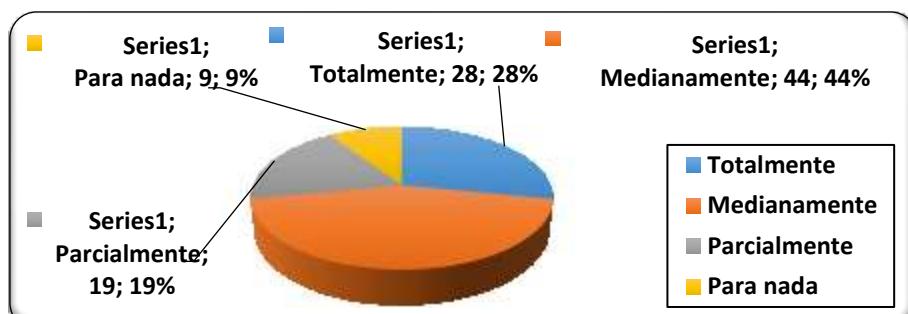


Figura 2.
Causas de las Molestias
Fuente: Elaboración propia

En esta pregunta se obtiene que el 44% de trabajadores encuestados cree medianamente que las molestias que presentan en su cuerpo son causadas por las actividades que realizan en su puesto de trabajo, el 28% piensa totalmente, el 19% cree de manera parcial, mientras que el 9% dice que las molestias no son causadas por el trabajo, se evidencia que es necesario realizar un estudio para determinar si dichos dolores son causados por efecto de su trabajo o por algún otro factor.

Pregunta N° 3:

¿Conoce acerca de la existencia de algún instructivo o de procedimientos para manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos en el Hotel?

Tabla 3.
Existencia de Procedimientos

Opciones	Respuestas	Porcentaje %
Totalmente	2	6
Medianamente	2	6
Parcialmente	3	9
No conoce	25	78
Total	32	100

Fuente: Personal operativo del Hotel El Patio andaluz

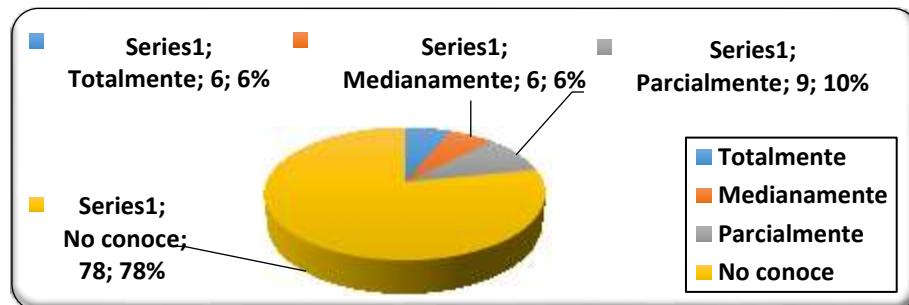
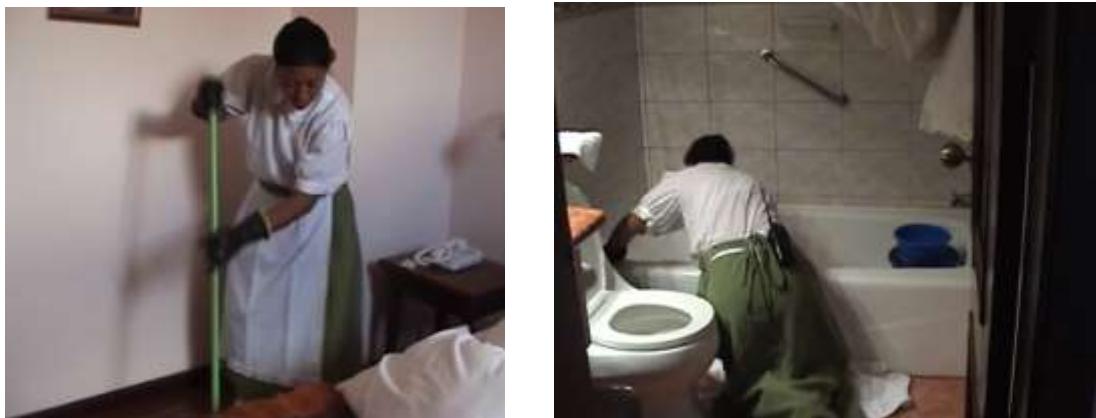


Figura N° 3
Existencia de Procedimientos
Fuente: Elaboración propia

De las 32 personas encuestadas se obtiene que el 78% no conoce de ningún procedimiento o instructivo dentro del hotel para realizar trabajos de manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos y posturas forzadas, el 10% manifiesta que conocen parcialmente, un 6% dice que conoce medianamente y el otro 6% conoce totalmente de la existencia de estos procedimientos e instructivos.

A continuación se presenta resultados más relevantes de un puesto de trabajo, aplicando el método *Check List OCRA*.

Posturas Forzadas (Camarera)



Descripción de Tareas y Subtareas			
Tarea	Subtarea	Minutos Empleados	%
Limpiar baños	Limpiar y secar tinas y lavabos y tazas de baños.	140,0	29%
Barrer habitaciones, limpiar polvos	Barrer, trapear y limpiar polvos de habitaciones.	140,0	29%
Tender camas	Tender camas de las habitaciones.	200,0	42%
Total		480,0	100%

A Valorarse	
Tarea	Limpiar baños
Subtarea	Limpiar y secar tinas y lavabos y tazas de baños.

Resumen Nivel de Riesgo Encontrado	
Posturas Estáticas	Posturas Dinámicas
Zona del Tronco	Zona del Tronco
Zona de la Cabeza y Cuello	Zona de la Cabeza y Cuello
Hombro y Brazo	Brazos Muñecas
Antebrazo y Muñeca	Codos
Rodilla	Rodilla
Tobillo	Tobillo

	No Recomendable
	Aceptable

	Riesgo Aceptable
	Riesgo No Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Luego de haber efectuado el proceso de Análisis e Interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación, se procede a manifestar lo siguiente.

Se concluye que en el proceso de investigación realizado se constató que la mayoría de trabajadores operativos del Hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito, no tienen conocimientos de que son lesiones músculo esqueléticas, ni de los riesgos que conducen a estas lesiones como son el levantamiento manual de cargas, la adopción de posturas forzadas para realizar ciertas actividades y de las tareas repetitivas de las extremidades superiores.

Además los trabajadores del Hotel “El Patio Andaluz” de la ciudad de Quito no cuentan con un programa de vigilancia de la salud adecuado que permita identificar o diagnosticar la presencia de alguna molestia en el trabajador, y saber si estas molestias están relacionadas con sus actividades laborales.

Según encuestas realizadas el Hotel “El Patio andaluz” de la ciudad de Quito no cuenta con procedimientos y/o instructivos de trabajo para la corrección y prevención de riesgo ergonómico que ayude a contrarrestar las enfermedades ocupacionales como son las lesiones músculo esqueléticas, y que indiquen como se deben realizar las actividades donde se tenga que manipular cargas u objetos, adoptar posturas forzadas o realizar movimientos en forma reiterada.

Bibliografía

- Álvarez E, Hernández A, Tello S,(2009) *Manual de evaluación de riesgos para la prevención de trastornos musculo esqueléticos*. Editorial Factors Humans, Barcelona-España.
- Baker, W. (2010). *Las actividades laborales y sus riesgos*. Madrid: Díaz de Santos.
- B. Moreno J. (2007) *Ergonomía y Psicosociología*. Editorial Escuela Juan Basteiro.
- A. Muñoz (2008) *La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones* Editorial: Fundación para el fomento de la innovación industrial. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relativos a la Manipulación Manual de Cargas, del INSHT.
- AENOR, (2002). UNE-EN 1005-1. *Seguridad en las máquinas. Comportamiento físico del ser humano*. Parte 1: Términos y definiciones.

AENOR, (2004). UNE-EN 1005-2. *Seguridad en las máquinas. Comportamiento físico del ser humano*. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes.

AENOR, (2004). UNE-EN 1005-4. *Seguridad en las máquinas. Comportamiento físico del ser humano*. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.

AENOR, (2007). UNE-EN 1005-5. *Seguridad en las máquinas. Comportamiento físico del ser humano*. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia.

Colombini, D., Occhipinti, E., Fanti, M., (2005). *Il Método OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti*, Franco Angeli, Milano.

Colombini, D., Occhipinti, E., Alvarez-Casado, E., Hernandez-Soto, A., Waters, T., (2009). *Procedures for collecting and organizing data useful for the analysis of variable lifting tasks and for computing the VLI*. Proceedings of the i7th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, August 9-14, 2009, Beijing, China. Taiwan, ROC: International Ergonomics Association.

ISO, (2000). ISO 11226. *Ergonomics - Evaluation of static working postures*.

ISO, (2003). ISO 11228-1. *Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting and carrying*.

ISO, (2006). ISO 11228-2. *Ergonomics - Manual handling - Part 2: Pushing and pulling*.

ISO, (2007). ISO 11228-3. *Ergonomics - Manual handling - Part 3: Handling of low loads at high frequency*.

Occhipinti, E., Colombini, D., (2007). Updating reference values and predictive models of the OCRA method in the risk assessment of work-related musculoskeletal disorders of the upper limbs. *Ergonomics*, Vol. 50, No. 11

Schaefer, P., Boocock, M., Rosenberg, S., Jager, M., Schaub, Kh. (2007). A target-based population approach for determining the risk of injury associated with manual pushing and pulling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, No 37.

Waters, T., Lu, M. -L, Occhipinti, E., (2007). New procedure for assessing sequential manual lifting jobs using the revised NIOSH lifting equation. *Ergonomics*, Vol. 50, No. 11, 1761-1770.

Waters, T., Putz-Anderson, V., Garg, A., (1994). *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. U.S. Departament of health and Human Services. Cincinnati Ohaio 45226.

Waters, T., Occhipinti, E., Colombini, D., Alvarez-Casado, E., Hernandez-Soto, A., (2009). *The Variable Lifting Index (VLI): A New Method for Evaluating Variable Lifting Tasks Using the Revised NIOSH Lifting Equation*. Proceedings of the i7th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, August 9-14, 2009, Beijing, China. Taiwan, ROC: International Ergonomics Association.

Juan Rubio Romero (2004) *Métodos de evaluación de riesgos laborales*.

“Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Manipulación manual de cargas”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España.

“Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”, 1986 decreto ejecutivo 23-93. Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones

Automotización de Una Silla de Ruedas Mediante Aplicaciones Móviles

Jorge Enrique López Lozada

georgehola@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico Bolívar

Christian Fernando Manobanda Pinto

christianmanobanda@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico Bolívar

Carlos Anibal Camana Castro

carloscamana@hotmail.com

Instituto Superior Tecnológico Bolívar

Resumen

La automatización de una silla de ruedas mediante aplicaciones móviles mejora las condiciones de vida de una persona con discapacidad que de acuerdo a la investigación realizada pertenecen a un grupo vulnerable de la población ecuatoriana con extrema pobreza constituyéndose en el problema de estudio, mediante la aplicación del método científico que está basado en la observación y la experimentación, el tipo de investigación es mixta porque recolecta, analiza y vincula datos cualitativos y cuantitativos en una sola investigación, se logró la incorporación de accesorios adicionales que son controlados con la conectividad a un dispositivo móvil. Esta innovación tecnológica fue diseñada para generar mayor inclusión para las personas con diferentes discapacidades, permite menos esfuerzo físico y ofrece la posibilidad de ser operada por un acompañante. El valor agregado de este producto es la reducción de costos mediante el uso de instrumentos electrónicos de vehículos que son acoplados a una silla de ruedas tradicional, y que gracias a la programación se los puede controlar. En el mercado existen sillas de ruedas eléctricas que tienen un costo elevado limitando su adquisición a la población de bajos recursos económicos, motivo por el cual se elaboró un producto que permite reducir costos y tener mayores beneficios. La silla diseñada obtiene el resultado esperado y está operando efectivamente tanto mecánica como tecnológicamente

Palabras Clave: Automatización, Discapacidad, Tecnología, Inclusión, Conectividad

Abstract

The automation of a wheelchair by using mobile applications improves the living conditions of a person with disabilities, taking into account the research carried out they belong to a vulnerable group of the population that has extreme poverty. Thus, they become the study problem. By using the application of the scientific method that is based in observation and experimentation the incorporation of additional accessories that are controlled by a mobile device through connectivity was achieved. This technological innovation was designed in order to generate more inclusion for people with different disabilities. It allows less physical effort from the person and it offers the possibility to be operated by a companion. The added value of the product is the cost reduction by using electronic devices of vehicles that are incorporated in a traditional wheelchair. Programming allows to control them. In the market there are electronic wheel chairs that are expensive, thus, limiting its purchase to the population with low economic income. For this reason, this product that allows to reduce costs and has more benefits was

developed. The designed wheelchair obtains the expected outcome and it is operating mechanically as well as technologically effectively.

KeyWords: Automation, Disability, Technology, Inclusion, Connectivity.

Introducción

La inclusión es un tema prioritario a nivel mundial y consiste en brindar condiciones de vida que eliminan las barreras de movilización, comunicación y acceso a la educación con la finalidad de reducir la dependencia de una persona. Aproximadamente el 15% de la población en el mundo posee alguna discapacidad, debido a esto no pueden realizar sus actividades cotidianas de manera autónoma (Informe Mundial Sobre La Discapacidad, 2011).

El Ecuador en el Plan Nacional de Desarrollo dio énfasis a la inclusión logrando grandes resultados en la adaptación de espacios públicos y turísticos para que sean accesibles a toda la población, haciendo de la inclusión un tema de prioritario de gobierno (SENPLADES, 2009). La tecnología con su avance ha dotado de varios elementos que deben ser utilizados para ser apoyados en iniciativas que aporten a la solución de las dificultades que se presentan para una persona con discapacidad física que utiliza una silla de ruedas, la misma que debe esforzarse diariamente para lograr cumplir con sus actividades cotidianas constituyéndose éste en el problema central a resolver en la presente investigación.

Incorporar un sistema electrónico a una silla de ruedas tradicional mediante la adaptación de motores eléctricos, brinda la posibilidad de eliminar soluciones comunes que hasta ahora se han generado como el reducir el peso de la silla mediante el uso de materiales livianos (*Fundacion open wheelchair, 2015*). Controlar la silla desde un dispositivo móvil posibilita obtener un mayor alcance de beneficiarios debido a las diversas discapacidades que puede presentar una persona, logrando así mejorar sus condiciones de vida.

Investigar los tipos de motores apropiados que faciliten mover una silla de ruedas es un paso esencial, debido a que debe cumplir con características de fácil reemplazo, bajo costo y principalmente entregue resultados óptimos. Analizar los dispositivos electrónicos que ayuden a operar los motores con las características requeridas tanto en funcionalidad como en rendimiento, de tal manera que brinde movilidad a la silla. La conectividad inalámbrica a un dispositivo móvil para operar el sistema es el elemento primordial que garantiza la inclusión de la tecnología a la solución de problemas de movilidad.

Importancia del Problema

En Ecuador existe un número elevado de personas con discapacidad física, que según el Consejo de Discapacidades asciende a 212.766, de los cuales 52.809 reciben bonos y pensiones por parte del gobierno ecuatoriano ya que viven en condiciones de extrema pobreza (CONADIS, 2018), debido a esto el tema de inclusión ha sido analizado y ha brindado información importante sobre la relación que existe entre las condiciones socioeconómicas de una persona con discapacidad y estilo de vida de sus familias, que en su mayoría tiene una repercusión financiera debido a la responsabilidad que recae directamente sobre las personas que conviven con ellas, motivo por el cual el gobierno ha apoyado económicamente con programas solidarios que no sustentan en su mayoría la posibilidad de adquirir sillas de ruedas apropiadas debido a los costos que estas tiene en el mercado.

Actualmente existen rampas en varios lugares que facilitan el acceso para personas con discapacidad, las mismas manifiestan que no tienen fuerza en sus extremidades superiores para movilizarse de manera autónoma o a su vez que dependen de otra persona para trasladarse de un lugar a otro incluso dentro de sus propios hogares, este problema generalmente no ha sido cubierto por la ayuda parcial que recibe una persona con discapacidad, ya que en el mejor de los casos recibe una silla de ruedas por donación o por adquisición propia, pero en muchos casos solo le sirve para que se pueda movilizar cuando está acompañada.

Una silla de ruedas tradicional no presta condiciones de movilidad a personas que poseen una discapacidad física sea esta cerebral, espinal, óseo-articular, muscular o que supere el 50% de su cuerpo, por lo tanto es imprescindible dotar de características que favorezca a estas personas en procesos inclusivos. Hay que tomar en consideración a “la discapacidad motriz como la pérdida o alteración de una estructura o una función psicológica, fisiológica o anatómica” (OMS, 2011). Por lo tanto es responsabilidad de la educación superior, sector empresarial y del estado apoyar a la solución de estos problemas.

Metodología

La metodología científica que se utiliza en esta investigación está basado en la observación y la experimentación, el tipo de investigación es mixta porque recolecta, analiza y vincula datos cualitativos y cuantitativos en una sola investigación, es del tipo factible puesto que está en concordancia con los objetivos planteados y la finalidad con la que se desarrolló el proyecto,

es decir, se desarrolla un prototipo orientado a proporcionar una solución a un problema planteado en un ambiente real. Este proyecto se apoyó en un diseño de campo, puesto que los datos requeridos para la investigación fueron obtenidos directamente de una silla de ruedas en funcionamiento.

Esta investigación que se desarrolla parte la necesidad de dotar de una silla de ruedas eléctrica para personas de bajos recursos económicos mediante una adaptación de un sistema que permita abaratar costos mediante el uso de recursos existentes en vehículos como es el caso de los motores de plumas de transporte pesado, que brindan características funcionales necesarias y de fácil accesibilidad en el caso que se requiera reemplazo de partes o piezas. Esto solucionará el problema del desplazamiento para lo cual se requiere incorporar un soporte de ejes adicionales a las ruedas que permita la conexión del motor independiente en cada una.

Para lograr la conectividad entre la silla y un dispositivo móvil se adaptó el Arduino1 IDE con un lenguaje de programación *Processing/Wiring* que al ser una plataforma de hardware libre y posee un entorno de desarrollo, los modelos *Atmel AVR* más utilizados son *Atmega168*, *Atmega328*, *Atmega1280*, *ATmega8*, lo que facilitó la automatización notablemente, cuya programación se la puede observar en la sección de Anexos: Software de Operación.

El siguiente paso es trabajar con la electricidad tanto de las baterías que sirven para tracción como las que se utilicen en el circuito, en este sentido el puente H IBT-2 es ideal para proyectos de robótica además de que es compatible con la mayoría de micro controladores y tecnologías más populares como es Arduino, PIC, AVR, DSP, STM32, etc. y solo se ocupa unos cuantos pines para su control y presenta las siguientes características para su instalación:

- Estructura de chip dual BTN7960B / BTS7960 (corriente máxima 43A)
- Controlador de memoria intermedia 74HC244 para un mejor aislamiento.
- Conexión de 5 hilos de MCU al módulo: GND, 5V, IN1, IN2, EN
- Voltaje de funcionamiento: DC 8 ~ 24V
- Entrada máxima de frecuencia de 25 kHz
- Tamaño: 46 mm (L) x 46 mm (W)
- Altura máxima total: 38 mm (incluido el disipador térmico, el condensador y las alturas de los conectores)

La programación de la app inventor 2 permite trabajar en bloques de manera sencilla e incluso para principiantes, incorpora lenguaje de programación tradicional que reduce tiempo y brinda

características funcionales para dispositivos Android. Esta aplicación está disponible gratuitamente para su descarga y operación (ver Gráfico 3: App *Carro_bluetooth*).

Luego se incorpora baterías Panasonic 12 voltios y 17 amperios que se caracterizan por ser recargables y poseen una característica primordial que pueden descargarse completamente sin perder funcionalidad ni presenta afectación en el tiempo de vida, las principales características son:

- La batería es especialmente adecuada para sistemas de vehículos eléctricos y herramientas de mano.
- Cuando se utiliza en un entorno seguro, la batería no necesita mantenimiento, añadiendo agua es innecesario y puede ser recargada en repetidas ocasiones.
- Con aislado sellado, no se limita a la dirección, la posición en su lugar. Se puede poner en modo horizontal, forma vertical y lateral, su seguridad y funciones totalmente no se verán afectados.
- Larga vida, la baja tasa de auto descarga y alta fiabilidad.
- Permite descarga profunda.
- ISO9001, 14001.

Para cumplir con el objetivo de operar la silla desde un dispositivo móvil se agregó un *bluetooth* que facilitó el proceso de conectividad a una app gratuita. EL modulo Bluetooth HC-06 viene configurado de fábrica como Esclavo y no se lo puede cambiar, pero otras características si las podemos configurar usando comandos AT, estas caracterizas vienen por defecto con valores predeterminados que se muestran a continuación:

- Nombre por defecto: “linvor” o “HC-06”.
- Código de emparejamiento por defecto: 1234.
- La velocidad por defecto (baud rate): 9600.

Finalmente, el uso del Módulo HC-06 permite la conectividad con el *bluetooth* haciendo posible la comunicación entre el sistema y el dispositivo móvil con todos los beneficios que posee la app que debe estar previamente instalada en el equipo, la cual usa dos estados:

Modo AT (Desconectado):

- Entra a este modo tan pronto alimentas el módulo, y cuando no se ha establecido una conexión bluetooth con ningún otro dispositivo.
- El LED del módulo está parpadeando (frecuencia de parpadeo del LED es de 102ms).
- En este modo es cuando se debe enviar los comandos AT en caso se quiera configurar, si se envían otros datos diferente a los comandos AT el HC-06 los ignorará.

Modo Conectado:

- Entra a este modo cuando se establece una conexión con otro dispositivo bluetooth.
- El LED permanece prendido sin parpadear.
- Todos los datos que se ingresen al HC-06 por el Pin RX se transmiten por bluetooth al dispositivo conectado, y los datos recibidos se devuelven por el pin TX. La comunicación es transparente.
- En este Modo el HC-06 no puede interpretar los comandos AT.

Resultados

En etapa de pruebas se utilizó un motor de vehículo pequeño para tracción de la silla que no prestaba la fuerza necesaria y se reemplazó con motores utilizados en camiones que tienen mayor potencia y de forma independiente en cada rueda, con esto no se pierde la funcionalidad de giro de la silla en espacios reducidos que es una característica fundamental y teniendo la posibilidad de desactivar el sistema automático para operarlo manualmente en el caso de ser requerido.

Al incorporar el sistema a una silla de ruedas tradicional se aprovecha la comodidad de fábrica que estas brindan y se reduce costos de fabricación ya que diseñarla desde cero representaría mayor inversión, también hace posible que cualquier persona que requiera automatizarla pueda hacerlo sin la necesidad de preocuparse por vender la que tiene para financiarse una nueva.

El manejo desde el dispositivo móvil facilita el uso de la silla abriendo la alternativa de hacerlo inclusivo tanto para la persona con discapacidad como para que el acompañante pueda operarlo, la portabilidad de la app es amplia ya que lo único que se requiere en un sistema operativo android y entre las funcionalidades que brinda es avanzar hacia adelante, atrás, girar y detenerse.

El bluetooth cubre una distancia de 10 metros a la redonda permitiendo incluso guardar la silla o acercarla remotamente, esto para las personas que la usan a diario saben que es una ventaja importante y es una de las principales consideraciones que se tomó para incorporar las tecnologías de la comunicación al proyecto, que sin duda alguna genera expectativa al cambiar la perspectiva de asistencia que debe brindar un producto.

Los resultados fueron los deseados al realizar la puesta en marcha con personas discapacitadas que operaron la silla, se sintieron satisfechas al sentir las mismas funcionalidades sin realizar ningún esfuerzo físico. La gratificación del equipo de trabajo fue aliciente al cumplir una meta y a la vez contribuir al desarrollo de la movilidad de este grupo vulnerable.

Discusión

En inicio se pensó incorporar a la silla un sistema similar al de las bicicletas mediante piñones y cadena conectados a un motor, esto representaba únicamente avanzar hacia adelante pero se perdía la funcionalidad de giro, ya que se requería diseñar un sistema de dirección para las llantas delanteras, adicionalmente la fuerza era insuficiente y se optó por un sistema en cada rueda que fue el más adecuado.

La optimización de espacios también fue un tema necesario ya que se requiere colocar baterías, el módulo electrónico y motores de tracción. Esto adicional a los soportes propios de la silla llevó a la construcción de una base de lata la misma que brinda espacio y afirma los componentes de una manera eficiente.

Las baterías que se seleccionaron fueron gracias a la asesoría por parte de personas que realizan el mantenimiento de motocicletas, debido a que originalmente se deseaba trabajar con ese tipo de baterías, encontrando una limitación en el tiempo de vida al no usarlas correctamente, una batería de moto o automóvil tiene el límite que al descargarse totalmente se deterioran y pese a ser recargarlas en muchos casos pierden su funcionalidad, el problema es cubierto en los vehículos gracias a un alternador que se encarga de mantenerlas cargadas, por tal razón se optó por usar baterías de 12 voltios recargables que brindan la posibilidad que al descargarse totalmente no pierden su funcionalidad, de tal manera que si una persona por motivo de viaje o por no usar la silla un tiempo considerable no hay problema en que la guarde y la recargue cuando desee volver a usarla.

La selección del Arduino fue la mejor opción debido a que es un dispositivo utilizado para varios proyectos electrónicos, este facilita el proceso mediante un micro controlador de entrada y salida, gracias a la conexión mediante cables que se adhieren a los dispositivos que son controlados por medio de programación en app inventor 2.

La elaboración de este tipo de proyectos requiere un cambio de visión tanto de las personas que desarrollan procesos mecánicos enfocados a la industria como de los precursores de la idea, los mismos que no tienen relación directa con la inclusión pero lo ven como un reto el brindar su conocimiento para apoyar a la solución de un problema social.

Proponer un dispositivo móvil que opere la silla en algunos casos dificulta la aceptación inmediata de las algunas personas discapacitadas que se han adaptado a movilizarse por cuenta propia, consideran en primera instancia como dependencia, posteriormente al probar su funcionamiento y los beneficios que ésta otorga terminan aceptando con beneplácito el producto.

La Asociación de Discapacidad de Tungurahua recibió la propuesta con gran expectativa brindando todo su contingente para la ejecución del presente proyecto y manifestaron su gratitud hacia el interés de velar el desarrollo de propuestas para las personas con discapacidad.

Conclusión

La incorporación de la programación permite controlar dispositivos electrónicos dotando de características necesarias para que los motores puedan operarse inalámbriamente y de esta manera cubrir necesidades que son requeridas para controlar artefactos mecánicos y dotarlos de características que brinden atractivas funcionalidades y beneficios a la población vulnerable.

La reutilización de accesorios de vehículos es importante para suplir problemas económicos que en su mayoría es el limitante para la elaboración de proyectos solidarios y que cubran necesidades básicas, la formación técnica y tecnológica promueve a los estudiantes el asumir responsabilidades sociales, ya que en la actualidad se busca ideas que apoyen a mejorar la calidad de vida y las condiciones de salud.

Arduino es una alternativa viable para optimizar procesos gracias a que es gratuito y brinda beneficios en el aporte de mejorar la lógica de programación en los estudiantes, en especial en proyectos de robótica que son llamativos y que provocan un impacto en la sociedad. El fácil

acceso a un dispositivo móvil permite la operatividad en los proyectos y el acceso a aplicaciones gratuitas garantiza la continuidad de los productos que se desarrollan para la población con discapacidad.

Anexos

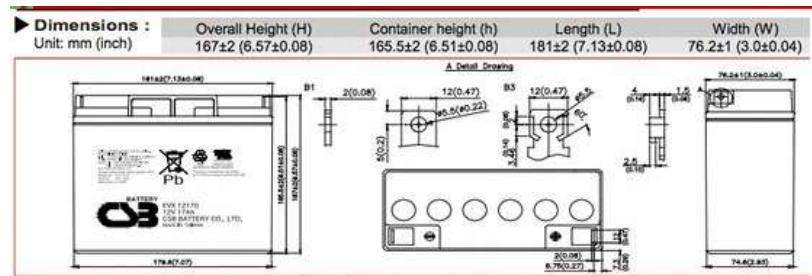


Gráfico 1.

Baterías de 12 voltios

Fuente: https://www.reguerobaterias.es/p9004986_bateria-12-voltios-17-amperios-csb-evx12170.html



Gráfico 2.

App Carro_bluetooth

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 3.

Puente H IBT2 43^a

Fuente: <https://moviltronics.com.co/actuadores/502-modulo-driver-puente-h-para-motor-de-alta-potencia-ibt2-43a.html>



Gráfico 4.
Arduino

Fuente: http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_R3_Front.jpg

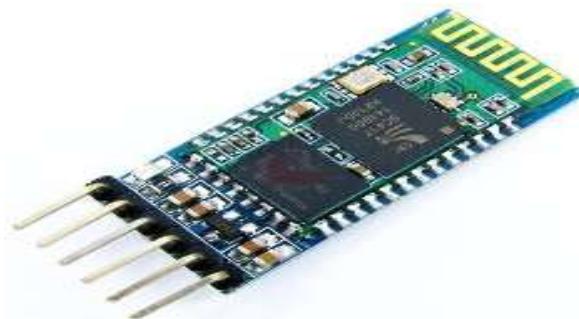


Gráfico 5.
Bluetooth

Fuente: http://botscience.net/store/image/cache/data/products/MODCOM/TEL0001/Bluetooth_Module_bb-500x500.jpg

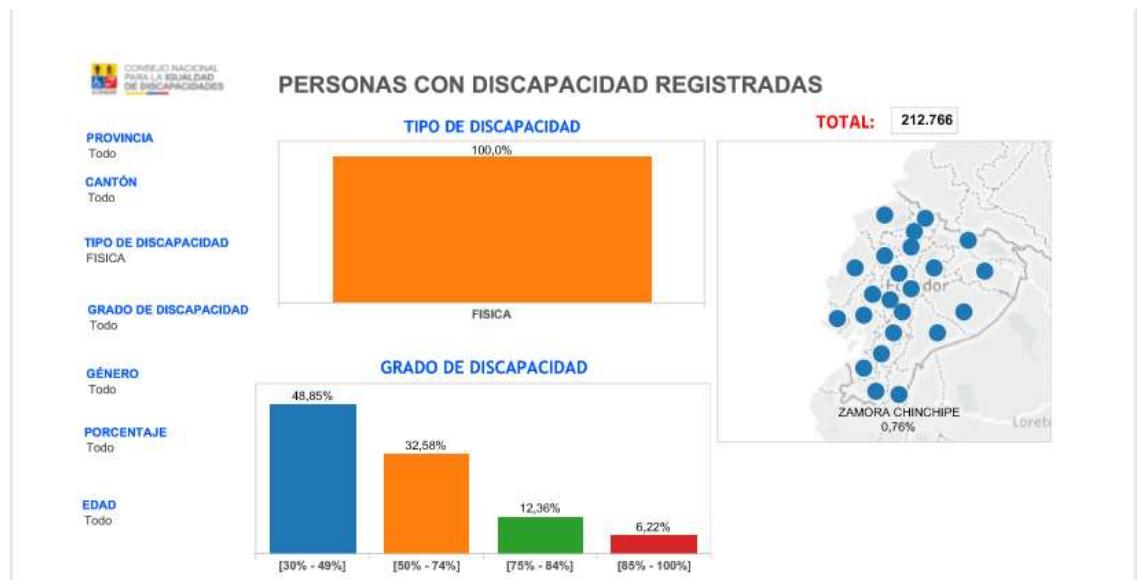


Gráfico 6.
Personas con discapacidad en Ecuador

Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades-CONADIS, 2018

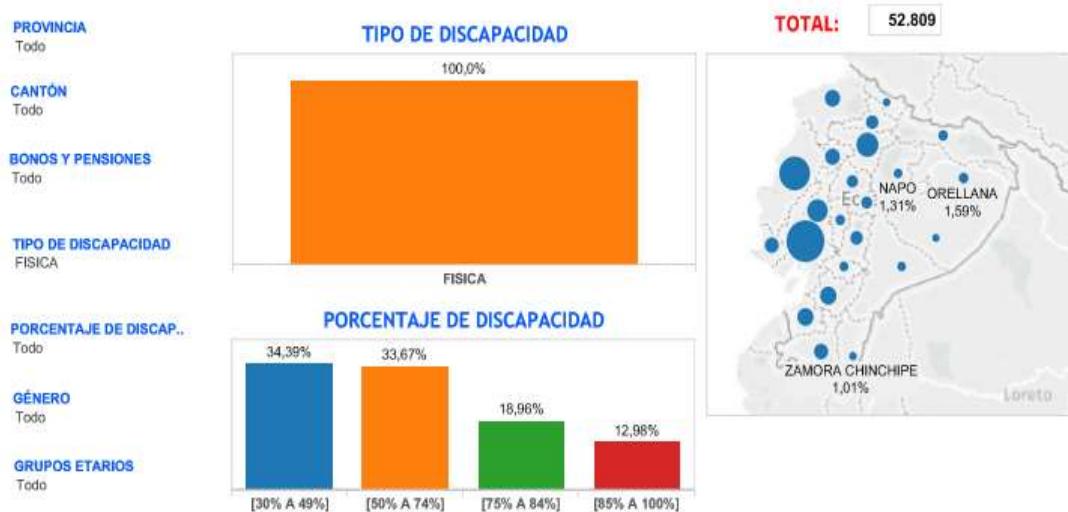


Gráfico 7.

Personas con discapacidad que reciben Bono

Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades-CONADIS, 2018



Gráfico 8.

Mitsubishi Canter Windscreen Wiper Motor Single Wheel 12V

Fuente: <https://www.euautorecambios.es/catalogo-piezas/motor-del-limiaparabrisas-10234>



Gráfico 9.

Silla automatizada con motores

Fuente: Elaboración propia

Software de Operación

ARDUINO L293D(Puente H)

2	10
3	15
4	7
5	2

Conexión del Módulo Bluetooth HC-06 y el Arduino

ARDUINO Bluetooth HC-06

0 (RX)	TX
1 (TX)	RX
5V	VCC
GND	GND

```
/*
int izqA = 2;
int izqB = 3;
int derA = 4;
int derB = 5;
int vel = 255;      // Velocidad de los motores (0-255)
int estado = 'g';    // inicia detenido

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicia el puerto serial para comunicación con el Bluetooth
  pinMode(derA, OUTPUT);
  pinMode(derB, OUTPUT);
  pinMode(izqA, OUTPUT);
  pinMode(izqB, OUTPUT);
}

void loop() {

  if(Serial.available()>0){ // lee el bluetooth y almacena en estado
    estado = Serial.read();
  }
  if(estado=='a'){ // Boton desplazar al Frente
    analogWrite(derB, 0);
    analogWrite(izqB, 0);
    analogWrite(derA, vel);
    analogWrite(izqA, vel);
  }
}
```

```

if(estado=='b'){      // Boton IZQ
    analogWrite(derB, 0);
    analogWrite(izqB, 0);
    analogWrite(derA, 0);
    analogWrite(izqA, vel);

}
if(estado=='c'){      // Boton Parar
    analogWrite(derB, 0);
    analogWrite(izqB, 0);
    analogWrite(derA, 0);
    analogWrite(izqA, 0);

}
if(estado=='d'){      // Boton DER
    analogWrite(derB, 0);
    analogWrite(izqB, 0);
    analogWrite(izqA, 0);
    analogWrite(derA, vel);

}

```

Bibliografia

- CONADIS, &. M. (2018, Diciembre). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Retrieved from <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Fundacion open wheelchair. (2015, 05 28). *Fundación open wheelchair*. Retrieved from <http://openwheelchair.org/>
- OMS. (2011). *Organización Mundial De La Salud*. Retrieved from <https://www.who.int/es>
- SENPLADES. (2009). *Objetivos para el Buen Vivir*. Retrieved from Mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía: <http://plan.senplades.gob.ec/fundamento2>

La gestión de la calidad en el programa 5S, aplicada en cultivos agrícolas

Dennys Fernando Guerrero Uriola

dennys.guerrero@holcim.com

Holcim Ecuado

r

Resumen

En la actualidad la mayoría de las empresas necesitan la implementación de metodologías que les permitan ordenar los puestos de trabajo. En esta investigación se estudia la implementación de la metodología 5S entrenando a la gente para que aplique con disciplina las buenas prácticas de orden y limpieza, permite evitar la ocurrencia de un accidente laboral. El desarrollo de la investigación fue implementar las 5S en la finca INCOVER. La investigación es de tipo cualitativa, aplicando encuestas no estructurada. Con los resultados obtenidos se verifica que los tiempos, antes de la aplicación de la metodología, variaban de acuerdo con el ambiente donde se aplicaron sin embargo ello cambia después del uso de la herramienta; los tiempos son relativamente constantes. Ello se debe a que se estandarizó los procedimientos, esto permitió elaborar varios formatos de orden y aseo; que ha dado como resultado mayor producción y calidad.

Palabras Clave: Metodología, 5S, disciplina, riesgo, trabajo

Abstract

Currently most companies need the implementation of methodologies that allow them to sort jobs. This research explores the implementation of the 5S methodology by training people to apply with discipline good ordering and cleaning practices, allows to avoid the occurrence of an accident at work. The development of the research was to implement the 5S in the INCOVER farm. The research is qualitative, applying unstructured surveys. With the results obtained it is verified that the times, before the application of the methodology, varied according to the environment where they were applied however this change after the use of the tool; times are relatively constant. This is because the procedures were standardized, which allowed the development of various formats of order and toilet; which has resulted in higher production and quality.

Keywords: Methodology, 5S, discipline, risk, work.

Introducción

Las 5S es una técnica de gestión original de Japón y que se basa en 5 fases simples, así las 5S japonesas o las 5S de la calidad son: Seiri (Eliminar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina) (Sacristán, 2005).

La metodología 5S es una herramienta básica en la gestión de calidad, de los sistemas de gestión tipo ISO9001, orientada a reducir los desperdicios, aumentar la productividad y la motivación de las personas (Dorbesson, 2000). Es una herramienta sencilla, la cual pretende facilitarles el trabajo a las personas y hacerle su trabajo más atractivo. Esta herramienta ha sido

aplicada en cultivos agrícolas de tomate que han reducido accidentes de trabajo. Permite identificar los problemas y solucionarlos con facilidad y facilita encontrar las cosas y reducir desperdicios que existen en el puesto de trabajo, mejora de trabajo en equipo, ayuda a los trabajadores a adquirir auto disciplina.

Importancia del Problema

Las auditorías, así como las actividades de medición se realizan en las áreas a lo interno de éstas, su importancia constituye la piedra angular que sostiene el avance del proceso de implementación de las 5S dentro de los Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo para lo que es necesario modelos de listas de chequeo, las cuales son instrumentos flexibles, susceptibles de ser adaptados a los diferentes tipos de entornos productivos (Marielsa, 2009). Las listas de chequeo antes mencionadas se dividen en dos categorías: 1) Listas de chequeo para auditorías, éstas serán aplicadas por auditores externos a las áreas auditadas. 2) Listas de chequeo para seguimiento, éstas consisten en auto-evaluación aplicada por el personal a sus propias áreas. Este programa permitió medir el avance del proceso de implementación del programa 5S; a tal efecto, se propone dentro de esta investigación los formatos de auditorías para evitar sanciones con el Ministerio de Trabajo.

Metodología

El presente trabajo de investigación tiene un alcance exploratorio y descriptivo, la metodología seleccionada para el mismo es de tipo cualitativa dando preeminencia al análisis interpretativo de las situaciones abordadas desde la perspectiva de los participantes antes que la cuantificación de variables. La técnica primordial para la recogida de información ha sido la entrevista no estructurada, la cual permite un rango relativamente amplio de flexibilidad permitiendo libertad a los participantes entrevistados, y la observación participante, haciendo registros narrativos de los fenómenos que son estudiados.

La investigación cualitativa trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura.

LA PRIMERA “S”: SEIRI (SELECCIONAR)

1ro. Identifica las áreas críticas a ser mejoradas.

2do. Elabora un listado de artículos, equipos, herramientas y materiales innecesarios, luego proceda a eliminarlos.

3ro. Establece criterios para descartar artículos innecesarios.

4to. Descarta los artículos innecesarios conforme a criterio previamente establecido.

5to. Agrupa en calidad de almacenamiento temporal (en el patio de la empresa), los artículos innecesarios que han sido desechados en las áreas intervenidas.

6to. Fotografía el cúmulo de artículos desechados, para luego exhibirlos en panel de resultados de 5 S.

7mo. Aplica la tarjeta roja a aquellos artículos sobre cuya utilización se tiene duda. En esta etapa del proceso, se propone como estrategia complementaria “La regla de las 48 horas”, la cual postula que todo lo que no se usa en cuarenta y ocho (48) horas en un área de trabajo, no pertenece a ella.

SEGUNDA “S”: SEITON (ORGANIZAR)

- La frecuencia y secuencia de uso debe ser el criterio primario para organizar documentos, equipos, herramientas, objetos y materiales necesarios en el lugar de trabajo.
- Asumir como criterio complementario el “Principio de las 3 F”:
- Fácil de ver
- Fácil de retornar a la ubicación original
- Fácil accesibilidad
- Organizar los materiales, de tal forma, que el primero en entrar, sea el primero en salir.
- Todo debe tener su nombre y lugar identificado (rotulado).
- Definir nombre, código o color para cada clase de artículo.
- Usar diferentes colores para áreas de piso, lo que debe depender de la función del área.
- Colocar en forma sistemática, herramientas, materiales, y equipos necesarios, de modo que el flujo de trabajo sea constante y estable.
- En máquinas o equipos que requieran frecuentes alistamientos, las herramientas necesarias se deben colocar en áreas centralizadas.
- Usar paneles de herramientas para mostrarlas en forma visual y reducir los tiempos de búsqueda.
- Simultáneamente con la organización, se debe ejecutar un operativo preliminar de limpieza, se limpian lugares sucios y espacios para remover los artículos innecesarios.

	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA POR ÁREAS		
Elaborado por:		Código:	EC – PIM5S – P1.1 – D01
Aprobado por:		Fecha:	12 / 05 / 2019
Identificación:	Las etiquetas usadas en esta propuesta están diseñadas en función de su requerimiento.		
 Etiqueta verde – necesarios	 Etiqueta roja – innecesarios	 Etiqueta azul – maquinaria obsoleta o reparación	 Etiqueta amarilla – limpieza
PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA POR ÁREAS			
ÁREA ADMINISTRATIVA			
<ul style="list-style-type: none"> • Oficinas 			
Antes	Después		
			
Observaciones, recomendaciones y mejoras.			
Zona adecuada con equipos de oficina apropiados	Implementación de archivo		
Limpieza rutinaria	Mantener recomendaciones de limpieza		

Fuente: Procedimiento de orden y limpieza propuesto a ECOINVER, 2019.

TERCERA “S”: SEISO (LIMPIEZA)

- Decidir qué limpiar, implemente el uso de etiquetas de colores como roja (innecesarios), verde(necesarios), azul (reparación de equipos o herramientas, y)amarilla (limpieza)
- Decidir qué método de limpieza usar. Determine equipos y herramientas de limpieza a usar.
- Hacer un listado de todas las actividades de limpieza.
- Asignar limpieza de máquinas y equipos a sus respectivos operarios
- Asignar un encargado o responsable a cada máquina.

- Elaborar mapa de la empresa, demarcando las áreas y señalando en éstas los respectivos responsables de su limpieza y organización. Coloque mapa y programa de limpieza en lugar visible.
- Indicar la forma de utilizar los elementos de limpieza, detergentes, jabones, aire, agua, de igual manera la frecuencia y tiempo medio establecido para esas labores.
- Las actividades de limpieza deben incluir inspección antes, durante y al final de los turnos.
- Combinar limpieza con inspección de mantenimiento.
- Eliminar causas de suciedad para hacer sostenible la limpieza.
- Ejecutar labor de seiso de 5 a 10 minutos diarios.

	ECOINVER DISPOSICIÓN DE RESIDUOS		
Responsable:		Fecha:	20 / 05 / 2019
Aprobado por:		Código:	EC – IR – 001
DISPOSICIONES DE RESIDUOS			
<p>PRIMERA.- De conformidad con lo establecido en el Plan de Gestión Integral de Desechos sólidos y de Uso Agrícola, los importadores y/o fabricantes podrán suscribir convenios con entidades naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras para viabilizar las diferentes fases de la gestión de los desechos.</p> <p>SEGUNDA.- En caso de no existir gestores para el tratamiento de disminución de volumen de desechos sólidos y de uso agrícola, será responsabilidad del importador y fabricante implementar los tratamientos, y/o exportación de los mismos, bajo los lineamientos establecidos en la normativa ambiental vigente.</p> <p>TERCERA.- Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que no deben registrarse como generadores de desechos peligrosos son las descritas en la Legislación Ambiental aplicable.</p> <p>CUARTA.- En caso de que un importador y o fabricante quede excluido de un Plan de Gestión Integral aprobado bajo la modalidad de acuerdos voluntarios o convenios de colaboración deberán presentar un nuevo Plan de Gestión Integral de los Desechos sólidos y de Uso Agrícola individual ante la Autoridad Ambiental Nacional.</p> <p>QUINTA.- En los informes anuales de avance del plan de gestión, la Autoridad Ambiental Nacional verificará tanto el cumplimiento de las metas de recolección como el grado de implementación efectiva de las actividades contempladas en el cronograma planteado, a través de los medios de verificación que fueron aprobados para el efecto.</p> <p>En caso de incumplimiento de la meta, la Autoridad Ambiental Nacional evaluará el informe anual de avance que debe incluir tanto la justificación técnica sobre las causas del incumplimiento, así como la verificación de la implementación del plan; si el cumplimiento es el 100% de actividades de acuerdo al cronograma para el período evaluado, se procederá a aceptar el informe anual de avance, y de ser necesario dispondrá al importador/fabricante el replanteamiento o adición de actividades con la finalidad de cumplir las metas de recolección en el siguiente período de evaluación.</p>			

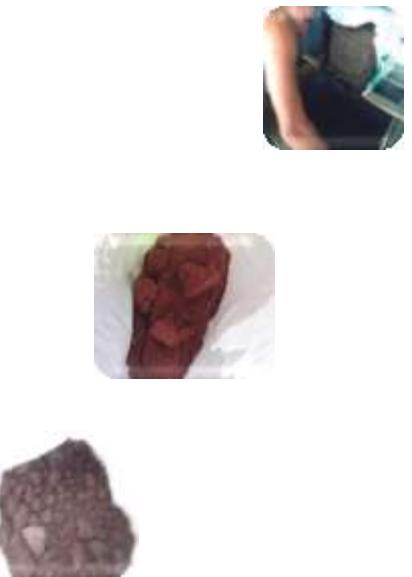
DESECHOS ORGÁNICOS	
Descripción	Características
✓ <i>Alimentos</i> ✓ <i>Madera de vegetación</i> ✓ <i>Restos de vegetación</i>	Biodegradables, se descomponen fácilmente en forma anaeróbica y aeróbica
1. Disposición primaria	Las personas que generen desechos orgánicos deberán clasificar y depositar los mismos, en los recipientes identificados de color VERDE, dispuestos para el efecto en viviendas, talleres, oficinas, casa de máquinas, presa y draga. Los desechos orgánicos deberán estar en una funda plástica de color VERDE para su recolección.
2. Disposición secundaria	El personal de limpieza retirará diariamente las fundas con desechos orgánicos recolectados en las fuentes primarias en el sector correspondiente y las cerrarán adecuadamente, para trasladarlas y depositarlas en los recipientes externos identificados de color VERDE más cercanos, que se encuentran en los diferentes sectores de la ciudad. Estos recipientes externos son de disposición secundaria y sirven como pequeños centros de acopio diario para los desechos orgánicos, distribuidos estratégicamente en la Central, los mismos que deberán permanecer siempre tapados.
3. Disposición final	El recolector de residuos deberá vaciar los tachos identificados de color VERDE de la disposición secundaria en el balde de su vehículo dentro de la división respectiva, verificando los estados de las fundas y asegurándose que se encuentren perfectamente cerradas. En el relleno sanitario de la Central y en la fosa correspondiente a orgánicos, para los procesos de compostaje y lombricultura respectivos, y la posterior obtención de abono para los programas de reforestación y jardinería de las centrales.
 <p>RECUERDA: DESECHOS ORGÁNICOS EN LA FUNDA VERDE</p> <p>1 COLOCA LA BASURA</p> <p>2 RECOGE LA BASURA</p> <p>3 TRASLADA LA BASURA</p>	

Fuente: Procedimiento de disposición de residuos propuesto a ECOINVER, 2019.

CUARTA “S”: SEIKETSU (ESTANDAIZAR)

- Se desarrollan reuniones breves para discutir aspectos relacionados con el proceso.
- Competencias inter-departamentales e inter-empresariales de 5 S.
- Premiaciones por desempeño sobresaliente.
- Asignar un encargado o responsable a cada máquina.
- Ejecutar labor de Seiso de 5 a 10 minutos diarios.
- Programar por lo menos dos (2) jornadas de limpieza profunda por año.
- Promover condiciones que contribuyan a controlar lo que ocurre en su área de trabajo de manera visual.
- Si la empresa tiene algún boletín, en éste se reseñarán los aspectos más relevantes del proceso, al tiempo que se publicarán reconocimientos, instrucciones e informaciones en general.
- La estandarización plantea un modo consistente de realización de tareas y procedimientos que coadyuvan al mantenimiento del estado limpio y ordenado.

PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL AREA DE PRODUCCIÓN	
1. CULTIVO	
1.1. Siembra	
Procedimiento:	
1.1.1. Elaboración del semillero	Representación gráfica
Las plántulas de tomate son adquiridas por los productores a través de empresas especializadas en la producción de semilleros. El semillero puede ser establecido en recipientes (vasos y bandejas) adecuados para depositar las semillas, en condiciones óptimas de luz, temperatura, fertilidad y humedad, a fin de obtener una mejor germinación desde su primera etapa de desarrollo hasta su trasplante al campo. El monitoreo de las plántulas en el semillero es fundamental, por ser el periodo donde aparecen las primeras plagas y enfermedades. El tiempo que se mantienen en la oscuridad ronda los cuatro o cinco días, a fin de que la semilla germine. Otra alternativa común y que brinda resultados similares es cubrir las bandejas con un plástico negro, que es removido cuando inicia la germinación de las plántulas.	

Medias de protección del trabajador:	Representación gráfica
<p>Los trabajadores requieren el uso de guantes para la manipulación de la semilla en las bandejas de germinación, ropa de protección durante el manejo de tierra y elementos orgánicos; cuando se trabaja en ambientes fríos es recomendable ropa abrigada.</p>	
<p>Sustratos más utilizados en la producción de semilleros: Los sustratos más utilizados en el país son el compost, el humus o lombricompost, la cascarilla de arroz, la fibra de coco, el aserrín y la turba.</p>	
<p>Compost Está compuesto por residuos orgánicos producto de un proceso de descomposición, poseen la capacidad de retener la humedad, absorber los nutrientes.</p> <p>Humus o lombricompost Está formado por los excrementos de las lombrices producto de la digestión de residuos vegetales o excrementos animales descompuestos.</p> <p>Cascarilla de arroz Es un sustrato orgánico de baja descomposición por su alto contenido de sílice que ayuda a mantener la humedad.</p> <p>Fibra de coco Tiene un bajo contenido de nitrógeno, uno alto de potasio y uno de aproximadamente 2 ppm de boro.</p> <p>Turba Está formada por sustratos orgánicos naturales que son el resultado de la descomposición completa de musgos (género. Se produce en países de las zonas templadas, entre los que se incluyen Canadá y Alemania.</p>	

Fuente: Procedimiento obtención de producto final de ECOINVER, 2019.

QUINTA “S”: SHITSUKE (DISCIPLINA)

Principios de disciplina (Shitsuke)

- a) Los estándares y normas constituyen la base de sustentación de la disciplina.

- b) Se debe fomentar la autodisciplina, es decir, el hábito de operar con apego a procedimientos estándares y controles previamente establecidos.
- c) El control visual ayuda a mejorar la disciplina y el trabajo en equipo.
- d) Procurar que las buenas prácticas de 5 S se conviertan en rutinas o actos reflejos.
- e) Shitsuke = disciplina = respeto a normas y acuerdos.

Las auditorías, así como las actividades de medición que deben realizar las áreas a lo interno de éstas, constituyen la piedra angular que sostiene el avance del proceso de implementación de las 5 S, para tales fines, en la sección “anexos”, presentamos algunos modelos de listas de chequeo, las cuales no pretenden en modo alguno ser exhaustivas, sino, más bien, instrumentos flexibles, susceptibles de ser adaptados a los diferentes tipos de entornos productivos.

Las listas de chequeo antes mencionadas se dividen en dos categorías:

- 1) Listas de chequeo para auditorías, éstas serán aplicadas por auditores externos a las áreas auditadas.
- 2) Listas de chequeo para seguimiento, éstas consisten en auto-evaluación aplicada por el personal a sus propias áreas.

ESCALA DE MEDICIÓN

A 91 - 100 = Excelente

B 71 - 90 = Muy bueno

C 51 - 70 = Promedio

D 31 - 50 = Por debajo del promedio

E 0 - 30 = Insatisfactorio

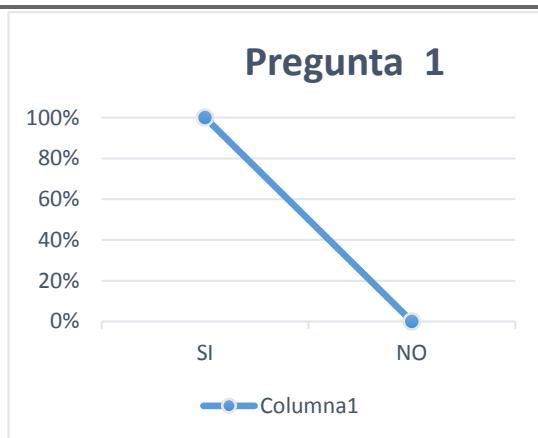
Fuente: Procedimiento 5S, 2019.

Discusión y Resultados

Una vez que se ha efectuado la investigación de campo para recolectar toda la información correspondiente se procedió a analizar e interpretar los resultados obtenidos en las encuestas que fueron dirigidos a los trabajadores de la Finca Incovar.

Para un mejor entendimiento y comprensión de los resultados finales de la investigación, se procedió a analizar cada una de las preguntas y de cada una de las opciones de respuestas obtenidas respectivamente, tanto en forma gráfica para lo cual se utilizó las gráficas y se realizó el análisis tanto en forma cualitativa, como en forma cuantitativa.

1. Consideran Uds. que en ECOINVER, ¿Existe un sistema para mantener un orden y limpieza, así también eliminar aquello que no sea necesario y ubicar aquello que si lo es?

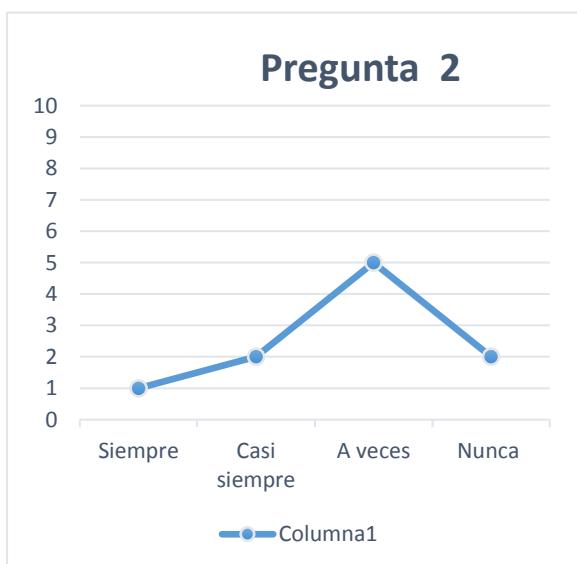


Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

La muestra determina que el 100% de los encuestados consideran que no existe un sistema que les permita mantener un orden dentro de la empresa, así limpiar su área de trabajo y mantenerla ordenada.

Esto demuestra que la organización necesita la implementación de procedimientos adecuados que permitan la optimización de los recursos y manejar detenidamente procesos en cada área que logren el aprovechamiento de la capacidad intelectual del personal facilitando una mejora en el rendimiento del personal, que sienta que la empresa le brinde mejores instalaciones generando un ambiente de trabajo más óptimo.

2. Durante sus labores, ¿Los objetos en sus áreas de trabajo son ordenados en sus respectivas ubicaciones?

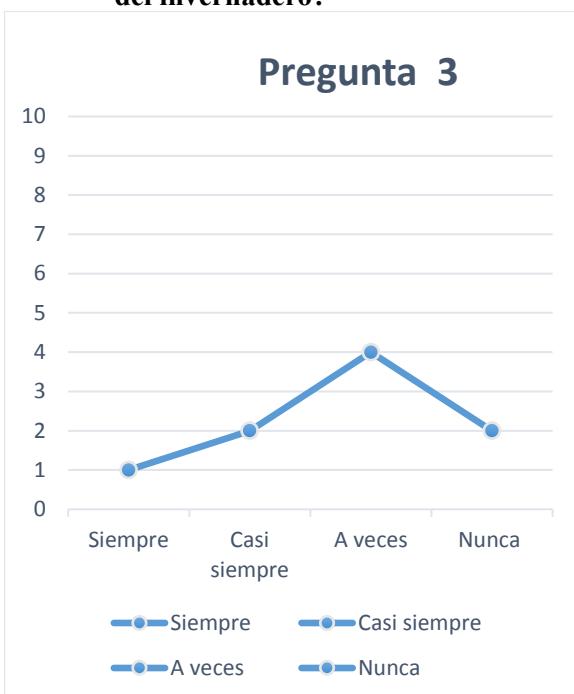


Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

La muestra concluye que el 50% de los encuestados manifiestan que las herramientas u objetos que son utilizados en sus respectivas áreas de trabajo únicamente a veces retornan a un puesto determinado, considerando que existen dos variables que no se han modificado, la primera corresponde a una capacitación adecuada de los lugares donde deben ir los objetos según la frecuencia de su utilización y la segunda relacionada a la infraestructura para poder ubicar dichos objetos, es recomendable considerar las dos variables para determinar donde hay que reforzar la aplicación de la metodología.

El otro 50% de los encuestados difieren en su decisión por lo que hay que reforzar una retroalimentación para toda la empresa.

3. ¿Existe la organización y desinfección de sus herramientas de trabajo después de salir del invernadero?

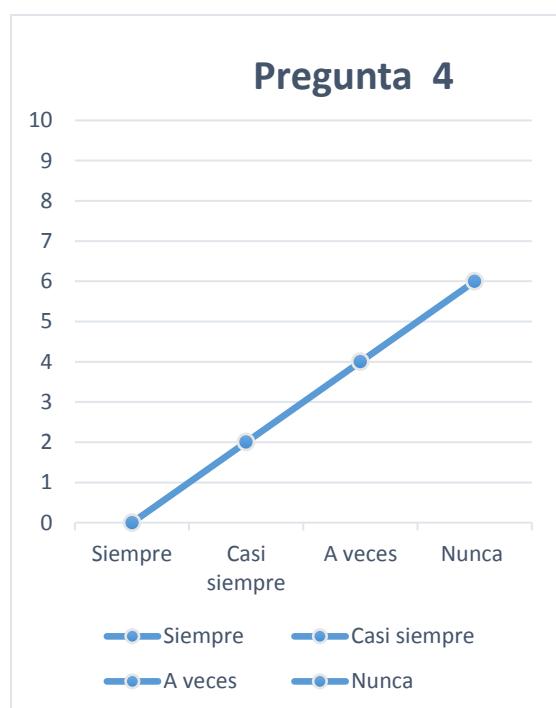


La muestra determina que el 60% de los encuestados manifiestan que limpian sus herramientas o equipos usados dentro de su área de trabajo, se toma en cuenta la posibilidad de más oportuna de mejorar y poner énfasis en este problema que se da más en el área de producción tomando en cuenta que se encuentran constantemente manejando sustancias químicas para el cultivo, esto termina que deben considerar diferentes procesos que permitan evitar tanto enfermedades profesionales posteriores al igual que problemas o incidentes de trabajo.

La correcta utilización de las herramientas y posterior limpieza de las mismas evita que los trabajadores sean víctimas de riesgos laborales recurrentes por ello es necesario la implantación de medidas y procesos que deben socializarse para mantener un ambiente seguro en la empresa.

Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

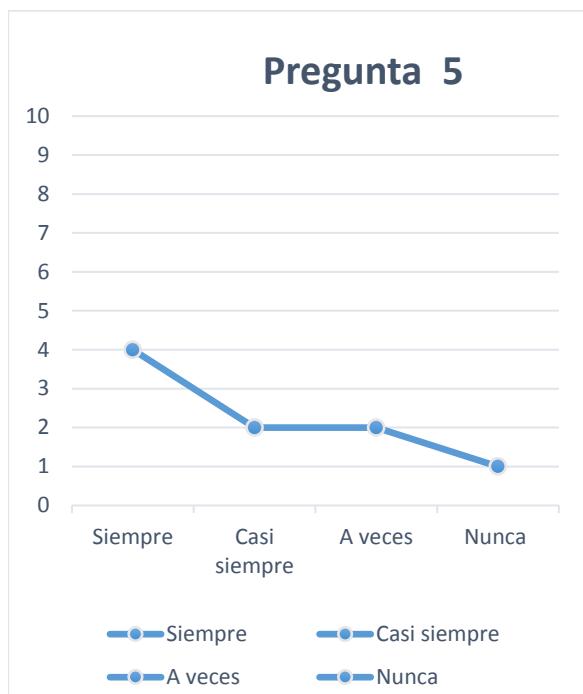
4. En las instalaciones de producción, ¿Hay la disposición de seguridad y ergonomía debidamente señalizadas?



El 60% de los encuestados consideran que no existe la debida señalización por cuanto es necesaria una capacitación optima y oportuna de las medidas de seguridad que se deben implementar para el correcto funcionamiento de la empresa y el cuidado personal de los trabajadores, sobre todo que se pueda evitar cualquier situación insegura que sea motivo de riesgo laboral dentro de las instalaciones, lo cual es necesario la señalización debida de puntos estratégicos donde se debe considerar aspectos ergonómicos vitales que eviten enfermedades profesionales por movimientos indebidos especialmente en el área administrativa y de producción.

Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

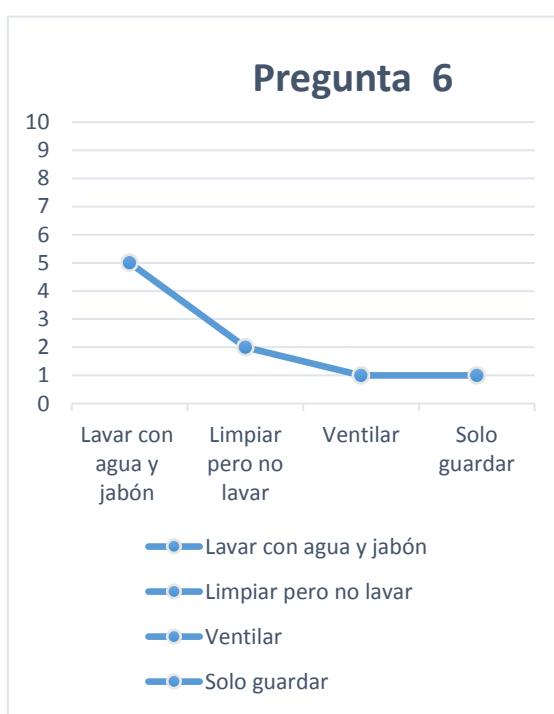
5. ¿Existe suciedad y polvo en sus áreas de trabajo?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

La muestra concluye que el 40% de los encuestados encuentran o se han percatado de la presencia de polvo en sus áreas de trabajo, esta sustancia particulada muy común en el ambiente en su mayoría no se considera peligrosa pero en su recurrente presencia puede presentar problemas respiratorios en los trabajadores. Se puede considerar que puede existir en el área administrativa por las situaciones de movilización del personal pero cada uno de los empleados debe limpiar su área de trabajo evitando generar basura para poder tener un ambiente laboral óptimo, sin embargo en el área de producción el contacto con el polvo es inminente por ser una área de producción y encontrarse el cultivo para ello en caso de estar en contacto directo con el material particulado seco es necesario la utilización de elementos de protección respiratoria. No así cuando la tierra está húmeda se reduce el riesgo.

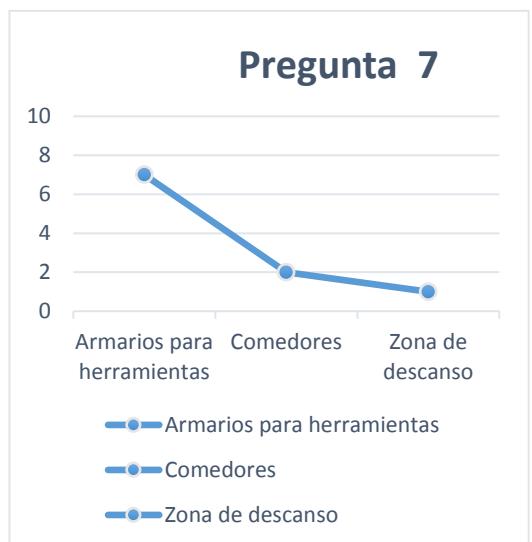
6. ¿Cómo realizan Uds. la limpieza en su área de trabajo? y ¿Qué elementos utilizan para limpiarla?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

El 50% de los encuestados coinciden en que realizan la limpieza de sus áreas de trabajo, y las personas del área de producción que se encargan de lavar su ropa de trabajo, pero es necesario realizar un capacitación para poder tomar en cuenta la forma correcta en que se debe realizar la limpieza de cada área de trabajo para evitar que las personas tengan problemas o riesgos; especialmente tomando en cuenta la ropa de trabajo que está en contacto con sustancias químicas se debe darle un tratado específico para evitar envenenamiento de la piel a causa de la manipulación inadecuada de la misma. Se concluye que los empleados de la empresa buscan estar constantemente mejorando y ordenando sus equipos de trabajo pero es necesario el acompañamiento para que sea óptimo su rendimiento.

7. ¿Qué recomendarían Uds. se necesita implementar en Ecoinver que ayude al orden de la empresa?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

Se concluye que el 70% solicita que se implemente de manera urgente por ser necesaria la infraestructura necesaria para poder tener una óptima jornada de trabajo, esto se refiere a los armarios para herramientas considerando que para guardarlas o ubicarlas es necesario tener el lugar adecuado donde puedan poner y evitar que se pierdan o se dañen. Los encuestados coinciden que esta implementación ayudara en el funcionamiento oportuno de su jornada de trabajo; el 20% considera que debe existir un área de comedor para que los trabajadores durante su tiempo en la ingesta de alimentos puedan hacerlo de manera segura, limpia y acorde. Y el 10% manifiesta que es necesaria un área de descanso especialmente donde realizar sus pausas activas para el mejoramiento de su estabilidad emocional y laboral.

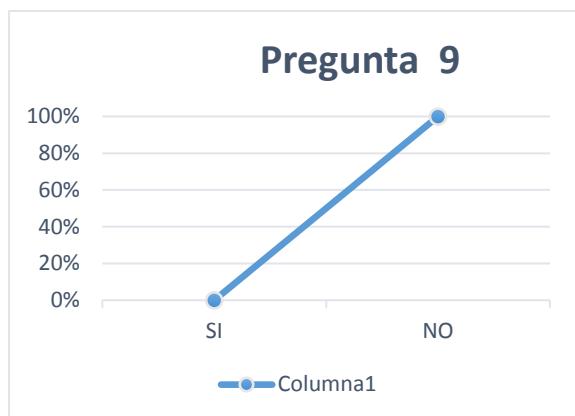
8. Consideran Uds., ¿Qué han recibido capacitación de seguridad en el cultivo de tomate y las medidas necesarias para evitar accidentes laborales?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

El 70% de los encuestados consideran que únicamente a veces han recibido capacitación en cuanto a seguridad dentro de las normas que se deben tomar en la prevención de riesgos sobre todo dentro del cultivo, por ello es necesario modificar procesos que permitan una buena manifestación de las medidas necesarias a tomar en cuanto a la forma de trabajo y los equipos de protección personal que deben cumplirse, realizando check list que permita a los trabajadores no poner en riesgo sus vidas y la de sus compañeros cuando ingresen a la zona de producción.

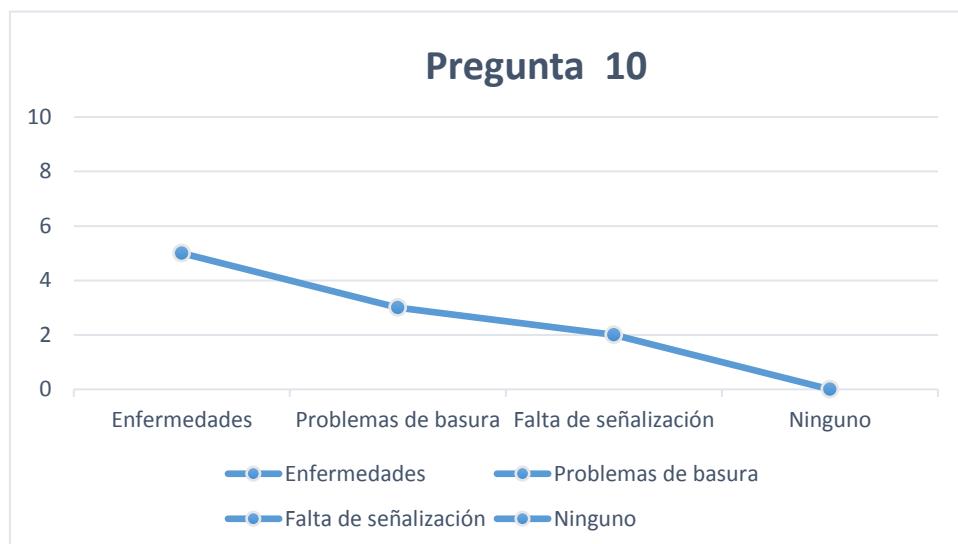
9. ¿Tienen Uds. un procedimiento o instructivo de trabajo, diseñado específicamente para sus respectivas áreas?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

En cuanto a la pregunta sin duda la respuesta de los encuestados que es del 100%, manifiesta que la implementación de un manual de procedimientos sobre la estructuración de puesto y diseño de los mismos es necesaria para toda la empresa especialmente para definir las responsabilidades de cada trabajador según su contratación, permitiendo la organización estratégica de toda la estructura del personal que está laborando dentro de la empresa.

10. ¿Están Uds. experimentando algún problema recurrente en sus actividades de trabajo?



Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores Ecoinver, 2019.

Los problemas más recurrentes que se encuentran experimentando constantemente los encuestados de Ecoinver en un 50% es la enfermedades, según manifiestan por distintas situaciones: ergonómicas, problemas con el EPP, riesgos con sustancias químicas, entre otros; relacionados con la falta de capacitación, pero también con el descuido del personal considerando su exceso de confianza a la experiencia en cultivo; sin embargo en cualquiera de los casos es necesaria la retroalimentación de seguridad que permita el buen funcionamiento de la empresa y la seguridad de los trabajadores. El 30% manifiesta que la basura es otro problema en la empresa por su inadecuado manejero para lo que se plantea diferentes formas de utilización y aprovechamiento de los recursos tanto para beneficio de la empresa como para el cuidado medio ambiental. Se concluye con la falta de señalización en las áreas correspondientes que es necesario para evitar incidentes o accidentes laborales.

Se observa los resultados de la auditoría que se realizó en todas las áreas para la verificación de Aseguramiento y Control de la Calidad (ACC), antes y después de la implementación de la Metodología 5S. Con los resultados obtenidos, se procede al cálculo:

$$\% \text{ incremento} = \frac{93 - 25}{25} * 100\% = 272\%$$

Se verifica una mejora del 272% con respecto al análisis inicial. Con ello se respalda a la metodología y los beneficios que ya se visualizan.

Para ello se considera los ambientes del área de Aseguramiento y Control de la Calidad (ACC) y las etapas de medición, una antes y otra después de las 5S.

Conclusión

El factor de apoyo fue muy importante para el desarrollo de la implementación 5S, el equipo de trabajo se sintió motivado al observar el seguimiento y la prioridad que se daba a este proyecto por parte del equipo de trabajo del ITSVL, de la tecnología en seguridad e higiene del trabajo.

La implementación de la metodología fue un éxito, esto se debe al compromiso de cada uno de los participantes para la implementación, además esto se puede plasmar en la mejora que se obtuvo en la última auditoría 5S, que corresponde al 272%.

Con la aplicación de la Metodología 5S, se logró manejar un ambiente laboral más estable para los trabajadores.

Se evidenció que el clima laboral mejoró notablemente, ya que las condiciones de trabajo son otras, ya no existe ese rechazo a la actividad diaria; esto se debe a que mejoró el control de procesos en la empresa.

Referencias

Amendola, L. (s.f). *Industrial Engineering Management* . Obtenido de
http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/artergerencial.htm

Borrayo, E. (2008). *Implementación de la Herramienta de las 5S*. Reconstructora de Motores Borrayo de León Sur.

- Castillo, M. (2004). *Revista D, Prensa Libre Guatemala*. Obtenido de <http://servicios.prensalibre.com/pl/domingo/archivo.shtml>
- Chiavenato, I. (2002). *Administración en los Nuevos Tiempos*. Bogotá. Colombia : McGraw-Hill Interamericana .
- Cuatrecasas, L. (2000). *Gestión Integral de la Calidad, Implantación, control y Certificación* . Gestión 2000.
- Deming, E. (2000). *La Nueva Economía*. Diaz de Santos.
- Dorbesson, J. (2000). *Las 5 "S" Herramienta de Cambio*. Editorial Universitaria de la U.T.N.
- EUSKALIT. (1998). “*Coleccionable N° 2 Metodología de las 5S. Mayor productividad mejor lugar de trabajo*”. Fundación Vasca para la Calidad.
- Gutiérrez, A. (2000). *Administración y calidad*. Editorial Limusa.
- Gutiérrez, H. (2005). *En su libro de Calidad total y Productividad segunda edición*. McGraw-Hill.
- ICB Editores. (2012). *Calidad total en las administraciones públicas*. CEP Editorial.
- James, R. (2005). *Administración y control de la calidad (6º.ed)* . Thomson.
- Lefcovich, M. (2008). *Cinco S. Los cinco pilares de la fábrica visual* .
- Marielsa, C. (2009). *Implementación de las “5 S” como Herramienta de Mejora las Condiciones de Trabajo para Incrementar la Productividad en Almacenes de Materiales y Suministros*.
- Martín, W. (1993). *Calidad y Servicio. Primera edición*. España: Murcia.
- Mendoza, J. (2006). *Calidad de producto en restaurantes*.
- Miranda, F. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*.
- Rodríguez, H. (2004). *Manual de implantación de las 5S*. Santander.
- Sacristán, F. (2005). *Las 5S, Orden y limpieza en el trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Vanegas Sosa, R. (2005). *Manual de las 5S's*.

Prevención de Riesgos en el Trabajo, aplicado en el uso de herramientas manuales y de potencia en el mantenimiento industrial.

Dennys Fernando Guerrero Uriola
dennys.guerrero@holcim.com
Holcim Ecuador

Resumen

En la actualidad la mayor parte de las empresas destinan a los Departamentos de Mantenimiento el manejo de herramientas manuales y de potencia transformándose en el agente directo de un número importante de lesiones en los dedos, manos y brazos. Los sistemas de gestión se enfocan dentro de los procedimientos operativos básicos a los programas de mantenimiento preventivos y predictivos. El desarrollo de esta investigación fue identificar, evaluar y controlar los riesgos en las herramientas manuales y de potencia que puede producir lesiones que causan incapacidad para trabajar durante un tiempo, pero también implican amputación o incapacidad permanente producida por el uso de herramientas subestándar y el conjunto de condiciones y actos inseguros en los trabajadores encargados de mantenimiento en las microempresas. Para ello se aplicó técnicas e instrumentos de investigación diagnóstica, de campo, bibliográfica, exploratoria y descriptiva, con los resultados obtenidos se constató que la mayoría de los trabajadores operativos desconocen los criterios de utilización, selección del equipo, medidas preventivas, equipo de protección personal y cómo actuar en caso de que suscite una emergencia y la inexistencia de procedimientos de trabajo para la corrección y prevención del riesgo mecánico, esto permitió implementar un manual de riesgos y medidas preventivas en herramientas manuales y de potencia permitiendo a los trabajadores elegir la herramienta correcta y la posición adecuada para usar dicho instrumento y la reducción significativa de la ocurrencia de un accidente.

Palabras Clave: Riesgo, herramientas, seguridad, manual.

Abstract

At present, most of the companies allocate to the Maintenance Departments the management of hand and power tools, becoming the direct agent of a significant number of injuries to the fingers, hands and arms. Management systems focus on basic operational procedures for preventive and predictive maintenance programs. The development of this research was to identify, evaluate and control the risks in the manual and power tools that can cause injuries that cause inability to work for a while, but also involve amputation or permanent incapacity caused by the use of substandard tools and the set of conditions and unsafe acts in the workers in charge of maintenance in the micro enterprises. To this end, techniques and instruments of diagnostic, field, bibliographic, exploratory and descriptive research were applied, with the results obtained it was found that the majority of the operative workers do not know the criteria of use, equipment selection, preventive measures, personal protection equipment and how to act in case of an emergency and the absence of work procedures for the correction and prevention of mechanical risk, this allowed to implement a manual of risks and preventive measures in manual and power tools allowing workers to choose the correct tool and the appropriate position to use said instrument and the significant reduction in the occurrence of an accident.

Keywords: Risk, tools, security, manual.

Introducción

Los trabajadores han utilizado desde la Antigüedad numerosas herramientas para poder realizar tareas que resultarían imposibles usando sólo sus propias manos. Aunque algunas han sufrido una gran evolución, otras herramientas manuales que se utilizan en la actualidad no difieren demasiado de aquellas primeras (Carmona, 2003). Las herramientas manuales parecen tan sencillas que a veces se olvidan las graves consecuencias que un diseño, fabricación, elección o utilización incorrectos pueden tener sobre la seguridad y salud del trabajador. A veces, los daños aparecen a largo plazo, contribuyendo a menospreciar la importancia que tienen para la salud. Muchos accidentes de trabajo se producen por fatiga de los trabajadores y otros aspectos relacionados, por este motivo es fundamental un buen diseño de la herramienta adaptando el sistema de trabajo a los trabajadores (Kapandij, 2006). El factor humano está muy implicado en la producción de los accidentes, así como en la gravedad de estos. Una buena concienciación es fundamental a la hora de utilizar las herramientas manuales. No se deben subestimar los peligros por el hecho de que sean herramientas manuales con accionamiento manual. Este estudio permitió establecer que antes de usar herramientas se debe inspeccionar cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, cortantes y susceptibles de proyección y cualquier defecto o anomalía será comunicado lo antes posible a su inmediato superior. Asimismo, debe informar al jefe de mantenimiento. Las herramientas se deben utilizar exclusivamente para la función que fueron diseñadas conforme el manual de instrucciones. Nunca se utilizará una herramienta manual eléctrica desprovista de clavija de enchufe y sin su protección o guarda. La importancia recae en la necesidad de cuidar la salud de los trabajadores en la parte operativa.

Importancia del Problema

La importancia de este trabajo de investigación radicó en que las herramientas manuales son parte de la vida diaria del trabajo, son los agentes directos de un número importante de lesiones en los dedos, las manos y los brazos. Muchas de las lesiones causadas por las herramientas manuales son leves, otras incapacitan para trabajar durante un tiempo, pero otras implican la amputación o incapacidad permanente de algún miembro. En la actualidad existe desconocimiento en la selección y el uso adecuado de las herramientas manuales a los que se debería considerar dos aspectos primordiales para la prevención de la mayor parte de los accidentes y posibles lesiones musculoesqueléticas, sin considerar el diseño de las herramientas dentro de los percentiles 5 y 95 de la población objeto, olvidando que en ocasiones se deberán

seleccionar las herramientas de forma individualizada, especialmente en aquellos casos en los que el trabajador que va a emplear la herramienta se encuentre fuera de esos percentiles o que tenga características individuales que así lo precisen (Knowlton & Gilbert, 1983). Otro de los aspectos que no se consideran es si los usuarios son zurdos o diestros. Dependiendo del tipo de herramienta es imprescindible la adecuación del mango o filo para zurdos, como es el caso de las tijeras, por ejemplo. Se ha observado que incluso hay variaciones en la contribución de cada falange a la fuerza final que ejerce la mano dependiendo del sexo del usuario.

Este trabajo propone un manual de medidas de prevención al momento de usar herramientas manuales y de potencia para seleccionar la herramienta apropiada en el trabajo a desempeña y disminuir la ocurrencia de lesiones musculoesqueléticas o accidentes laborales.

Metodología

El método de investigación propuesto para el desarrollo de la presente investigación es el cualitativo. La investigación cualitativa trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica; mientras que la investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede. La investigación cualitativa evita la cuantificación en esta investigación se hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas. La diferencia entre ambas metodologías es que la cuantitativa estudia la asociación o relación entre variables cuantificadas y la cualitativa lo hace en contextos estructurales y situacionales.

Discusión y Resultados

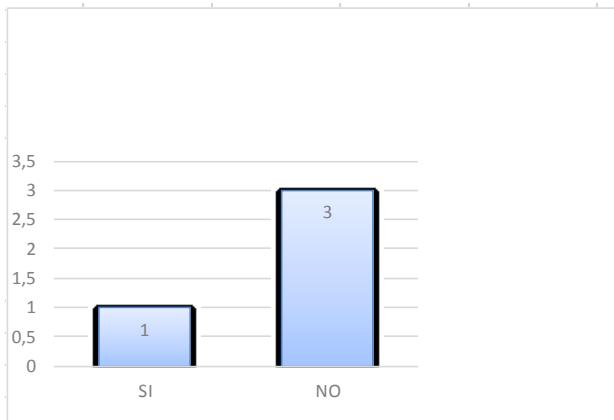
Una vez que se ha efectuado la investigación de campo para recolectar toda la información correspondiente se procedió a analizar e interpretar los resultados obtenidos en las encuestas que fueron dirigidos a los trabajadores de las pequeñas empresas.

Para un mejor entendimiento y comprensión de los resultados finales de la investigación, se procedió a analizar cada una de las preguntas y de cada una de las opciones de respuestas obtenidas respectivamente, tanto en forma gráfica para lo cual se utilizó las gráficas y se realizó el análisis tanto en forma cualitativa, como en forma cuantitativa.

1) ¿Has recibido capacitación sobre los riesgos asociados al desarrollo de sus tareas en el puesto de trabajo?

Figura N°1

SI	NO
1	3



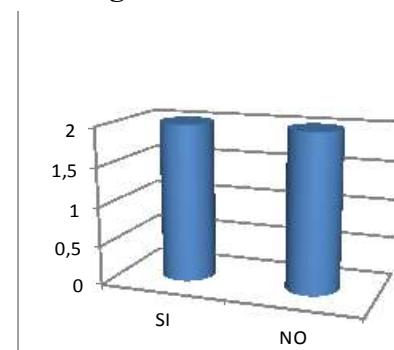
Fuente: Encuesta desarrollada en microempresa Cotopaxi, 2019.

En lo referente si los trabajadores han recibido capacitación para identificar los riesgos a los que están expuestos en sus puestos de trabajo, el 30% ha manifestado que no se ha capacitado, por lo tanto, la posibilidad de la ocurrencia de un accidente es sumamente alto.

2) ¿Has recibido capacitación sobre los riesgos asociados al desarrollo de sus tareas en el puesto de trabajo?

Figura N°2

SI	NO
2	2



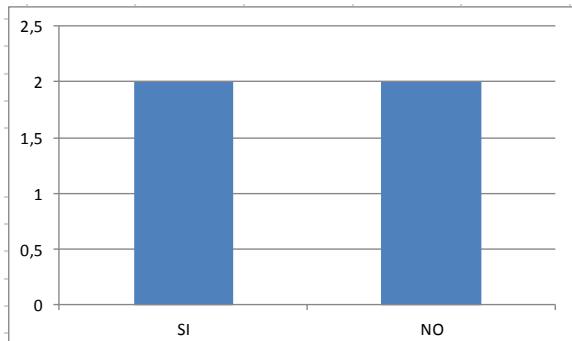
Fuente: Encuesta desarrollada en microempresa Cotopaxi, 2019.

En lo concerniente a la pregunta número dos, los trabajadores han respondido que el 50% tienen conocimiento básico sobre que herramientas utilizar en actividades laborales el otro 50% menciona que no conoce, lo que permite establecer la necesidad de adiestramiento a cada trabajador y el uso de un manual que reduzca el tiempo y eleve la calidad del servicio de cada trabajador al momento de seleccionar una herramienta para su actividad laboral.

3) ¿Conoce procedimientos para trabajos en alturas?

Figura N°3

SI	NO
2	2



Fuente: Encuesta desarrollada en microempresa Cotopaxi, 2019.

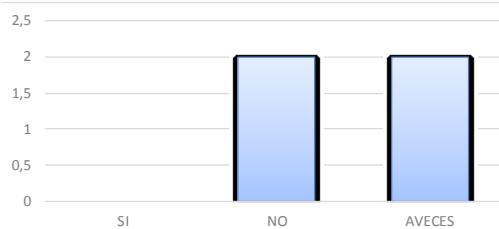
Del total de encuestados el 50% no conoce procedimientos para trabajos en alturas el otro 50% conoce procesos como el uso de andamios, lo que eleva la posibilidad de riesgos puesto en la empresa no se ha encontrado un procedimiento seguro para trabajos a partir de 1,20 metros con normativa internacional y 1,8 metros en normativa nacional.

4) ¿Conoce ud. cuáles son las herramientas difíciles de manipular en su trabajo?

Figura N°4

Fuente: Encuesta desarrollada en microempresa Cotopaxi, 2019.

SI	NO	AVECES
	2	2



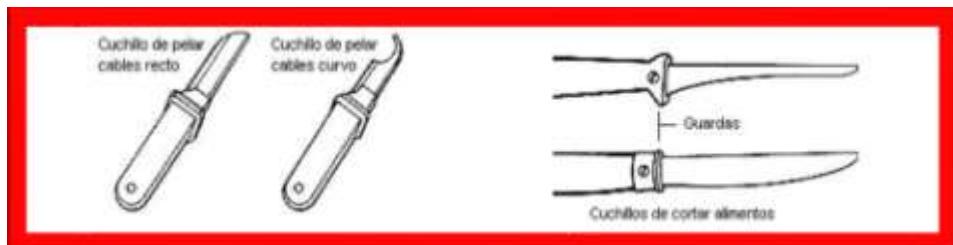
El 50% de los trabajadores no identifican cuáles son las herramientas difíciles de manipular, el otro 50% tiene una noción leve sobre para qué sirven las herramientas, lo que hace evidente la necesidad de crear conciencia sobre los riesgos expuestos en los sitios de trabajo puesto que una gran cantidad de lesiones son generadas en extremidades superiores por herramientas manuales.

CRITERIOS DE UTILIZACIÓN EN CUCHILLOS

- Utilizar el cuchillo de forma que el recorrido de corte se realice en dirección contraria al cuerpo.
- Utilizar sólo la fuerza manual para cortar absteniéndose de utilizar los pies para obtener fuerza suplementaria.

- No dejar los cuchillos debajo de papel de deshecho, trapos etc. o entre otras herramientas en cajones o cajas de trabajo.

Imagen N° 1

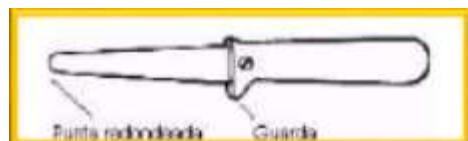


Fuente: Manual de herramientas microempresa Cotopaxi.

CRITERIOS DE SELECCIÓN EN CUCHILLOS

- Hoja sin defectos, bien afilada y punta redondeada.
- Mangos en perfecto estado y guardas en los extremos.
- Aro para el dedo en el mango
- Guardar los cuchillos protegidos.

Imagen N° 2

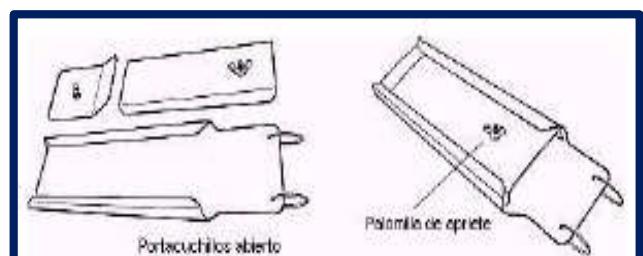


Fuente: Manual de herramientas microempresa Cotopaxi.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN CUCHILLOS

Imagen N° 3

- Mantener distancias apropiadas entre los operarios que utilizan cuchillos simultáneamente.
- Los cuchillos no deben limpiarse con el delantal u otra prenda, sino con una toalla o trapo, manteniendo el filo de corte girado hacia afuera de la mano que lo limpia.



Fuente: Manual de herramientas microempresa Cotopaxi.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN MOLADORAS

- Gafas de seguridad contra proyecciones en operaciones de corte.
- Guantes de protección frente riesgos mecánicos.

RIESGOS EN MOLADORAS

- Cortes e incisiones por contacto con la sierra.
- Proyección de partículas o del disco.
- Golpes por pérdida de control o bloqueo de la herramienta.
- Contactos eléctricos.
- Atrapamiento por el disco.
- Exposición a polvo.
- Exposición a ruido.

Imagen N° 4



Fuente: Manual de herramientas microempresa Cotopaxi.

MEDIDAS DE PREVENTIVAS EN MOLADORAS

- No acerques las manos a la zona de corte.
- No sitúes la mano por debajo de la zona de corte.
- Adapta la profundidad de corte al grosor de la pieza.
- No se sujetará la pieza con las manos o cualquier otra parte del cuerpo. En su caso, dispón de sistemas mecánicos de sujeción

EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL EN MOLADORAS

- Mascarilla en el caso de que se genere polvo.
- Protección auditiva para la atenuación del ruido.
- Gafas de protección contra proyección de partículas

Imagen N° 5



Fuente: Manual de herramientas microempresa Cotopaxi.

Cuadro N° 6.

		Marcar en caso afirmativo			
Lista de Chequeo para seleccionar herramientas de mano (Seleccione la herramienta que tenga más respuestas "Si")		Herramientas de empuñadura simple		Herramientas de empuñadura doble	
		H. 1	H. 2	H. 1	H. 2
1	Herramientas de empuñadura simple en tareas de fuerza: ¿La empuñadura es cómoda y su diámetro está comprendido entre 32 mm y 51 mm?			X	X
2	Herramientas de empuñadura simple en tareas de precisión: ¿El diámetro de la empuñadura está comprendido entre 6 mm y 13 mm?			X	X
3	Herramientas de doble empuñadura simple en tareas de fuerza: ¿La abertura es superior a 51 mm con el mango cerrado e inferior a 89 mm con el mango abierto?	X	X		
4	Herramientas de doble empuñadura simple en tareas de precisión: ¿La abertura es superior a 25 mm con el mango cerrado e inferior a 76 mm con el mango abierto?	X	X		
5	Herramientas de doble empuñadura: ¿Existe un muelle de apertura?	X	X		

	Para ambas herramientas	
	Caso 1	Caso 2
6	¿La empuñadura está libre de bordes agudos y hendiduras para los dedos?	
7	¿La empuñadura está cubierta por un material blando?	
8	¿La herramienta permite mantener la muñeca recta?	
9	¿Se puede utilizar la herramienta con la mano dominante o con ambas manos?	
10	En tareas de fuerza: ¿La empuñadura es más larga que la parte más ancha de la mano? (generalmente entre 100 mm y 150 mm)	
11	¿La herramienta tiene una empuñadura antideslizante?	

Fuente: Lista de verificación del manual de herramientas para la microempresa Cotopaxi.

Cuadro N° 7.

PICOS Y PALAS
USOS HABITUALES INDICADOS POR EL FABRICANTE
Romper superficies, excavar y transportar materiales.

RIESGOS/DEFICIENCIAS MÁS FRECUENTES
<ul style="list-style-type: none"> • Mango de dimensiones inadecuadas. • Mango en mal estado. • Pico dentado, agrietado o mellado. • Pico utilizado para golpear metales o aderezar otras herramientas. • Utilización sin mango o dañado.
MEDIDAS PREVENTIVAS RELATIVAS A LA HERRAMIENTA
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener afiladas sus puntas y el mango sin astillas. • Mango acorde al peso y longitud del pico/pala. • Hoja bien adosada.

MEDIDAS PREVENTIVAS RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN

- No utilizar para golpear o romper superficies metálicas o para enderezar herramientas como el martillo o similares.
- No utilizar herramientas con el mango dañado o sin él.
- Desechar equipos con las puntas o las aristas dentadas o estriadas.
- Mantener libre de otras personas la zona cercana al trabajo.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Utilizar gafas y guantes de seguridad.

Fuente: Lista de verificación del manual de herramientas para la microempresa Cotopaxi.

Cuadro N° 8.

ESCOPIOS Y PUNZONES

USOS HABITUALES INDICADOS POR EL FABRICANTE

Expulsar remaches y pasadores cilíndricos o cónicos, aflojar los pasadores y empezar a alinear agujeros, marcar superficies duras y perforar materiales laminados.



RIESGOS/DEFICIENCIAS MÁS FRECUENTES

- Cabeza abombada.
- Cabeza y punta frágil (sobretemplada).
- Cuerpo corto dificultando la sujeción.
- Sujeción y dirección de trabajo inadecuados.
- Uso como palanca.
- No utilizar gafas de seguridad.

MEDIDAS PREVENTIVAS RELATIVAS A LA HERRAMIENTA

- El punzón debe ser recto y sin cabeza de hongo.

MEDIDAS PREVENTIVAS RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN

- Utilizarlos sólo para marcar superficies de metal de otros materiales más blandos que la punta del punzón, alinear agujeros en diferentes zonas de un material.
- Golpear fuerte, secamente, en buena dirección y uniformemente.
- Trabajar mirando la punta del punzón y no la cabeza.

- No utilizar si está la punta deformada.
- Deben sujetarse formando ángulo recto con la superficie para evitar que resbalen.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Utilizar gafas y guantes de seguridad.

Fuente: Lista de verificación del manual de herramientas para la microempresa Cotopaxi.

Conclusión.

Luego de haber efectuado el proceso de Análisis e Interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación, se procede a manifestar las correspondientes conclusiones y recomendaciones.

De la investigación realizada los riesgos localizados en las herramientas utilizadas por los trabajadores se puede determinar la necesidad de implementar procedimientos encaminados a reducir el riesgo existente en su manipulación y tomar en cuenta por ejemplo el diseño ergonómico de la herramienta, a fin de que sean eficaces para la tarea a realizar por los propios trabajadores considerando lo siguiente:

- Adaptarse a la mano del usuario durante su utilización.
- Presentar una fuerza y resistencia acorde a la del usuario.
- No generar una carga excesiva al usuario.

Al mismo tiempo se estableció un manual adecuado de prevención de riesgos laborales. Que básicamente está compuesto por las siguientes etapas:

1. Selección de la herramienta más adecuada para el tipo de trabajo a realizar.
2. Uso correcto de las herramientas.
4. Evitar un entorno próximo que pudiera implicar un incorrecto o difícil uso de las herramientas.
5. Guardar y conservar las herramientas en un lugar seguro.

Finalmente, la gestión adecuada de las herramientas reduce los niveles de accidentes a niveles aceptables, la realización de este manual de formación práctico. Se centró en el correcto uso de cada herramienta en particular, por cada trabajador, a fin de que esta sea utilizada de una forma

adecuada y única y exclusivamente para el fin y objetivo para el que se ha concebido la herramienta. En este manual formativo se ha incidido que no se trabaje con una herramienta estropeada o rota, así como con accesorios de estas inadecuados para las operaciones a realizar. Este manual de formación se complementa con una serie de inspecciones técnicas que verifiquen el uso correcto de las herramientas.

Además, este manual contempla la formación teórico – práctica en el operador quién conoce lo siguiente:

- No se deben utilizar las herramientas con otros fines que los suyos específicos, ni sobrepasar las prestaciones para las que técnicamente han sido concebidas. Utilizar la herramienta adecuada para cada tipo de operación.
- No trabajar con herramientas estropeadas.
- Utilizar elementos auxiliares o accesorios que cada operación exija para realizarla en las mejores condiciones de seguridad.

Al mismo tiempo hoy se aplican inspecciones técnicas, los mandos intermedios observarán periódicamente las posturas adoptadas en relación con la fuerza aplicada y cómo se efectúan las operaciones con las distintas herramientas manuales. Las deficiencias detectadas durante las observaciones se comunicarán a cada operario para su corrección, explicando de forma práctica en cada caso cuál es el problema y cuál la solución asociada.

Referencias

- Amendola, L. (s.f). *Industrial Engineering Management* . Obtenido de
http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/arterencial.htm
- Armstrong, T., Foulke, J., Joseph, B., & Goldstein, S. (1982). Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. *Am Ind Hyg Assoc J*, 43(2), 103-116.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) . (2007). *UNE-EN 1005-5: 2007. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia*. Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2004). *UNE-EN-ISO 6385:2004: Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo*. Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2010). *UNE-EN 7250-1: 2010. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias*. Madrid: AENOR.

- Borrayo, E. (2008). *Implementación de la Herramienta de las 5S*. Reconstructora de Motores Borrayo de León Sur.
- Carmona, A. (2003). *Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial*. Madrid: INSHT.
- Castillo, M. (2004). *Revista D, Prensa Libre Guatemala*. Obtenido de <http://servicios.prenslibre.com/pl/domingo/archivo.shtml>
- Chaffin, D., & Anderson, G. (1991). *Occupational Biomechanics* (Segunda edición ed.). New York: Wiley Interscience.
- Chiavenato, I. (2002). *Administración en los Nuevos Tiempos*. Bogotá. Colombia : McGraw-Hill Interamericana .
- Cuatrecasas, L. (2000). *Gestión Integral de la Calidad, Implementación, control y Certificación* . Gestión 2000.
- DaBabneh, A., & cols, A. (2004). Checklist for the Ergonomic Evaluation of Nonpowered Hand Tools. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 135-145. Obtenido de <http://www.elcosh.org/record/document/1946/d000745.pdf>
- Deming, E. (2000). *La Nueva Economía*. Diaz de Santos.
- Dorbesson, J. (2000). *Las 5 "S" Herramienta de Cambio*. Editorial Universitaria de la U.T.N.
- EUSKALIT. (1998). “Coleccionable N° 2 Metodología de las 5S. Mayor productividad mejor lugar de trabajo”. Fundación Vasca para la Calidad.
- Farrer Velázquez, F., & col. (1997). *Manual de Ergonomía* (Segunda edición ed.). Madrid: Editorial Mapfre, S.A.
- Gutiérrez, A. (2000). *Administración y calidad*. Editorial Limusa.
- Gutiérrez, H. (2005). *En su libro de Calidad total y Productividad segunda edición*. McGraw-Hill.
- ICB Editores. (2012). *Calidad total en las administraciones públicas*. CEP Editorial.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2003). *Herramientas Manuales. N° 36*. Barcelona: INSHT.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2011). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid: INSHT.
- James, R. (2005). *Administración y control de la calidad (6º.ed)* . Thomson.
- Kapandij, A. (2006). *Fisiología Articular Tomo I*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Knowlton, R., & Gilbert, J. (1983). Ulnar deviation and short term strength reductions as affected by a curve-handled ripping hammer and a conventional claw hammer. *Ergonomics*, 2, 173-179 .
- Kong, Y., & Kim, D. (2015). The relationship between hand anthropometrics, total grip strength and individual finger force for various handle shapes. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 21(2), 187-192.
- Lefcovich, M. (2008). *Cinco S. Los cinco pilares de la fábrica visual*..

- Marielsa, C. (2009). *Implementación de las “5 S” como Herramienta de Mejora las Condiciones de Trabajo para Incrementar la Productividad en Almacenes de Materiales y Suministros.*
- Martín, W. (1993). *Calidad y Servicio. Primera edición.* España: Murcia.
- Mendoza, J. (2006). *Calidad de producto en restaurantes.*
- Miranda, F. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad.*
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.*
- Rodríguez, H. (2004). *Manual de implantación de las 5S.* Santander.
- Sacristán, F. (2005). *Las 5S, Orden y limpieza en el trabajo.* Madrid: Fundación Confemetal.
- Vanegas Sosa, R. (2005). *Manual de las 5S's.*



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR SIETE DE OCTUBRE

ISBN: 978-9942-8754-2-6



9789942875426



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



CÁMARA DE
COMERCIO
DE QUEVEDO



Universidad
Técnica de
Cotopaxi