tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme

Ed. 26_Vol. 7_nº2
Junio_Septiembre_18

Publicación trimestral

ISSN: 2254-3376

3c empresa. Investigación y pensamiento crítico.

Periodicidad trimestral. *Quarterly periodicity.*

Edición 26. Volumen 7, Número 2 (Junio - Septiembre '18). *Edition 26, Volume 7, Issue 2 (June - September '18).*

Tirada nacional e internacional. *National and international circulation.*

Artículos revisados por el método de evaluación de pares de doble ciego. *Articles reviewed by the double blind peer evaluation method.*

ISSN: 2254-3376

Nº de Depósito Legal: A 268 – 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n2e26>

Edita:

Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

C/ Els Alzamora 17, Alcoy, Alicante (España)

Tel: 965030572

info@3ciencias.com _ www.3ciencias.com

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor. *This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors.*

Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

Objetivo editorial

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

Nuestro público

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

Cobertura temática

La Revista 3C Empresa es una revista de carácter científico-social donde se difunden trabajos originales de investigación que abarcan diferentes temáticas relacionadas con las ciencias sociales, entre las que destacan la economía, la gestión empresarial e institucional y el ámbito educacional.

Información para autores

Toda la información sobre el envío de originales se puede encontrar en el siguiente enlace:

<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>

Publishing goal

3Ciencias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subjected to peer review or through the publication of scientific books.

Our target

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

Thematic coverage

3c Empresa journal is a scientific-social journal, where original works are disseminated. These works cover different themes related to social sciences, such as economy, business and educational management.

Instructions for authors

All information about sending originals can be found at the following link:
<https://www.3ciencias.com/en/regulations/instructions/>

Indizado por

Plataforma de evaluación de revistas

Bases de datos internacionales selectivas

Directorios selectivos

Hemerotecas selectivas

Buscadores de literatura científica en acceso abierto

/SUMARIO/

Una aplicación del marco de las Cinco Fuerzas de Porter al grupo BMW <i>An application of Porter's Five Strengths</i> Celia Goicoechea Quijano y Jaime E Souto Pérez	11
--	----

Elaboración de una CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos (PCBs) <i>Development of a CNC of 3 axes for the routing of tracks and drilling of printed circuits (PCBs)</i> Jhonny Marcelo Orozco Ramos, Eduardo Francisco García Cabezas, Carlos José Santillán Mariño, Carlos Oswaldo Serrano Aguilar y Juan Carlos Cayán Martínez	29
--	----

Factores que influyen en el uso de las aplicaciones móviles en instituciones financieras mediante smartphone y su comparación entre las ciudades de Arica (Chile) y Tacna (Perú) <i>Factors that influence the use of mobile applications of financial institutions by smartphone and its comparison between the cities of Arica (Chile) and Tacna (Peru)</i> Jorge Bernal Peralta, Luis Espinoza Villalobos, Ernesto Leo Rossi, Luis Quiñones Baraybar y Giomar Moscoso Zegarra	49
--	----

Estimación de la incertidumbre en un prototipo experimental basado en hardware libre para la medición de variables físicas que describen el movimiento de una partícula <i>Estimation of the uncertainty in an experimental prototype based on open hardware for the measurement of physical variables that describe the movement of a particle</i> Manuel R. Nevárez Toledo y Verónica Yáñez Ortiz	63
---	----

Caracterización dinámica de escaleras mecánicas mediante modelos simulación de sistemas multicuerpo <i>Dynamic characterization of escalators using multibody simulation models</i> Juan David Cano-Moreno y José María Cabanellas Becerra	83
--	----

/01/

Una aplicación del marco de las Cinco Fuerzas de Porter al grupo BMW

An application of Porter's five strengths framework in BMW's group

Celia Goicoechea Quijano

Alumna de TFG de la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente cursando el master en consultoría y asesoría jurídico-laboral de la Universidad Carlos III de Madrid. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

celiagoi@ucm.es

Jaime E. Souto Pérez

Profesor de la Universidad Complutense de Madrid, cuenta con varias publicaciones en revistas de primer cuartil de JCR y de SJR, así como múltiples libros y capítulos de libros. Departamento de Organización de Empresas. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

jaimeeds@ucm.es

Recepción: 20/11/2017. **Aceptación:** 13/12/2017. **Publicación:** 14/06/2018

Citación sugerida:

Goicoechea Quijano, C. y Souto Pérez, J. E. (2018). Una aplicación del marco de las Cinco Fuerzas de Porter al grupo BMW. *3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 10-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.177993/3ctecno.2018.v7n2e26.10-27/>

RESUMEN

El análisis del entorno específico aborda el estudio de una industria desde todas sus vertientes relevantes, con la finalidad de extraer las amenazas y oportunidades existentes en el mismo. Así, este trabajo aborda el análisis del entorno competitivo en la industria del automóvil tomando como base conceptual el modelo de las cinco fuerzas de Porter. La metodología utilizada consiste en un estudio de caso del Grupo BMW.

ABSTRACT

The analysis of specific environment addresses the study of an industry from all its relevant aspects, in order to extract the threats and opportunities existing in it. Thus, this paper addresses the analysis of the competitive environment in automobile industry based on the conceptual model of the five forces of Porter. The methodology used consists of a case study of BMW Group.

PALABRAS CLAVE

Automóvil, Competitividad, I+D, BMW, Entorno específico.

KEY WORDS

Automobile, Competitiveness, R&D, BMW, Specific environment.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis estratégico es una parte clave del proceso estratégico, si bien en las últimas décadas el análisis externo ha perdido peso como base para el diseño de la estrategia empresarial frente al análisis interno, no obstante, su importancia sigue siendo considerable. De este modo, nos adentramos en uno de los tipos de análisis externo, el análisis del entorno específico. Guerras y Navas (2014) definen entorno específico como “la parte del entorno más próxima a la actividad habitual de la empresa y que tiene que ver con el sector industrial al que la empresa pertenece y con el mercado al que se dirige”.

El presente trabajo aborda el estudio sobre la determinación del “atractivo” de las industrias – lo cual podría expresarse en términos generales como la aproximación a las claves principales de la competitividad y situación competitiva en cada industria–, tomando como base teórica los planteamientos de Porter (1982). Así, a partir del modelo de las cinco fuerzas de Porter se lleva a cabo una aplicación a la industria del automóvil, con el análisis de la estrategia que persigue el grupo BMW como punto central, a la vez que comparándola en los casos que proceda, con la de otros rivales, deduciendo qué métodos ha utilizado esta empresa para mantenerse como un grupo aún en expansión, y en qué ocasiones y mediante qué estrategias ha sido superado por sus competidores.

La metodología utilizada consiste en un estudio de caso del grupo BMW, con el marco conceptual proporcionado por las cinco fuerzas de Porter.

2. EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN

A pesar del grosor de este sector (turismos, furgones, autobuses, autocares...), el presente trabajo se limitará únicamente a los turismos.

2.1. INDUSTRIA AUXILIAR

En la fabricación de un vehículo intervienen distintos agentes, los cuales se detallan en la Figura 1.

Figura 1. Industria auxiliar del automóvil.

Fuente: Sernauto (Asociación Española de Proveedores de Automoción) (2016).

2.2. ECONOMÍA

La industria de la automoción es imprescindible para la economía española, con un 8.7% de participación en el PIB. Además, el peso de la industria también es importante sobre el empleo, tanto en términos de empleo directo como indirecto, a modo indicativo, la memoria ANFAC (2015) detalla que un 9% de la población activa —en España— es fruto de esta industria. Asimismo, las cifras del sector del automóvil español no sólo destacan en un contexto interno del país, sino también a nivel europeo, ya que España queda en segundo lugar como fabricante de turismos sólo por debajo de Alemania.

2.3. AUTOMOCIÓN EN ESPAÑA

España cuenta con un gran número de fábricas (Figura 2), pero no todas las marcas que conocemos fabrican en España, muchas fábricas importantes, entre ellas marcas que trataremos como BMW, importan el vehículo, ya sean algunas piezas o el vehículo completo, es por ello por lo que adquiere gran relevancia la importación. Según la dirección general de aduanas la importación total de

vehículos –en España– fue de 17.116 millones de euros en el año 2015 y la importación total de componentes (entre ellos motores y cajas de cambio) fue de 18.673 millones de euros. Asimismo, la importación de motores y cajas de cambio, según AFNAC, aumentó desde 2014 a 2015 en un 38.6%, y en un 29.7% la importación de turismos. Por otro lado, otros vehículos son fabricados de manera completa en España, desde sus piezas y componentes, hasta su ensamblado, con un aumento de un 25% en los vehículos exportados de 2014 al 2015 –un total de 29.071 turismos españoles se venden en el extranjero en el año 2015.

Figura 2. Mapa de fábricas.
Fuente: ANFAC (2015).

Además de los constructores de vehículos detallados en la Figura 2 (que producen motores y ensamblan piezas), España cuenta con fábricas de componentes y equipos que dan un 40% de puestos de trabajo más de lo que proporcionan los constructores de vehículos. España cuenta con asociaciones que agrupan y apoyan los intereses de fabricantes de equipos y componentes para la

automoción –SERNAUTO–, no hay que olvidar que estos fabricantes tienen un gran peso en la industria, ya que el I+D del que muchas marcas obtienen su ventaja competitiva se desarrolla por estos fabricantes de componentes y equipos.

3. ANÁLISIS DEL ENTORNO COMPETITIVO

3.1. DELIMITACIÓN DEL ENTORNO COMPETITIVO

El entorno competitivo se puede definir según el planteamiento de Abell (1980) mediante tres dimensiones: los grupos de clientes, las funciones y la tecnología.

Los grupos de clientes vienen referidos a los segmentos de la población a quienes se dirige el producto, en el caso de BMW: personas/entidades que deseen un vehículo de alta gama aceptando un precio superior ante otras alternativas.

Las funciones son las necesidades que el automóvil satisface, en este caso satisface las mismas necesidades de desplazamiento que cualquier otro vehículo. Si bien desde la perspectiva de la pirámide de Maslow, también satisface necesidades de seguridad, necesidades sociales, necesidades de autoestima y necesidades de autorealización.

Y por último la tecnología, es decir, cómo son cubiertas las funciones. Respecto a esta cuestión BMW ofrece entre otras características: motores superiores (mayor calidad, innovación y eficiencia) premiados por international engine of the year, turbocompresores que reducen las emisiones y el consumo, mejoras en seguridad y ahorro de energía, etc.

3.2. EL MODELO DE LAS CINCO FUERZAS

El modelo de las cinco fuerzas fue creado por Porter (1982) con la finalidad de servir como base en el análisis competitivo y la búsqueda de nuevas estrategias competitivas., en definitiva, es un modelo que sirve para evaluar el atractivo de la industria. En el presente epígrafe se van a tratar cada una de las cinco fuerzas (Figura 3), con la finalidad de evaluar la situación del grupo BMW en el sector del automóvil.

Figura 3. Las cinco fuerzas de Porter.

Fuente: Porter (1982).

3.3. INTENSIDAD DE LA COMPETENCIA ACTUAL

Existen distintas maneras de competir dentro de esta industria, tales como liderazgo en costes y diferenciación. La gran mayoría de empresas busca liderar en costes, con excepciones como podrían ser: Aston Martin, Lamborghini, RollsRoyce, Cadillac, etc. Hay algunas compañías que buscan añadir diferenciación mientras procuran ajustar su precio. De hecho, prácticamente todas las empresas persiguen liderazgo en costes a la vez que diferenciación, bajo la premisa de la innovación. La Figura 4 muestra la inversión en investigación y desarrollo de los principales fabricantes de vehículos, con una I+D caracterizada por las de grandes apuestas económicas que implica.

Hay algunas compañías que buscan añadir diferenciación mientras procuran ajustar su precio. De hecho, prácticamente todas las empresas persiguen liderazgo en costes a la vez que diferenciación, bajo la premisa de la innovación.

Figura 4. Inversión de I + D (€ M) en 2016 de las principales empresas de automóviles.
Fuente: European Commission (2016).

Para saber en qué situación, con respecto a lo expuesto, se encuentra el grupo BMW, buscamos a sus rivales en empresas que ofrezcan modelos con características similares en su modo de competir mediante precios e innovaciones similares. Bajo estos parámetros encontramos los grupos Mercedes-Benz y Audi.

En 2015, el grupo BMW fue superado por primera vez por el grupo Mercedes-Benz, el motivo principal fue un aumento de ventas por parte de Mercedes en su nuevo vehículo clase A, vendiendo 8.234 unidades, sólo superado por el turismo A1 de AUDI que vendió 11.525 unidades, en último lugar quedó el serie 1 de BMW, que vendió 7.157 unidades. Ante esta situación BMW decidió renovar su flota actual y crear nuevos modelos. Con esta información podemos deducir que además del precio, ampliar su gama de productos es otra buena forma de llegar al cliente.

Por último, debemos destacar a Lexus, una marca que nació con mucha posterioridad, 1989, creada por Toyota (BMW nace en 1916, Mercedes en el 1926, y AUDI 1909). Es interesante que a pesar de esto Lexus haya llegado a cinco mil unidades vendidas en 2015, empezó siendo un entrante potencial y hoy ha conseguido quitar a las tres marcas veteranas una parte de la cuota de mercado.

Esto no es lo habitual, pero lo realmente importante es cómo lo ha conseguido, ya que como veremos hay una gran cantidad de barreras de entrada que dificultan esta situación, por ejemplo, grandes inversiones en publicidad de las que Lexus prescindió para posicionar su producto y crear la imagen de su compañía. La cuestión es ¿cómo lo hizo?, pues de forma completamente innovadora basó su negocio en incorporar a su producto una serie de servicios que aumentarían su valor añadido, es decir, incorporó la “servitización” —*tendencia entre las empresas industriales hacia basar sus negocios de forma creciente en los servicios, con la finalidad de ganar competitividad (Vandermerwe y Rada, 1988)*. Este concepto ha evolucionado y como algunos autores mencionan se busca una relación perdurable entre comprador y vendedor. Se considera importante mencionar este concepto ya que, a día de hoy, y a partir de su utilización por Lexus, las demás empresas lo han incorporado como parte de su estrategia.

3.4. ENTRADA DE COMPETIDORES POTENCIALES

Barreras de entrada

La amenaza de nuevos competidores ha sido baja hasta ahora, las economías de escala y las fuertes inversiones de capital hacen que sea uno de los sectores más complejos donde iniciarse. Sin embargo, hay que tener presente que nos encontramos en un momento de cambio en el sector, a la vez marcas como Lexus ya consiguieron entrar en el segmento y consolidarse. No en balde, recientemente la compañía Tesla se está introduciendo en la industria. Si bien en ambos casos, ambas compañías explotan aspectos de gran valor añadido para los clientes de formas novedosas o con “conceptos de negocio” o “productos” muy diferentes a los tradicionales.

Entonces, la cuestión es: ¿Quiénes podrían acceder como competidores potenciales en el sector?

Inicialmente la respuesta pasa por los retos que afronta la industria de cara a los próximos años, los cuales representan importantes oportunidades que podrían ser aprovechadas por compañías relacionadas con la industria automotriz (como Bultaco) o procedentes de industrias completamente diferentes (como VELANTUR, resultado de la unión de Jofemar —máquinas expendedoras— y Retrofactory —vehículos Hurtan). Incluso, la amenaza de la aparición de empresas de nueva creación es muy importante, tal como sería el caso de Tesla. La mayoría de empresas de nueva entrada presentan apuestas por vehículos totalmente eléctricos o con otras fuentes de alimentación alternativas a las habituales en vista de los cambios de comportamiento de mercado hacia una mayor concienciación con el medio ambiente —aspecto que parece marcar una tendencia inexorable

en esta industria. Así, muchas nuevas entrantes buscan aprovechar su experiencia en el desarrollo o aplicación de nuevas tecnológicas, obviamente relacionadas con nuevos tipos de motores –con alternativas como gas (gas licuado del petróleo, gas natural comprimido), baterías de hidrógeno, eléctrico (100% eléctrico, híbrido enchufable, rango extendido). Por tanto, numerosos tipos de vehículos alternativos amenazan a los de BMW, especialmente por contar esta compañía con una menor eficiencia y experiencia en este tipo de vehículos, algo que en principio podría sorprender, pero obviamente las innovaciones de calado más radical y que rompen con los modelos de fabricación de vehículos actual proceden del exterior de la industria, ya que la industria está acostumbrada (éxitos pasados que desembocan en inercia) al desarrollo de motores de gasolina y diésel.

3.5. AMENAZA DE PRODUCTOS SUSTITUTIVOS

En la industria del automóvil se considera un producto sustitutivo a un medio de transporte que pueda desplazar a una persona de un lugar a otro, como puede ser el caso de un autobús, de trenes, tranvías, ferrocarriles suburbanos, etc. No obstante, se puede razonar que los productos sustitutivos al automóvil son una amenaza leve, ya que las prestaciones que busca el usuario de un vehículo privado no las encuentra en estos medios de transporte. No obstante, hay alternativas como la bicicleta o la motocicleta que alcanzan la categoría de vehículos privados.

Asimismo, nuevos desarrollos como vehículos autónomos, capaces de desplazar al usuario sin la existencia de un conductor, representan una importante amenaza. Este tipo de vehículos ofrecerá una mayor seguridad y la oportunidad de ahorrar tiempo a los usuarios, ya que podrán dedicarse a emplear el tiempo que antes usaban en la conducción en cualquier otra cosa. No debemos olvidar que a muchos conductores les gusta la experiencia de conducir, por ello no será un sustitutivo de quienes de centren en esta experiencia, y así lo intenta presentar BMW con su conocido marketing “¿te gusta conducir?”.

3.6. PODER NEGOCIADOR DE PROVEEDORES Y CLIENTES

I. Proveedores

En BMW las materias primas cuentan con una elevada exclusividad, esta calidad supone un factor de poder en los proveedores, ya que los fabricantes no pueden sustituir a su proveedor al ofrecer este un producto distinguido, y de mayor calidad.

II. Clientes

Hay dos segmentos por comportamiento del consumidor: clientes que buscan un buen precio, clientes que buscan experiencia.

Existen un gran número de clientes que demanda vehículos de bajo coste, y las empresas que se especializan en esto tienen una demanda en alza, según datos de ANFAC, Dacia vendió 36.485 vehículos en 2014 aumentando este número a 45.241 vehículos vendidos en el año 2015.

Por otro lado, se encuentran los clientes de vehículos que buscan experiencia en la conducción, y aquí es donde se especializan marcas como Audi, Lexus, Mercedes o BMW. Garantizando una serie de innovaciones que hacen de la experiencia de conducir distinta a lo que ofrecen otras marcas.

El cambio de conciencia hacia una mayor responsabilidad en cuanto a la sostenibilidad también afecta a la cartera de productos, obligando a las empresas a unas mayores inversiones para innovar en vehículos alternativos

3.7. MÁS ALLÁ DE LAS CINCO FUERZAS

Seguros

Los seguros del automóvil forman parte del sector, ya que influyen directamente en la compra de un vehículo, para poseer un automóvil tiene que tener seguro y así hace referencia el artículo 2 del Decreto 632/1968: *“Todo propietario de vehículos a motor que tenga su estacionamiento habitual en España vendrá obligado a suscribir un contrato de seguro por cada vehículo de que sea titular que cubra, hasta la cuantía de los límites del aseguramiento obligatorio, la responsabilidad civil a que se refiere el artículo 1 anterior. No obstante, el propietario quedará relevado de tal obligación cuando el seguro sea concertado por cualquier persona que tenga interés en el aseguramiento, quien deberá expresar el concepto en que contrata.”*

Los seguros asumen un riesgo que puede ser mayor o menor en función de varios motivos: el tipo de vehículo, el tipo de seguro y el tipo de conductor, cuanto más potencia tenga el vehículo y menos experiencia y edad tenga el conductor mayor será el precio, ya que el riesgo que asume la compañía aseguradora se incrementa. Por otro lado, la gama también influye, las reparaciones de un Seat Ibiza incluyen materiales más económicos que las reparaciones de un BMW. Se ha realizado una prueba en la aseguradora Mutua Madrileña con los siguientes resultados:

Marca y Modelo	Todo riesgo	Terceros
BMW serie 1	1.356,79 euros	745,25 euros
Seat Ibiza	920.73 euros	500.47
Chile	0.847	8.787

Como se ha mencionado al inicio de este epígrafe el seguro es obligatorio, pero las compañías privadas (Mutua Madrileña, Línea Directa, AXA, Pelayo) no tienen la obligación de aceptar cualquier vehículo o a cualquier conductor, en caso de que un conductor sea denegado por estas aseguradoras privadas puede optar al consorcio de compensación de seguros, que sólo cubre lo imprescindible (responsabilidad civil obligatoria). Un ejemplo de este tipo de situaciones fue el caso de los Renault Clio RS, Ford Escort RS Turbo, o el Lancia Delta Integrale.

Combustibles Fósiles

Al igual que el seguro del automóvil, el combustible (en caso de vehículos tradicionales) será un factor clave en este sector. Cada vez son más las empresas que reducen los consumos, Volkswagen o Renault tienen prototipos que buscan los 100 km con un solo litro. En este sentido, ingenieros españoles destacan en competiciones cuyo fin es la reducción del uso del combustible, en 2015 estudiantes de la UPV lograron realizar 1294 km con un litro de combustible, en 2016 otros estudiantes lograron los 3000 km con un litro de etanol. Además, los combustibles fósiles no dejan de ser un lobby, por ejemplo, los impuestos que el estado obtiene sobre los hidrocarburos, según la fuente CNMC, en 2014 recaudó 9.256 millones de euros. Esta situación puede complicar la transición a los vehículos con energías alternativas.

Cada vez son más las empresas que reducen los consumos, Volkswagen o Renault tienen prototipos que buscan los 100 km con un solo litro.

Medio Ambiente

El medio ambiente, apoyado por la legislación, empieza a ser un factor importante en la industria del automóvil. Con la finalidad de rebajar las emisiones y usar fuentes de energía alternativas se han desarrollado nuevos vehículos que funcionan a través de gas, hidrógeno o electricidad entre otros.

Figura 5. Aumento de turismos alternativos desde 2006.
Fuente: Dirección General de Tráfico (2016).

	Habitualmente	Algunas veces	Nunca	(NO LEER) No procede (no conduce, no tiene ningún vehículo)	N.S.	N.C.	(N)
Compra productos ecológicos, es decir, productos que no contaminan el medio ambiente	17,1	47,5	32,8	0,8	1,7	0,2	(2.495)
Cuando compra electrodomésticos elige los de bajo consumo energético, los más eficientes (etiquetas A, B o C)	57,9	24,0	11,7	2,6	3,3	0,5	(2.495)
Al comprar un coche/moto tiene en cuenta que sea el menos contaminante	27,3	15,5	26,2	27,0	2,9	1,2	(2.495)

Tabla 1. Sobre sensibilización ante agentes contaminantes 2015.
Fuente: CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas) (2015).

	Habitualmente	Algunas veces	Nunca	(NO LEER) No procede (no conduce, no tiene ningún vehículo)	N.S.	N.C.	(N)
Busca productos con envases que se pueden reutilizar (tarros de cristal, etc.)	35,0	36,6	26,7	1,2	0,3	0,1	(2.487)
Procura comprar productos mínimamente envasados o empaquetados	30,1	38,1	29,2	1,7	0,8	0,1	(2.487)
Cuando compra electrodomésticos elige los de bajo consumo energético	60,8	20,3	10,3	6,5	1,6	0,4	(2.487)
Al comprar un coche o moto tiene en cuenta que sea el menos contaminante	29,4	16,0	22,2	30,4	1,4	0,7	(2.487)
Utiliza los puntos limpios o llama a su Ayuntamiento para deshacerse de electrodomésticos y/o aparatos eléctricos que ya no sirven	71,5	19,1	5,9	3,0	0,2	0,3	(2.487)

Tabla 2. Sobre sensibilización ante agentes contaminantes 2016.
Fuente: CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas) (2016).

Aunque las empresas siguen realizando un marketing masivo y una gran producción hacia los vehículos tradicionales, la sensibilización es más evidente y con ello su comportamiento de compra. Según el CIS, cada vez hay más personas que habitualmente tienen en cuenta el menos contaminante al comprar un coche (tablas 1 y 2), esta mayor sensibilización obliga a las empresas a responder a cambios de comportamiento, tras este cambio podemos observar las diferentes tendencias que atraviesan unos vehículos y otros, los vehículos tradicionales crecieron hasta 2008, a partir de ese momento se mantienen en una situación estable, sin embargo los vehículos alternativos tienen una tendencia creciente desde 2011 (figura 5).

BMW sigue renovando su flota con vehículos eléctricos desde 36000 euros, que es el precio medio de adquisición de cualquier BMW. Además, la legislación ayuda a la integración de estos nuevos vehículos mediante planes como PLAN MOVELE 2015 o el PLAN MOVEA (Ayudas a

la adquisición de vehículos de energías alternativas) concediendo ayudas para la adquisición de vehículos eléctricos o de gas.

Las empresas tradicionales deben cuidar su innovación en este tipo de vehículos ya que cada vez hay más entrantes potenciales que esperan este cambio.

Legislación

La legislación en muchas ocasiones está vinculada al medio ambiente, promoviendo el uso de vehículos menos contaminantes, además de favorecer la compra de nuevos vehículos que emitan menos emisiones y tengan mayor seguridad. Cabe destacar la última medida legislativa que ha afrontado Noruega, consistente en la prohibición de vehículos de gasolina o diésel en 2025, a la vez que fomentando los vehículos alternativos con generosas ayudas como la exención del IVA.

4. CONCLUSIONES

Nos encontramos en un momento de cambio en el sector de la automoción, hemos visto cómo influye el precio, el diseño, la experiencia de conducción... pero otros factores como los vehículos de energía alternativa (gas, electricidad, hidrógeno...) y los vehículos de conducción autónoma son el nuevo futuro, abriendo nichos en los que se introducirán nuevas empresas. Bien es cierto, que las nuevas empresas no tienen la misma experiencia en este sector que las veteranas, y por tanto no pueden ofrecer al comprador la misma confianza en un vehículo que las empresas ya instaladas. Pero no debemos olvidar que empresas como Lexus ya lo hicieron, utilizando la servitización para generar en sus clientes una percepción de producto de elevada calidad y exclusividad, al mismo tiempo que la seguridad de una relación que no termina con la venta del vehículo. Estas relaciones duraderas son clave para la venta de vehículos –especialmente los de gamas más altas–, ya que el comprador necesita la confianza suficiente en el fabricante del vehículo para tener la garantía de lanzarse a la compra de un nuevo producto, ya sea un vehículo de energía alternativa o un vehículo de conducción autónoma, que no le defraudará. En definitiva, será interesante ver si finalmente empresas que cuentan con fieles clientes, como Apple, pueden quitar cuota de mercado, mediante los vehículos autónomos, a las más veteranas si finalmente se lanzan a este sector.

Una de las claves para el grupo BMW será anticiparse a sus competidores en cuanto a los cada vez más demandados, vehículos alternativos, continuando e intensificando la generación de innovaciones relativas al rendimiento medioambiental de los vehículos y ampliando su gama de productos a vehículos eléctricos o de hidrógeno. Pero hasta que se produzca un cambio total, se deberá buscar una transición hacia las energías limpias mediante vehículos híbridos y de gas. Es importante ajustar los precios de estos vehículos hasta que alcancen precios similares a los tradicionales, y que sus baterías y sus formas de recarga sean útiles, que tengan una autonomía suficiente y una carga cómoda incluso para una mayoría de la población que no cuenta con un garaje donde cargar el vehículo. BMW puede y debe captar clientes que busquen una experiencia al conducir sus vehículos alternativos que sea similar a los tradicionales, y así lo intenta con vehículos como su i3, 100% eléctrico, con un precio a partir de 36.000 euros (similar al resto de sus vehículos) y una potencia de 170 cv. Ahora plantea nuevos diseños deportivos, más rápidos y con mayor autonomía para seguir siendo fieles a la experiencia en la conducción que prometen.

Si bien, y para finalizar, debemos mencionar que el modelo de las cinco fuerzas no se puede tomar como punto central en el diseño estratégico, ya que el análisis interno ha ganado importancia en los últimos años, con perspectivas como la teoría de los Recursos y Capacidades que han pasado a ocupar dicha posición. La confluencia de análisis interno y análisis del entorno general y específico sigue siendo la ineludible plataforma del diseño estratégico de cualquier compañía. En este sentido, la estrategia de carácter competitivo es la que más directamente podría verse beneficiada del análisis de las 5 fuerzas de Porter, pero son numerosos los aspectos no abordados, tales como el marco político y legal, el medioambiente, combustibles fósiles o los seguros entre otros. No hay que pasar por alto ninguno de estos aspectos, es evidente que influyen directamente en la industria. Por ejemplo, el medio ambiente ha influido de tal manera que puede cambiar por completo la forma actual de competir, así como la legislación, un ejemplo claro será Noruega, donde en apenas unos años podremos ver el fin de los vehículos tradicionales, y entonces comenzará una etapa donde nada será como antes. Asimismo, un análisis exclusivo desde las 5 fuerzas de Porter, no deja entrever la importancia de la introducción de conceptos de negocio completamente nuevos, capaces de desbancar a las empresas establecidas o de superar importantes barreras de entrada relativas a marketing, imagen, reputación, experiencia, etc. Otro aspecto destacable es la falta de enfoque sobre los cambios y evolución de la industria, especialmente fuera del vehículo tradicional (diésel y gasolina). Por tanto, las cinco fuerzas de Porter no hacen especial énfasis en los conductores del crecimiento y supervivencia en la industria, en concreto, debido a que estos se fundamentan principalmente en el caso estudiado, en el cambio, la innovación y el medioambiente.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones) (2015). *Memoria ANFAC 2015*, Recuperado de: <http://www.anfac.com/memoria/memoriaAnfac2016.htm>

Abell, D. F. (1980). *“Defining the Business”*, Englewood Cliffs, Estados Unidos: Prentice-Hall.

CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas) (2015). España: *Barómetro de diciembre 2015*. (Estudio nº 3121). Recuperado de: http://datos.cis.es/pdf/Es3121mar_A.pdf

CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas) (2016). *Barómetro noviembre 2016*, (Estudio nº 3159). Recuperado de: http://www.cis.es/cis/export/sites/default/Archivos/Marginales/3140_3159/3159/Es3159mar.pdf

Dirección General de Tráfico (2016). *Serie históricas del parque de vehículos*, Recuperado de: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/series-historicas/>

European Commission (2016). *EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Recuperado de: <http://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard16.html>

Guerras, L.A., y Navas J. E. (2014). *La dirección estratégica de la empresa, teoría y aplicaciones*, España: Aranzadi.

Porter, M. (1982). *“Estrategia competitiva”*. México: C.E.C.S.A

Sernauto (Asociación Española de Proveedores de Automoción) (2016). *Agentes del sector automoción*. Recuperado de: <http://www.sernauto.es/es/sector-automocion/agentes-del-sector-automocion>

Vandermerwe, S., y Rada, J. (1988). Servitization of business: adding value by adding services. *European Management Journal* 6(4), 314-324.

/02/

Elaboración de una CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos (PCBs)

Development of a CNC of 3 axes for the routing of tracks and drilling of printed circuits (PCBs)

Jhonny Marcelo Orozco Ramos

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial,
Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. Ecuador.
ingjmorozco@gmail.com

Eduardo Francisco García Cabezas

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial,
Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. Ecuador.
edugarcia_87@hotmail.com

Carlos José Santillán Mariño

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial,
Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. Ecuador.
csantillan_m@epoch.edu.ec

Carlos Oswaldo Serrano Aguiar

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial,
Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. Ecuador.
carlos.serrano@epoch.edu.ec

Juan Carlos Cayán Martínez

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial,
Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. Ecuador.
jcyanmartinez@yahoo.es

Recepción: 14/12/2017. **Aceptación:** 22/01/2018. **Publicación:** 14/06/2018

Citación sugerida:

Orozco Ramos, J. M., *et al.* (2018). Elaboración de una CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos (PCBs). *3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 28-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.177993/3ctecno.2018.v7n2e26.28-47/>

RESUMEN

Esta investigación se centra en la elaboración de un prototipo de control numérico computarizado (CNC), teniendo en cuenta los parámetros de diseño, control e interfaz mejorando la diagramación y elaboración de placas electrónicas PCBs, con un software libre EMC2, mejorando notablemente a los métodos tradicionales o artesanales mejorando la calidad, bajando los costos de producción e incrementando la repetitividad de las mismas placas o construcción en serie. El diseño se realiza en el software Solidworks Educacional con una comprobación de cada elemento aplicando los esfuerzos en la traslación longitudinal o eje Y con carga normal de esta manera realizar los análisis estáticos y comportamiento de los elementos según el material que se vaya a fabricar teniendo las dimensiones principales de largo: 520 mm, Ancho: 160 mm y Espesor: 15mm. con un área de trabajo de 320 mm de ancho. El prototipo cuenta con un sistema mecánico, sistema de control con una tarjeta controladora JP-382 y sistema de programación con la visualización de las trayectorias, y la ubicación de la punta de la herramienta mediante la generación de los códigos G, disminuyendo la fabricación de estas tarjetas en un 60% de la construcción de una placa de forma manual.

ABSTRACT

This research focuses on the development of a prototype computerized numerical control (CNC), taking into account the parameters of design, control and interface improving the layout and development of electronic boards PCBs, with a free software EMC2, significantly improving the methods traditional or artisanal improving quality, lowering production costs and increasing the repeatability of the same plates or series construction. The design is carried out in the Solidworks Educational software with a check of each element applying the efforts in the longitudinal translation or Y axis with normal load in this way to perform the static analysis and behavior of the elements according to the material to be manufactured having the main length dimensions: 520 mm, Width: 160 mm and Thickness: 15 mm. with a working area of 320 mm width. The prototype has a mechanical system, control system with a controller card JP-382 and programming system with the visualization of the trajectories and the location of the tip of the tool by generating the G codes, reducing the manufacture of these cards in 60% of the construction of a plate manually.

PALABRAS CLAVE

CNC, Estático, Solidworks, Prototipo, Ejes.

KEY WORDS

CNC, Static, Solidworks, Prototype, Axes.

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras máquinas de control remoto numéricos (CNC) aparecieron en los años 40 y 50, por medio de motores descodificados siguiendo las instrucciones cifradas en unas tarjetas perforadas, debido a la alta demanda de elementos mecánicos en la industria aeronáutica evitando de esta manera los errores posibles (LASHERAS, 2013). Con el pasar del tiempo las máquinas CNC dejan el uso de plantillas especiales, dando paso a programas con instrucciones específicas almacenadas en una computadora de esta manera se logra simular. El programa es simulado antes de cualquier error en el mecanizado para obtener un diseño requerido reduciendo el tiempo de maquinado y el tiempo de ejecución” (PABLA, et al., 1994).

Los sistemas de control numérico CNC tienen un control en lazo abierto y lazo cerrado considerando que el lazo abierto es sencillo, pero a su vez más económico y permite la adquisición de este sistema. En cambio, el lazo cerrado genera exactitud en trabajos de desbaste de gran profundidad considerando materiales duros dentro de su control generando un movimiento uniforme y una fuerza de arrastre suficiente en el sistema (CULTURA, 2002). En el caso del interfaz y diseño de las tarjetas electrónicas se lo realiza mediante el Enhanced Machine Controller (EMC), que es un software en Linux para el control de máquinas CNC permitiendo un sistema de control de movimientos para cada uno de los ejes, siendo una mejora al lenguaje estándar RS274 (de códigos G), así como diversas interfaces gráficas de usuario (GÓMEZ, 2009).

Las máquinas CNC originalmente fueron creadas para el manejo y manipulación de metales, con el pasar del tiempo se han adecuado para que den ayuda o presten sus servicios en el manejo de nuevos diseños trabajando en maderas, plásticos, espumas, telas y otros materiales, considerado como Router CNC se puede decir que es una herramienta automatizada de control numérico de 3 ejes utilizada en la manufactura de materiales blandos, como madera, acrílico, cerámicos, entre otros, utilizado para generar piezas artesanales que necesiten de acabados precisos sin recurrir a grandes maquinarias de control numérico. Un Router CNC por lo general está constituido de 11 componentes, los cuales se pueden dividir en 3 sistemas que son: Sistema mecánico y estructural con la mesa de trabajo y movimientos del router, sistema de accionamiento con los ejes de desplazamiento, fijación de material y la fijación de la herramienta manual y el sistema de automatización y control con los controladores físicos de la CNC conjuntamente a la programación de control numérico con la maquinaria de corte, router manual y herramienta de corte con los parámetros adecuados (ALAIN, 2011). En este caso, los circuitos impresos que sirven para conectar y sostener elementos

electrónicos, por lo general las pistas son de cobre con una base de resina de fibra de vidrio reforzada, cerámica, teflón, plástico o polímeros comunes como la baquelita (MITZNER, 2009).

2. METODOLOGÍA

2.1. TÉCNICAS DE REALIZACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS

En la fabricación de un vehículo intervienen distintos agentes, los cuales se detallan en la Figura 1.

Esta investigación parte del análisis de las técnicas de impresión para evaluar el método más eficiente, rápido y con una precisión adecuada en el caso de hacer circuitos en serie, las técnicas aplicadas son las siguientes:

Técnica 1: Se dibuja el circuito deseado sobre la placa de cobre de forma manual con marcadores de tinta indeleble resistente al agua en el caso de que el circuito a utilizar no sea muy complejo, luego se realiza un ataque químico con cloruro férrico o una solución de ácido clorhídrico con agua oxigenada, durante 15 a 20 minutos aproximadamente sin descuidar el movimiento del recipiente para tener un adecuado ataque químico y posteriormente realizar el taladrado del PCB's.

Técnica 2: Se realiza el mismo ataque químico excepto que en lugar de dibujar el circuito se ubican cintas plásticas adheribles y sus variaciones según encapsulados de componentes: PAD, SIP, DIP o DIL.

Técnica 3: En esta etapa se utiliza Proteos o algún cualquier programa ECAD (Electronic Computer – aided Design) en el diseño electrónico de PCBs. Y luego imprimirlo en papel transfer, ubicándole en el cobre con fuente de calor de una plancha doméstica. Posteriormente un ataque químico y al taladrado.

Técnica 4: Se diseña el circuito en una plataforma ECAD, para imprimir en negativo en una lámina termorresistente. Por medio de soluciones químicas de serigrafía como foto emulsión y pintura acrílica se cubre la lámina de cobre de la placa, se coloca la lámina transparente y aplicando la luz UV con mucho cuidado por varios minutos. Por último, se aplica un químico para revelar las pistas en la placa, para seguir con la limpieza de la placa de circuito impreso con las líneas guías y realizar el taladrado.

Técnica CNC: Esta técnica simplifica el proceso completo y sustituye el uso de químicos conjuntamente a los equipos de protección. En esta etapa se diseña el circuito en programas ECAD (ElectronicComputer – AidedDesign), generando códigos que ordenen a la máquina CNC procediendo a dibujar el recorrido sobre la lámina de cobre y finalizar con el taladrado respectivo. (MITZNER, 2009)

Uso de:	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Técnica 4	Técnica CNC
Compuestos químicos	10	10	10	10	1
Materiales para la ejecución de cada placa	4	4	6	9	1
Tiempo invertido por cada placa	7	8	9	10	3
Total	21	22	25	29	4

Tabla 1. Valoración de las técnicas de fabricación de circuitos (PCBs).

Como se puede observar en la Tabla 1 la mejor opción es la técnica por medio de una CNC considerando 1 eficiente y 10 deficiente como rangos de medida por este motivo se plantea la creación de una máquina CNC para el ruteo y taladrado de circuitos PCB's.

2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA CNC DE TRES EJES

Para el diseño y construcción de la máquina CNC se tiene los siguientes parámetros de diseño considerando las medidas estándar de las placas PCB's como:

- Recorrido eje X = 300 mm.
- Recorrido eje Y = 400 mm.
- Recorrido eje Z = 50mm.
- Peso del spindle y su base = 2 Kg.

Con los datos obtenidos como principales se procede a obtener la potencia del tupi y seleccionar la que se va a utilizar.

Cálculo de la velocidad de corte:

$$N = \frac{V_c \cdot 1000'}{\pi \cdot d} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 6} = 10610.329 \text{ RPM}$$

Cálculo de la velocidad de avance:

$$s' = S_z \cdot z \cdot N = 0.2 \cdot 2 \cdot 10610.329 = 4244.132 \text{ mm/min}$$

Cálculo de la sección de la viruta:

$$S_v = a \cdot S_z = 2 \cdot 0.2 = 0.4 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la cantidad máxima admisible de viruta:

$$V = \frac{a \cdot b \cdot s'}{1000} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 4244.132}{1000} = 25.46 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Cálculo de la potencia del tupi:

$$P = \frac{v}{v'} = \frac{25.46}{75} = 0.339 \text{ KW} \approx 339 \text{ W}$$

No existen Spindles de 339 W por lo que se selecciona el inmediato superior de 350 W que existe en el mercado, con estos valores se obtiene la fuerza de corte.

$$e = \left(\frac{s'}{z \cdot N} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{a}{b}} \right) = \left(\frac{4244.132}{2 \cdot 10610.329} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{2}{3}} \right) = 0.16 \text{ mm}$$

$$k_s = K_{s0} \cdot e^{-z} = (19 \text{ N/mm}^2) \cdot (0.16)^{-0.3} = 32.29 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c = K_s \cdot S_v = (32.29 \text{ N/mm}^2) \cdot (0.4 \text{ mm}^2) = 13.17 \text{ N}$$

2.3. CÁLCULO DE EJE VERTICAL

Con estos datos se procede a realizar el diseño de la máquina.

Se debe considerar la orientación de la carga aplicada con respecto al sistema que se considera de guías, aun cuando la orientación de la carga no es vertical, con tal que la carga conserve la relación con las guías (*Techno, 2008*).

Figura 1. Traslación vertical con carga vertical (Ecuaciones de cálculo).

Fuente: Technical Information, Techno INC. Pag 22. Techno Linear Motion Catalog y (Canga y Lamiña. 2016).

Considerando $W = 2 \text{ Kg} = (19,6 \text{ N})$ Fuerza ejercida por el Spindle y $F_c = 13,17 \text{ N} =$ Fuerza de corte tenemos:

$$L = W + F_c = 19,6 \text{ N} + 13,17 \text{ N} = 32,77 \text{ N}$$

$d_1 = 30 \text{ mm}$, $d_2 = 50 \text{ mm}$, $d_3 = 65 \text{ mm}$ y $d_4 = 0 \text{ mm}$, debido a que la ubicación de la carga (L) del spindle se encuentra en el centro y paralela al tornillo

$$F_1 = F_3 = \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = \frac{32.77}{2} \left(\frac{60}{30} \right) = 32.77 \text{ N}$$

$$F_2 = F_4 = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = -\frac{32.77}{2} \left(\frac{60}{30} \right) = -32.77 \text{ N}$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{32.77}{2} \left(\frac{0}{50} \right) = 0 \text{ N}$$

$$F_{2s} = F_{4s} = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = -\frac{32.77}{2} \left(\frac{0}{50} \right) = -0 \text{ N}$$

Por medio del Cálculo de Fuerzas, Momentos al aplicar dentro de los ejes se obtiene los siguientes resultados.

Figura 2. Diagrama cuerpo libre, fuerzas y momentos flectores y restricciones.

Fuente: (Canga, Lamiña. 2016).

Con un acero AISI L2 o Thyrodur 2210, el S_y se reemplaza en la ecuación se obtiene:

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n} = \frac{365.4}{2} = 182.7 \text{ N/mm}^2$$

Con el momento calculado $M = 8941,35 \text{ Nmm}$ se obtiene:

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}} = \frac{8941.35 \text{ N} \cdot \text{mm}}{182.7 \text{ N/mm}^2} = 48.94 \text{ mm}^3$$

El diámetro del eje que se necesita es:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32S}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 48.94 \text{ mm}^3}{\pi}} = 7.93 \text{ mm}$$

2.1. CÁLCULO DEL EJE HORIZONTAL

Figura 3. Traslación horizontal con carga normal (Ecuaciones de cálculo).

Fuente: Technical Information, Techno INC. Pag 22. Techno Linear Motion Catalog y (Canga y Lamiña. 2016).

De la misma manera que en el eje vertical se realiza el eje horizontal y de esta manera se selecciona el tipo de material que se va a utilizar y el esfuerzo realizado.

$$F_1 = \frac{117.05 N}{4} - \frac{117.05 N}{2} \cdot \left(\frac{85}{40} + \frac{136}{260} \right) = 125.71 N$$

$$F_2 = \frac{117.05 N}{4} + \frac{117.05 N}{2} \cdot \left(\frac{85}{40} - \frac{136}{260} \right) = 123.01 N$$

$$F_3 = \frac{117.05 N}{4} - \frac{117.05 N}{2} \cdot \left(\frac{85}{40} - \frac{136}{260} \right) = -64.49 N$$

$$F_4 = \frac{117.05 N}{4} + \frac{117.05 N}{2} \cdot \left(\frac{85}{40} + \frac{136}{260} \right) = 184.24 N$$

La fuerza $F_3 = 64.49 N$ y $F_4 = 184.24 N$, valores calculados en el ítem anterior se realiza el diseño de los dispositivos mencionados con $L_1 = 225 \text{ mm}$, $L_2 = 40 \text{ mm}$, $L_3 = 225 \text{ mm}$, aplicando los diagramas de fuerzas y momentos.

Considerando un factor de seguridad $n = 2$, ubicando el material SAE/AISI 1050, con su respectivo $S_y = 364.4 \text{ Mpa (Nmm}^2\text{)}$.

El S_y se reemplaza en la ecuación obteniendo:

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n} = \frac{365.4}{2} = 182.7 \text{ N/mm}^2$$

Con el valor de momentos se procede a reemplazar para obtener el diámetro que se necesita en la máquina CNC.

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}} = \frac{29081.25 N \cdot mm}{182.7 \text{ N/mm}^2} = 159.17 \text{ mm}^3$$

El diámetro del eje que se necesita es el siguiente:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32S}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 159.17 \text{ mm}^2}{\pi}} = 11.74 \text{ mm}$$

3. RESULTADOS

3.1. MODELADO DE LA MÁQUINA CNC DE TRES EJES

Con los datos obtenidos mediante los cálculos realizados se procede a realizar el modelado de cada una de las partes, en este caso en Solidworks educacional como es el caso de la mesa con los datos de Largo: 520 mm, Ancho: 160 mm y Espesor: 15mm., ubicando dos perfiles para cubrir un área de trabajo de 320 mm de ancho. La base del soporte de motor donde se van a ubicar las herramientas se realiza con ranuras a los costados y un espacio ranurado entre la base para la circulación adecuada del aire eliminando el exceso de temperatura que produce el motor con un radio de los spindle porta herramienta de 26 mm., ubicando 2 agujeros que cruzan por el cuerpo del soporte donde estarán un par de rodamientos lineales que servirán de guías y un tercer agujero para el sistema de transmisión del eje Z como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Mesa de trabajo, base del soporte del motor, soporte del eje Y y X de la CNC.

En la Figura 5 se muestra los soportes del eje X junto al motor splinde que realizara el funcionamiento de fresado y taladrado en las placas.

Figura 5. Guía Soporte del eje X y del splinde en el eje Z de la máquina CNC.

Al obtener cada una de las piezas se procede a realizar un ensamble completo como se observa en la Figura 6 de esta manera se obtiene la CNC completa y lista para realizar los análisis correspondientes para posteriormente empezar con su construcción.

Figura 6. Ensamble Completo de las piezas de la máquina CNC.

3.2. ANÁLISIS DE CARGAS APLICADAS EN LA CNC

Al aplicar las cargas el análisis de elementos finitos comprueba que no sobrepasan los límites de esfuerzos en las guías y en la estructura, determinando la deflexión máxima de los ejes. Se obtiene un esfuerzo máximo de 3.5 Mpa, el cuál es menor al esfuerzo máximo del material detallado en tablas igual a 84 Mpa como se muestra en la Figura 8.

Figura 7. Análisis de Esfuerzos en el conjunto completo de la CNC de tres ejes.

Siguiendo con los cálculos obtenidos se tiene una deflexión máxima de $1,47 \times 10^{-1}$ mm, que es imperceptible por lo que se considera que el diseño propuesto es el más óptimo para su construcción y pruebas como se puede observar en la Figura 8.

Figura 8. Deflexión máxima para taladrado en la CNC.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CNC DE TRES EJES

Una vez analizado el sistema en un paquete computacional de diseño, verificando previamente los esfuerzos a los que se va a someter y los resultados obtenidos, se procede a realizar la construcción del equipo empezando con el armado de las guías y la mesa, ubicando un rodamiento radial 698zz en el alojamiento de las placas para soporte frontal y posterior. Luego se incrusta el sistema de guías lineales al husillo en los rodamientos, poniendo los ejes a la placa base y sujetando al costado por medio de tornillos con el juego correspondiente que necesitan las guías como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Guías de la placa base.

Por medio de las placas laterales con la placa guía del eje Y, se puede manipular y centrar el sistema guía, sujetando el motor paso a paso y con tornillos y arandelas de presión se mantiene fijo el sistema. A su vez, se procede a realizar el sistema de control con el cableado necesario mientras se continua con el ensamblaje mecánico, en el ensamblaje eléctrico se utiliza un cable recubierto. A un extremo se ubican enchufes tipo aviadador de 15A 250V permitiendo una conexión rápida a la fuente de alimentación donde se ubican los drivers como se observa en la Figura 10.

Figura 10. Ensamble y Cableado de los circuitos eléctricos – electrónicos.

3.4. SISTEMAS DE CONTROL DE LA CNC

En la Figura 11 se observa el sistema de control con sus diferentes componentes, siendo el principal el controlador CNC, interpretando las señales enviadas por el ordenador para el control de posicionamiento numérico, velocidades, entradas y salidas digitales, mientras la máquina se encuentra en funcionamiento.

Figura 11. Diagrama de bloques de los componentes del sistema de control.

Fuente: Canga y Lamiña 2016.

Los controladores de motores paso a paso, se seleccionan según su costo funciones y parámetros, como es el caso de la tarjeta de control JP-382^a, permitiendo una interacción entre el software EMC2 y la tarjeta, por medio de una frecuencia mínima de 6,66 kHz. De todos modos, son aceptables los 35kHz para evitar conflictos por rangos de frecuencia elevada, sumado a ello el nivel de voltaje que son los indicados para nuestros motores paso a paso como se observa en la Figura 12.

Figura 12. Tarjeta controladora JP-382.

Para fomentar la aplicabilidad del prototipo, se realiza un diseño básico de una tarjeta para recuperar el PLC, tomando en cuenta a un PIC 16F84A o PIC 16F628 por tratarse de un controlador lógico programable, teniendo en cuenta la fuente regulada a 5V para el microcontrolador. No obstante, la entrada debe ser de 12V ya que esta alimenta los relés, pero podría mejorarse mediante un regulador de 12V. Definido el tipo de circuito en el CadSoft EAGLE se ubica en el editor de diagramas esquemáticos, donde es posible colocar componentes y conectarlos a través de cables o etiquetas para representar las conexiones eléctricas. Cabe mencionar que se escogen todos los parámetros necesarios como condensadores, resistencias y todo lo que se va a ubicar en la tarjeta electrónica como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Editor de diagramas esquemáticos de EAGLE y previsualización de la tarjeta electrónica y ubicación en el plano.

En Linux CNC que es un sistema de software libre para el control computarizado de máquinas herramienta como fresadoras, tornos y cortadoras de plasma se ubican los siguientes parámetros para que genere el código G y a su vez realice la tarjeta, los parámetros ubicados en la Tabla 2 que son:

Parámetro	Eje X	Eje Y	Eje Z
Motor steps per revolution	400	400	400
Driver microstepping	8	8	8
Pulley teeth	1:1	1:1	1:1
Leadscrew Pitch	8	8	8
Máximo velocity	25	25	15
Máximo aceleration	120	120	75
Home location	0	0	0
Table travel	-150 to 150	-200 to 200	-10 to 25

Tabla 2. Parámetros de configuración individual para los ejes.

La previsualización es una gran ventaja, permitiendo controlar como avanza el proceso directamente desde el ordenador de esta manera poder corregir antes de enviar a realizar la placa electrónica.

3.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento se realizan mediante un protocolo de comunicacion y diseño de la tarjeta electrónica junto a sus componentes que se van a utilizar. En este caso, una tarjeta electrónica de un plc para restaurar la placa quemada como se muestra en la Figura 14, además, cabe mencionar que sirve para cualquier tipo de tarjeta.

Figura 14. Diagrama de la tarjeta en Linux CNC EMC2 y el desarrollo de la tarjeta electrónica.

Tras culminar la lectura de los códigos de la tarjeta PCB con el Linux CNC EMC2 y a la vez el ruteo de las pistas en la placa de cobre, se obtiene el producto mecanizado para posteriormente taladrar y ubicar los elementos en la tarjeta de recuperación de PLC como muestra de la funcionalidad de la máquina CNC. Con esta propuesta de maquinaria se reducen los tiempos de producción en un 60% con una precisión del 100%, pudiendo realizar tarjetas en serie con las mismas características y pensar en una producción fuerte en tarjetas de recuperación de PLC's, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Realización de la tarjeta electrónica y ubicación de los componentes.

4. CONCLUSIONES

Mediante los cálculos realizados, se tiene una base para el diseño en el paquete de diseño solidworks. De esta manera, se logra disminuir tiempos innecesarios de pruebas en los diámetros adecuados para los elementos motrices.

Al realizar el diseño en el paquete CAD (Dibujo Asistido por computadora) se elimina la prueba error que comúnmente se realiza en la construcción de maquinaria con un límite de fluencia muy por debajo del permitido. Es el paso previo a la construcción considerando un sistema de control CNC, individual para cada eje, posicionando un útil de corte a lo largo de una superficie de trabajo como la baquelita de cobre.

La utilización de softwares libres es de gran ayuda, como es el caso de CadSoft EAGLE que cuenta con una librería amplia en cuanto a los elementos electrónicos que se van a ubicar en la tarjeta electrónica PCB y en un futuro realizar una interfaz buena a máquinas de mayor magnitud e industriales.

La utilización de softwares libres es de gran ayuda, como es el caso de CadSoft EAGLE que cuenta con una librería amplia en cuanto a los elementos electrónicos que se van a ubicar en la tarjeta electrónica PCB.

La utilización de la máquina CNC de tres ejes es de fácil manejo, la única condición es tener cuidado con la alineación de los ejes guías, que sirven de soporte para los ejes X, Y, Z. Si no se pone atención a este detalle se presentarían interferencias durante el deslizamiento de los elementos móviles del equipo y en el cambio de la herramienta, ya sea en el fresado y taladrado de la placa electrónica.

Al disminuir en un 60% el tiempo de realización de una tarjeta electrónica y evitando el contacto de las personas a los elementos químicos se precautela la integridad de las personas que manipulan estos elementos cuidando el medio ambiente y a su vez la salud de los trabajadores.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alain, A. (2011). *Understanding CNC Routers*. 1a ed. Canadá: FP Innovations Forintek Division, p. 102.

Ampletos. (2011). *Fabricación de circuitos impresos PCBs*. [En línea]. [Consulta: 2015 de Septiembre de 22.]. Disponible en: <http://esbuzz.net/trends/video/fabricaci%EF%BF%BDn-de-circuitos-impresos-con-el-m-BDtodo-de-planchado>

CULTURA. (2002). *Manual de Mecánica Industria –Máquinas y Control Numérico*. Madrid, España: Cultural S.A, p. 22.

Gómez, J. (2009). *Control de un CNC mediante EMC2*. Hobremecatronico. [En línea]. [Consulta: 22 de Septiembre de 2015.] Disponible en: <http://hobremecatronico.es/2009/12/control-de-un-cnc-mediante-emc2/>

Lasheras, J.M. (2013). *Tecnología mecánica y metrotecnica*. Octavio & Félez. [En línea]. [Consulta: 15 de Enero de 2016.]. Disponible en: <http://www.acomee.com.mx/CONTROL%20NUMERICO.pdf>

Mitzner, K. (2009). *Circuito impreso*. Newnes. [En línea]. [Consulta: 22 de Septiembre de 2015.]. Disponible en: http://umh2300.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/201/2013/02/Tema-1_ppt.pdf

Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales Aplicada*. 5ta ed. Dayton: PEARSON, p. 239-439.

Pabla, B.S. & Adithan, M. (1994). *CNC Machine*. 1a ed. s.l.: New Age International, p. 5.

Canga A. & Lamiña B. (2016). Diseño y construcción de una máquina cnc de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos (pcbs) por emc2, aplicable en tarjetas de recuperación de PLC's. ESPOCH.

/03/

Factores que influyen en el uso de las aplicaciones móviles en instituciones financieras mediante smartphone y su comparación entre las ciudades de Arica (Chile) y Tacna (Perú)

Factors that influence the use of mobile applications of financial institutions by smartphone and its comparison between the cities of Arica (Chile) and Tacna (Peru)

Jorge Bernal Peralta

Doctor en Financiación e Investigación Comercial (UAM-España), académico de la Escuela Universitaria de Administración y Negocios de la Universidad de Tarapacá (Arica-Chile).
jbernal@uta.cl

Luis Espinoza Villalobos

Maestría en Administración y Negocios (NBR-Perú), académico de la Escuela de Postgrado Neumann Business School (Tacna-Perú).
lespinoza@neumann.edu.pe

Ernesto Leo Rossi

Magister en Dirección y Gestión de Empresas (UTA-Chile), académico de la Escuela de Postgrado Neumann Business School (Tacna-Perú).
eleo@neumann.edu.pe

Luis Quiñones Baraybar

Magister en Dirección y Gestión de Empresas (UTA-Chile), académico de la Escuela de Postgrado Neumann Business School (Tacna-Perú).
lquinones@neumann.edu.pe

Giomar Moscoso Zegarra

Maestro en Ciencias Sociales con mención en Contabilidad (UNJB-Perú), académico de la Escuela de Postgrado Neumann Business School (Tacna-Perú).
gmoscoso@neumann.edu.pe

Recepción: 15/12/2017. **Aceptación:** 26/01/2018. **Publicación:** 14/06/2018

Citación sugerida:

Bernal Peralta, J., *et al.* (2018). Factores que influyen en el uso de las aplicaciones móviles en instituciones financieras mediante smartphone y su comparación entre las ciudades de Arica (Chile) y Tacna (Perú). *3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 48-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.177993/3ctecno.2018.v7n2e26.48-61/>

RESUMEN

Las instituciones financieras han adoptado cambios importantes dentro de sus procesos internos y externos debido al avance tecnológico, viéndose obligados a invertir en plataformas tecnológicas que permitan mejorar la atención de sus clientes. Lo anterior, permitió el desarrollo de aplicaciones móviles (App) en Smartphone para ofrecer la mayoría de sus servicios a sus clientes en el menor tiempo posible y sin necesidad de traslado a sus oficinas corporativas.

Por tanto, este estudio tiene por finalidad determinar los factores que influyen en el uso de aplicaciones móviles de las instituciones financieras mediante la utilización de Smartphone. Esta investigación se realizó en las ciudades de Tacna (Perú) y Arica (Chile). Es un estudio muestral que utilizó como instrumentos de medición encuestas a los usuarios de Arica y Tacna, y entrevistas semi-estructuradas a los directivos de las instituciones financieras. Para ello, se utilizó el modelo TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) que permitió identificar los factores que inciden en los clientes o usuarios en la utilización de dichas App.

Esta investigación permitió demostrar que los factores que más influyen en el uso de aplicaciones móviles son: facilidad de uso percibida (FU), utilidad percibida (UP), compatibilidad del estilo de vida (EV), innovación personal hacia las tecnologías de la información (IP) y del interés de aceptación y uso de nuevas tecnologías (IU), tanto para los usuarios peruanos como chilenos. Por último, destacar que el uso de App es mayor en los clientes chilenos que peruanos.

ABSTRACT

Financial institutions have adopted necessary changes within their internal and external processes due to technological progress, being forced to invest in technological platforms that allow improving customer service. These changes enabled the development of mobile applications (App) in Smartphone to offer the majority of its services to its customers in the shortest possible time and without the need to move to its corporate offices.

Therefore, this study aims to determine the factors that influence the use of mobile applications of financial institutions through the use of smartphones. This research was carried out in the cities of Tacna (Peru) and Arica (Chile). It is a sample study that used surveys as measurement tools for Arica and Tacna users, and semi-structured interviews with executives of financial institutions. To this end, the TAM model (Technological Acceptance Model) was used, which allowed identifying the factors that affect customers or users in the use of said App.

This research allowed us to demonstrate that the factors that most influence the use of mobile applications are: perceived ease of use (FU), perceived utility (UP), lifestyle compatibility (EV), personal innovation towards information technologies (IP) and the interest of acceptance and use of new technologies (IU), both for Peruvian and Chilean users. Finally, note that the use of App is greater in Chilean customers than in Peru.

PALABRAS CLAVE

Aplicación móvil, Instituciones financieras, Nuevas tecnologías, Smartphone.

KEY WORDS

Mobile application, Financial institutions, New technologies, Smartphone.

1. INTRODUCCIÓN

En un entorno dinámico como el actual, las organizaciones empresariales buscan un mayor rendimiento de sus inversiones, promoviendo la eficiencia y efectividad de los productos y/o servicios ofertados al público. En especial, las instituciones financieras que, por estar en un mercado altamente competitivo han visto en las aplicaciones móviles (App) en teléfonos inteligentes (Smartphone), una poderosa herramienta para facilitar la accesibilidad de sus clientes a los servicios financieros que prestan.

La aplicación móvil (App) es un software que está integrado en el dispositivo móvil y tiene como finalidad la obtención de información y realización de distintas operaciones financieras. Entre sus principales características está que permite a los usuarios la realización de dichos servicios de forma rápida y fácil, desde cualquier lugar geográfico sin tener que desplazarse a las oficinas de las instituciones financieras mediante la utilización de un equipo móvil (Kim, Kang, y Cha, 2013). Además, el abaratamiento de este tipo de tecnología ha permitido que una mayor cantidad de personas puedan tener acceso a ella (Treviño & Millán, 2007).

Dada la creciente utilización de estas aplicaciones móviles por los clientes de las instituciones financieras, ha motivado la realización de un estudio que tiene por finalidad determinar los factores que influyen en el uso de aplicaciones móviles de las instituciones financieras mediante la utilización de Smartphone. Esta investigación se realizó en las ciudades de Tacna (Perú) y Arica (Chile). Es un estudio muestral que utilizó como instrumentos de medición encuestas a los usuarios de Arica y Tacna, y entrevistas semi-estructuradas a los directivos de las instituciones financieras. Para ello se utilizó el modelo TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) que permitió identificar los factores que inciden en los clientes o usuarios en la utilización de dichas App.

El modelo de aceptación de tecnología, conocido por sus siglas en inglés TAM (Technology Acceptance Model) es una teoría de sistemas de información que modela cómo los usuarios llegan a aceptar y utilizar una tecnología.

El modelo de aceptación de tecnología, conocido por sus siglas en inglés TAM (Technology Acceptance Model) es una teoría de sistemas de información que modela cómo los usuarios llegan a aceptar y utilizar una tecnología. Según Davis (1989), el propósito del TAM es explicar las causas de aceptación de las tecnologías por los usuarios. Este modelo propone que las percepciones de un

individuo en cuanto a la utilidad y la facilidad de uso percibidas de un sistema de información son concluyentes para determinar su intención de usar un sistema.

Según Levy, Bourgault, Martínez, Ortega y Román (2013), el modelo TAM lo que tiene como prioridad es conocer la intención de uso y el nivel del comportamiento y aceptación con respecto al uso tecnológico de las operaciones bancarias por internet, esto representa la variable base para el conocimiento y percepción de los usuarios. Este modelo según Davis (1989), se utiliza para predecir el uso de las TIC, basándose en dos características principales: la utilidad percibida (Perceived Usefulness) y la facilidad de uso percibida (Perceived Ease of Use).

De acuerdo con el desarrollo del modelo de aceptación tecnológica TAM, la facilidad de uso percibida afecta la actitud de una persona hacia el uso del sistema. Los estudios existentes sugieren que la facilidad de uso es un atributo principal de aplicaciones empresariales como el comercio en Internet, TAM sugiere que la facilidad de uso influyen en la utilidad percibida de la tecnología (Díaz, Náder y Román, 2017). Según Aboelmaged y Gebba (2013), cuanto más fácil es utilizar una tecnología, los beneficios esperados de la tecnología son a la mejora del rendimiento.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación busca conocer los factores que influyen en el uso de una aplicación móvil financiera de las instituciones financieras de Tacna (Perú) y de Arica (Chile). Cabe destacar que la población de Tacna es de 321.351 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informático (INEI, Perú) y la ciudad de Arica tiene una población de 221.364 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística (INE, Chile). Ambas son ciudades fronterizas existiendo una distancia de 56 kilómetros entre ellas, donde se produce un alto intercambio comercial y una circulación de 5.300 personas diariamente entre ellas.

Como instrumento de medición se utilizó un cuestionario virtual con escala de likert, que se remitió por correo electrónico a los clientes de ambas ciudades. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la información disponible en el portal de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS), donde a partir de los reportes de “Número de Deudores según Tipo de Crédito” y el reporte de “Créditos Directos y Depósitos por Zona Geográfica” se determinó un tamaño muestral de

316 clientes en la ciudad de Tacna (Díaz et al., 2017). Para el caso de Arica, la muestra es de 218, obtenida del informe anual 2016 emitido por la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF). Respecto al perfil de la muestra (ver Tabla 1), se utilizó el software IBM SPSS Statistics 23 para su tabulación y análisis estadístico.

Perfil descriptivo de la muestra		
Sexo	Tacna	Arica
Hombre	192	126
Mujer	124	92
Edades		
18 – 24	43	30
25 – 34	101	69
35 – 44	108	72
45 – 54	53	39
Mayores de 54	11	8

Tabla 1. Descripción de la muestra.
Fuente: elaboración propia.

La presente investigación utiliza el método descriptivo pues busca caracterizar las variables de la población estudiada. Para ello, se basa en el modelo de aceptación de tecnología (TAM), que permite determinar los factores que más influyen en el uso de aplicaciones móviles, sean estos: utilidad percibida (UP), facilidad de uso percibida (FP), compatibilidad del estilo de vida (EV), innovación personal hacia las tecnologías de la información (IP) e intención de uso de las nuevas tecnologías (IU), tanto para los usuarios peruanos como chilenos.

3. RESULTADOS

Utilidad percibida (UP)

Teniendo presente el Gráfico 1, se expone que el 60,76% (43,40% de acuerdo y 17,72% totalmente de acuerdo) de los clientes de Tacna (Perú) encuentran utilidad en la aplicación móvil financiera, mientras que el 14,56% (11,71% en desacuerdo y 2,85% totalmente en desacuerdo), ve poco útil el

uso de una aplicación móvil financiera. Para el caso de Arica (Chile), el 70,64% manifiesta estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la utilidad de la aplicación móvil y solo el 11% manifiesta lo contrario.

Gráfico 1. Utilidad Percibida.
Fuente: elaboración propia.

Facilidad de uso percibida (FU)

Con respecto a la facilidad de uso percibida, el 60,33% de los encuestados de Tacna considera fácil de usar una aplicación móvil financiera, mientras que un 16,31% no ve tan fácil el uso de la aplicación móvil financiera. Situación similar se presenta en los encuestado de Arica, donde el 68,13% manifiesta estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la facilidad de uso de la aplicación y solo el 11,54% encuentra dificultades en el uso de la aplicación (ver Gráfico 2).

Gráfico 2. Facilidad Percibida.
Fuente: elaboración propia

Compatibilidad con el estilo de vida (EV)

De acuerdo al Gráfico 3, los clientes de Tacna que usan la aplicación móvil financiera un 59,78% de encuestados consideran que los servicios prestados a través de la aplicación móvil financiera están acorde al estilo de vida que llevan, mientras que el 16,84% no encuentra compatibilidad el uso de una aplicación móvil financiera frente al estilo de vida que lleva. Para el caso de los clientes de Arica el 74,07% considera que dichas aplicaciones están acorde al estilo de vida. Lo anterior, expresa una diferencia importante con respecto a los clientes peruanos, motivados principalmente por las diferencias sociales y culturales entre los dos países.

Gráfico 3. Compatibilidad con el estilo de vida.
Fuente: elaboración propia.

Innovación personal hacia las tecnologías de la información (IP)

Con respecto a los clientes que se entrevistaron de Tacna, el 46,15% considera tener iniciativa frente a la innovación personal hacia las tecnologías despertando un interés por conocer e incorporar las nuevas tecnologías. Para el caso de los clientes ariqueños es de un 46,99%. Lo anterior, demuestra que no existen diferencias significativas entre los clientes de ambos países con respecto a la innovación personal hacia las nuevas tecnologías (ver Gráfico 4).

Gráfico 4. Innovación personal hacia las tecnologías de información.
Fuente: elaboración propia.

Intención de uso de las nuevas tecnologías (IU)

Para el caso de los clientes de Tacna el 58,64% han considerado usar nuevas tecnologías y tan solo el 18,33% considera tener una baja intención de uso de las nuevas tecnologías de la información. En la situación de los clientes de Arica se incrementan las diferencias, siendo un 76,66% los clientes que manifiestan tener intención de usar nuevas tecnologías y tan solo el 10% no tiene dicha intención (ver Gráfico 5).

Gráfico 5. Intención de uso de las nuevas tecnologías.
Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El crecimiento del mercado de las aplicaciones móviles, es un mercado que todavía está en desarrollo y presenta una gran oportunidad para las instituciones financieras de incrementar su mercado de clientes y la accesibilidad de los mismos a los servicios financieros que ofrece. El internet y los servicios online permiten que, los clientes consideren a las instituciones bancarias más cercanas y que facilitan las operaciones financieras tanto en tiempo como en costo.

Las aplicaciones móviles les permiten a los clientes realizar operaciones desde su teléfono celular Smartphone o cualquier otro dispositivo móvil y que de manera intuitiva puedan realizar pago de servicios, pago de tarjetas de créditos, consultas de movimientos y saldos, entre otras operaciones financieras. De igual forma consideran que una aplicación móvil puede ser una gran herramienta para el control de sus finanzas, es de fácil uso y la población encuestada en su mayoría puede acceder al servicio por los valores que involucra.

Las aplicaciones móviles les permiten a los clientes realizar operaciones desde su teléfono celular Smartphone o cualquier otro dispositivo móvil y que de manera intuitiva puedan realizar pago de servicios, pago de tarjetas de créditos, consultas de movimientos y saldos, entre otras operaciones financieras.

Esta investigación permitió demostrar que los factores que más influyen en el uso de aplicaciones móviles son: facilidad de uso percibida (FU), utilidad percibida (UP), compatibilidad del estilo de vida (EV), innovación personal hacia las tecnologías de la información (IP) y del interés de aceptación y uso de nuevas tecnologías (IU), tanto para los usuarios peruanos como chilenos. Por último, destacar que el uso de App es mayor en los clientes chilenos que peruanos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aboelmaged, M., y Gebba, T. (2013). Mobile banking adoption: an examination of technology acceptance model and theory of planned behavior. *International Journal of Business Research and Development*, 2(1), 35-50.

Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.

Díaz, M., Náder, G. y Román, M. (2017). *Factores que influyen en el uso de una aplicación móvil financiera en cajas municipales de ahorro y crédito de la ciudad de Tacna*. (Trabajo de fin de master inédito). Neumann Business School, Tacna, Perú.

Lévy, J., Bourgault, N., Martínez, M., Ortega, J. y Román, M. (2013). Modelización de la confianza y seguridad en la adopción de servicios de banca por internet en Canadá. *Revista Portuguesa de Marketing*, 16(30), 35-54.

Kim, J., Kang, S. y Cha, H. (2013). Smartphone banking: the factors influencing the intention to use. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 7(5), pp. 1213-1235.

Treviño, F. y Millán, A. (Enero, 2007). *La influencia de la telefonía celular en el entorno social de los jóvenes universitarios de Tampico Tamaulipas (México)*. Trabajo presentado en el Foro Internacional sobre Comunicación e Juventude, Galicia, España.

Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (2017). *Informe anual 2016 Chile*. Santiago: SBIF.

/04/

Estimación de la incertidumbre en un prototipo experimental basado en hardware libre para la medición de variables físicas que describen el movimiento de una partícula

Estimation of the uncertainty in an experimental prototype based on open hardware for the measurement of physical variables that describe the movement of a particle

Manuel R. Nevárez Toledo

Docente Investigador, Coordinador de Investigación, Responsable del Laboratorio de Investigación Tecnologías e Innovación. Escuela Ingeniería de Sistemas y Computación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas. Ecuador.

manuel.nevarez@pucesec.edu.ec

Verónica Yáñez Ortiz

Docente titular auxiliar del Área de Matemáticas de la Escuela Ingeniería de Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador.

veronica.yanez@pucesec.edu.ec

Recepción: 07/12/2017. **Aceptación:** 09/01/2018. **Publicación:** 14/06/2018

Citación sugerida:

Nevárez Toledo, M. R. y Yáñez Ortiz, V. (2018). Estimación de la incertidumbre en un prototipo experimental basado en hardware libre para la medición de variables físicas que describen el movimiento de una partícula. *3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 62-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.177993/3ctecno.2018.v7n2e26.62-81/>

RESUMEN

La cinemática estudia el movimiento de una partícula sin considerar las causas que lo producen, mientras que la dinámica estudia los factores que producen alteraciones en un sistema. Se propone la creación de un equipo de medición que pueda registrar parámetros físicos enfocados en la cinemática y dinámica, utilizando las ecuaciones deducidas del cálculo para el movimiento, modificando: distancia del recorrido, ángulo de inclinación y masa de los cuerpos. La medición del tiempo servirá para obtener la incertidumbre provocada en los experimentos, la dispersión de los datos disponibles se relaciona con el tamaño de la muestra y el procedimiento utilizado. En las mediciones indirectas se emplearon ecuaciones diferenciales debido a la correlación en las variables físicas para el análisis de la incertidumbre. Uno de los métodos para el análisis de la incertidumbre se basa en el análisis estadístico, otra manera de estimarla es a través de la experiencia o información externa disponible. Los experimentos realizados en el plano inclinado para el estudio de la velocidad, aceleración y fuerza de fricción para ángulos mayores a 15° presentaron un error relativo del 1.8% en la variable de tiempo, la incertidumbre estándar mantuvo una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

ABSTRACT

The kinematic studies the motion of a particle without considering the effects that produce movement, while the dynamics studies the factors that produce changes in a system. It proposes the establishment of measuring equipment that can record physical parameters focused on the kinematics and dynamics, using the equations deducted from the calculation for the movement, by modifying travel distance, angle of inclination and mass of the objects. The measurement of the time will be used to obtain the uncertainty in the experiments, the dispersion of the available data is related to the size of the sample and the procedure used. In the indirect measurements were used equations due to the correlation in the physical variables for the analysis of uncertainty. One of the methods for uncertainty analysis is based on the statistical analysis, another way to estimate this is through experience or external information available. The experiments made in the inclined plane for the study of the velocity, acceleration and force of friction to angles greater than 15° , showed a relative error of 1.8% in the time variable, the standard uncertainty had a normal distribution with a confidence level of 95%.

PALABRAS CLAVE

Cinemática, Dinámica, Incertidumbre, Hardware libre, Medición.

KEY WORDS

Kinematics, Dynamics, Uncertainty, Open hardware, Measurement.

1. INTRODUCCIÓN

Un experimentador tiene la tarea de medir magnitudes, lo que permite establecer nuevas leyes y verificar la validez de otras previamente establecidas. Estos resultados se expresan con un número y una unidad, dependiendo del patrón elegido. Las mediciones producen incertidumbres, ocasionadas por aparatos de medidas defectuosos o limitaciones, ya que el verdadero valor de una magnitud depende de las estimaciones o aproximaciones que, a su vez, dependen de la impericia del observador. En las mediciones se identifican tres elementos: número, unidad e incertidumbre, valores asignados mediante varias técnicas. Una de ellas corresponde a las cifras significativas, que dependen de la precisión del instrumento de medida, con los valores se realizan los cálculos que permiten obtener confianza en los resultados (U.L.P.G.C., 2017).

Las mediciones producen incertidumbres, ya que el verdadero valor de una magnitud depende de las estimaciones o aproximaciones que, a su vez, dependen de la impericia del observador. En las mediciones se identifican tres elementos: número, unidad e incertidumbre, valores asignados mediante varias técnicas.

La precisión de un instrumento es la desviación de los datos que se obtienen en un ensayo, y depende de la naturaleza y el tamaño de la muestra. La exactitud trata de medir el sesgo (bias) de la observación de varias repeticiones, este puede ser sistemático o aleatorio. La sensibilidad depende del indicador del instrumento y el procedimiento, esto indica su confiabilidad (Forsythe, 1985).

Para el análisis de datos experimentales, Vidaurre Garayo (2008) expresa que se consideran tres definiciones, incertidumbre en las medidas, precisión y error. La incertidumbre aparece cuando repetimos una medida experimental varias veces el cual es inherente. La precisión depende del aparato de medición y el error es la diferencia entre el valor observado o calculado y el valor verdadero,

el error proviene de varias causas. El error absoluto $\varepsilon(x)$ indica el valor de la incertidumbre en un resultado experimental, se expresa como $(x \pm \varepsilon(x))$ mantiene las mismas unidades, el error relativo es adimensional y se expresa como $\varepsilon_r(x) = \frac{\varepsilon(x)}{x}$. Al realizar varias mediciones x_i el error absoluto correspondiente a cada medición es inicialmente la precisión del aparato ε_p , las mediciones se

pueden expresar como $(x_i \pm \varepsilon_p)$. Los errores aleatorios se definen como el error estadístico y es la desviación típica de las medidas, representada en siguiente ecuación.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Al realizar experimentos de física se presentan dos tipos de mediciones: directa e indirecta. La primera se obtiene al utilizar un instrumento de medida, la medición indirecta ocurre cuando es necesario emplear una expresión matemática que utiliza otras cantidades físicas medidas de forma directa. La determinación de la incertidumbre en medidas indirectas es un proceso que involucra aspectos de cálculo diferencial, debido a que es inevitable la presencia de correlaciones entre las variables de entrada (Cano, Medina, & Llamosa, 2011).

Para encontrar la propagación del error en mediciones indirectas se puede usar el desarrollo en serie de Taylor para la función $R = f(x, y, z)$ considerando solo términos de primer orden, la incertidumbre bien dada por:

$$\Delta R = \left| \frac{\partial R}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial R}{\partial y} \right| \Delta y + \left| \frac{\partial R}{\partial z} \right| \Delta z$$

La que coincide con la bien conocida fórmula de la propagación del error y utilizada en la práctica cotidiana de laboratorio para estimar las variables que contribuyen al error que se asigna a la magnitud deseada (Delfina Galles, 1985).

El procedimiento para evaluar la incertidumbre depende de los datos disponibles en la medición directa. Se pueden clasificar dos etapas, primero encontrar las fuentes de incertidumbre, lo que depende de la especificación del equipo, y luego se elabora un plan para la obtención de datos y experimentos adicionales para el estudio de contribuciones simples a la incertidumbre.

Se distinguen dos métodos para cuantificar fuentes de incertidumbre: el método de evaluación Tipo A se basa en el análisis estadístico de las mediciones. El método de evaluación Tipo B comprende otras maneras de estimar la incertidumbre, basado en la experiencia o información externa disponible, asumiendo una función de distribución (Sáen Ruiz & Font Avila, 2001).

2. EXPERIMENTOS

Los experimentos se realizaron utilizando un plano inclinado con poca fricción, para el análisis de movimiento de los cuerpos se utilizaron las ecuaciones de cinemática deducidas del cálculo (Serway & Jewett, 2008).

Posición final: [1] $x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$

Velocidad final: [2] $v_f = v_i + a t$ [3] $v_f^2 = v_i^2 + 2 a d$

2.1. VEHÍCULO SOBRE RIEL

Todos los experimentos partieron del reposo, como se muestra en el Gráfico 1, manteniendo el mismo recorrido en todas las pruebas, se utilizaron sensores magnéticos separados una distancia $\Delta x = x_f - x_i = 1.20m$. Tras un análisis se derivan las ecuaciones para el cálculo de aceleración y velocidad:

[4] $a = \frac{2x}{t^2}$

[5] $v_f = a t$

Gráfico 1. Diagrama del cuerpo libre en el plano inclinado.
Fuente: Elaboración propia

El plano inclinado también puede utilizarse en experimentos de dinámica, basados en las leyes de Newton. Los bloques no estaban en contacto directo con la superficie, se utilizó un vehículo montado sobre un riel para minimizar la fuerza de fricción, las ecuaciones deducidas fueron las siguientes:

Fuerza normal: [6] $n = mg \cos \theta$

Fuerza de Fricción: [7] $f_r = m(g \sin \theta - a)$

2.2. BLOQUES UNIDOS CON UNA CUERDA

Se utilizaron dos bloques unidos a una cuerda, uno de ellos en contacto con el plano inclinado y el otro suspendido en la cuerda como se muestra en el Gráfico 2. La tensión en la cuerda y la fuerza de rozamiento fueron los parámetros a medir. El bloque inició desde el punto más bajo y finalizó en el punto cercano a la polea. Se consideró que los cuerpos parten del reposo y no existe fricción en la polea para realiza los cálculos. Se utilizó el valor de la aceleración obtenido con la ecuación [4].

Gráfico 2. Diagrama del cuerpo libre de dos bloques unidos a una cuerda en un plano inclinado.
Fuente: Elaboración propia.

Velocidad final: [8] $v_f = \sqrt{2ad}$

Tensión en la cuerda: [9] $T = m_2(g - a)$

Fuerza de Fricción: [10] $f_r = T - m_1(g \sin \theta + a)$

3. DISEÑO MECÁNICO

La mesa de pruebas consta de un plano inclinado, un vehículo y un sistema de bloques. Para su diseño se utilizó una superficie lisa compuesta por rieles de aluminio. Se consideraron 3 diferentes ángulos de inclinación 10° , 15° y 20° .

3.1. DISPOSITIVO DE MEDICIÓN

El dispositivo de medición utiliza la plataforma libre Arduino, contiene un visor, teclas selectoras y dos sensores de luz infrarrojo. Su funcionamiento es sencillo, solo toma la posición inicial de la partícula para empezar el conteo y un sensor en la posición final detiene el contador. Con los tiempos de cada experimento y el ángulo de inclinación, el controlador realiza todos los cálculos necesarios en base a las ecuaciones descritas anteriormente.

3.2. GRÁFICA DE SEÑALES

Para la realizar las gráficas del movimiento en función del tiempo se desarrolló una aplicación en Java, la que permitió conectarse vía serial con la plataforma de hardware libre Arduino. Este microcontrolador monitorea el tiempo y realiza los cálculos en base a las ecuaciones descritas anteriormente, a partir de las ecuaciones [2] y [4] el software crea los diagramas de Velocidad-Tiempo y Aceleración-Tiempo, como se muestra en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Gráficas de Velocidad-Tiempo y Aceleración-Tiempo, del software desarrollado.

Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

Las mediciones se realizaron en el plano inclinado, el que cuenta con un visor con cuatro cifras significativas para la medición del tiempo. Con ello se establecieron los cálculos correspondientes a velocidad, aceleración, fuerza de fricción y normal. La medición del tiempo se realizó de manera automática, el contador detecta el paso del vehículo desde la línea de partida utilizando sensores magnéticos ubicados dentro del riel.

4.1. MEDICIÓN Y CÁLCULO DE ERROR

La distancia utilizada para los cálculos es $x=0.704\pm0.001[m]$, y el error se estima con mínimo valor de la herramienta de medida. Esto depende de la ubicación de los sensores en el riel, los ángulos de inclinación establecidos en el dispositivo son 10° , 20° y 25° , utilizados para el estudio de la incertidumbre.

La Tabla 1 y 2 muestran los valores medidos de tiempo para el desplazamiento del vehículo en el riel con 15° y 20° de inclinación respectivamente, los valores de aceleración, velocidad final y fricción se calculan a partir de las ecuaciones [4], [5], [6] y [7]. El valor de la desviación estándar para una población se puede considerar como el error absoluto del tiempo, quedando el enunciado de la medición final como $t=\bar{t}\pm\sigma[s]$.

El valor de la desviación estándar de la población se calcula mediante la siguiente expresión

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \text{ donde } n \text{ representa el número de las mediciones realizadas.}$$

$\theta = 15^\circ$	$t[s]$	$a\left[\frac{m}{s^2}\right]$	$F_r[N]$	$v_f\left[\frac{m}{s}\right]$
t1	0,791	2,250	0,021	1,780
t2	0,772	2,362	0,013	1,824
t3	0,782	2,302	0,017	1,801
t4	0,759	2,444	0,007	1,855
t5	0,771	2,369	0,012	1,826
t6	0,753	2,483	0,004	1,870
t7	0,768	2,387	0,011	1,833
t8	0,777	2,332	0,015	1,812
t9	0,789	2,262	0,020	1,785
t10	0,800	2,200	0,024	1,760
$\overline{x}$	0,776	2,339	0,014	1,815
σ^2	0,014	0,084	0,006	0,032

Tabla 1. Medición de tiempos del desplazamiento de un móvil,para un ángulo de 15°.

$\theta = 15^\circ$	$t [s]$	$a \left[\frac{m}{s^2} \right]$	$F_r [N]$	$v_f \left[\frac{m}{s} \right]$
t1	0,639	3,448	-0,007	2,203
t2	0,623	3,628	-0,020	2,260
t3	0,632	3,525	-0,013	2,228
t4	0,636	3,481	-0,010	2,214
t5	0,632	3,525	-0,013	2,228
t6	0,637	3,470	-0,009	2,210
t7	0,636	3,481	-0,010	2,214
t8	0,658	3,252	0,007	2,140
t9	0,642	3,416	-0,005	2,193
t10	0,649	3,343	0,001	2,169
$\bar{X}$	0,638	3,457	-0,008	2,206
σ^2	0,009	0,098	0,007	0,031

Tabla 2. Medición de tiempos del desplazamiento de un móvil, para un ángulo de 20°.

Se puede observar la estabilidad en las mediciones de correspondientes a 10° y 20° respectivamente. El Gráfico 4 contiene las mediciones para un ángulo de 20°, lo que demuestra errores considerables en la medición, por ello se descartó esta opción para su estudio.

Gráfico 4. Valores de tiempo para 10°, 15° y 20°, incluye líneas de tendencia, ecuación aproximada del gráfico.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran un tiempo estimado de $t_{15} = 0.776 \pm 0.014 [s]$ para un ángulo de inclinación de 15° y para 20° se estima un tiempo de $t_{20} = 0.638 \pm 0.09 [s]$. El Gráfico 5 presenta valores muy cercanos en la para experimentos a 20° de inclinación, de la misma manera se presenta poca dispersión en los valores de tiempo tomados a 15° . Los tiempos medidos para experimentos con 10° de inclinación presentan una mayor incertidumbre $t_{10} = 1.010 \pm 0.026 [s]$.

Lo valores de velocidad en función del tiempo se muestran en el Gráfico 5, ese observa la dispersión de los datos, manteniéndose constante para valores de inclinación superiores a 15°

Gráfico 5. Valores de velocidad para 10° , 15° y 20° , incluye curva de tendencia potencial, ecuación aproximada del gráfico.

4.2. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE PARA MEDICIONES INDIRECTAS

Partiendo las mediciones realizadas en el plano inclinado a 15° se realizaron cálculos, los cuales presentan una dispersión estable en sus valores a una distancia de $x = 0.704 \pm 0.001 [m]$. El análisis de las incertidumbres indirectas se realizó considerando el valor medio del tiempo y su error absoluto, aplicando la regla de las derivadas parciales para el cálculo de la incertidumbre. Para $t = 0.776 \pm 0.0014 [s]$ se obtienen los siguientes resultados:

$$a = \frac{2x}{t^2}$$

$$\Delta a = \left| \frac{\partial a}{\partial t} \right| \Delta t + \left| \frac{\partial a}{\partial x} \right| \Delta x$$

$$\Delta a = \left| \frac{-4x}{t^3} \right| \Delta t + \left| \frac{2}{t^2} \right| \Delta x$$

$$\Delta a = \left| \frac{-4(0.704)}{0.776^3} \right| 0.0014 + \left| \frac{2}{0.776^2} \right| 0.001$$

$$\Delta a = 0.088 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Se determina la aceleración con la ecuación:

$$a = \frac{2x}{t^2}$$

$$a = \frac{2(0.704)}{0.776^2}$$

Se puede expresar la aceleración en función de su valor calculado y la incertidumbre obtenida, llamado también error absoluto $a = 2.338 \pm 0.088 \left[\frac{m}{s^2} \right]$. Para la velocidad y la fuerza de fricción se utilizaron las ecuaciones siguientes:

$$v_f = at$$

$$\Delta v = \left| \frac{\partial v}{\partial a} \right| \Delta a + \left| \frac{\partial v}{\partial t} \right| \Delta t$$

$$\Delta v = |t| \Delta a + |a| \Delta t$$

$$\Delta v = |0.776| 0.088 + |2.338| 0.014$$

$$\Delta v = 0.101 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Se puede expresar la velocidad en función de su valor calculado y la incertidumbre obtenida $v = 1.814 \pm 0.101 \left[\frac{m}{s} \right]$. Finalmente se busca la incertidumbre para la fuerza de fricción, para ello se utilizan los valores en radianes:

$$\begin{aligned}
 f_r &= mg \sin \theta - ma \\
 \Delta f &= \left| \frac{\partial f}{\partial \theta} \right| \Delta \theta + \left| \frac{\partial f}{\partial a} \right| \Delta a \\
 \Delta f &= |mg \sin \theta| \Delta \theta + |-m| \Delta a \\
 \Delta f &= |0.776| 0.088 + |2.338| 0.014 \\
 f_r &= 0.014 \pm 0.017 [N]
 \end{aligned}$$

Al expresar la velocidad en función de su valor calculado y la incertidumbre obtenida, se puede asumir que la fricción entre el vehículo y la superficie es muy pequeña. Su error absoluto se expresa como $f_r = 0.014 \pm 0.017 [N]$.

4.3. ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE

Desde el punto de vista estadístico, considerado el método de evaluación Tipo A, se puede predecir que el valor de la incertidumbre de un instrumento de medida esté inmerso en un intervalo de confianza que garantice que, si se realizan nuevas mediciones, la probabilidad de que este valor se encuentre dentro de ese intervalo sea del 90, 95 o 99%. Para encontrar la incertidumbre estándar se puede dividir el valor de la incertidumbre calculada para el factor *t de Student*, siempre y cuando, los datos considerados tengan una distribución normal (Llamosa, Gómez E., & Ramírez B., 2009).

Para sustentar que la variable independiente: tiempo (en mediciones con $\theta = 15^\circ$ y $\theta = 20^\circ$ se distribuye normalmente, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el tamaño de las muestras es menor a 30 y asumiendo un nivel de significancia (α) igual a 0,05. (nivel de confianza del 95%). Se hizo el siguiente planteamiento:

Hipótesis nula (H_0) = Los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alterna (H_1) = Los datos No provienen de una distribución normal.

Se acepta la hipótesis nula si el valor de probabilidad es $\geq \alpha$; y se rechaza la hipótesis alterna si el valor de probabilidad es $< \alpha$. Para realizar el análisis se empleó la herramienta estadística SPSS, los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 3.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo 15° (s)	,113	10	,200 [*]	,983	10	,978
Tiempo 20° (s)	,175	10	,200 [*]	,946	10	,617

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 3. Prueba de normalidad de las mediciones del tiempo.

El valor de probabilidad para las mediciones del tiempo con un ángulo de inclinación de 15° es 0,978 y es mayor que 0,05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir se considera que los datos se distribuyen normalmente. De igual manera, ocurre con las mediciones del tiempo con un ángulo de inclinación de 20°, lo que quiere decir que las dos muestras tienen una distribución normal. Lo afirmado, se ratifica en los gráficos Cuantil-Cuantil en los que se puede observar cuan cerca está la distribución de cada conjunto de datos con respecto al valor de su media (ver Gráfico 6).

Gráfico 6. Diagramas Q-Q de las mediciones del tiempo con $\theta=15^\circ$ y con $\theta=20^\circ$.

Fuente: Elaboración propia.

Con la certeza de que los datos tienen una distribución normal, se puede calcular la incertidumbre expandida.

Realizando un análisis tipo B, podemos considerar como fuentes de incertidumbre el error máximo permisible EMP, la incertidumbre combinada y la ocasionada por varias mediciones. Las ecuaciones utilizadas para su análisis son las siguientes:

$$EMP = \frac{\text{Clase de exactitud} \cdot \text{Intervalo de medición}}{100}$$

$$EMP = \frac{1 \cdot 0.800}{100}$$

$$EMP = 0.008 [s]$$

La componente de la incertidumbre de varias mediciones se conoce como la varianza, $u_a(\bar{m}) = s(\bar{m})$.

Gráfico 7. Contribuciones a la incertidumbre para una inclinación de 15°. Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

La precisión del equipo es 0.001 s valor obtenido de la resolución del instrumento de medida, la incertidumbre en las mediciones se calculó de forma indirecta para los valores de velocidad, aceleración y fuerza de rozamiento. Para el tiempo se realizaron mediciones directas a través de varias pruebas, lo que arrojó un error estadístico de $\pm 0.014 [s]$ y error relativo de 1.80%. Estos son los máximos valores obtenidos en las pruebas, Vidaurre Garayo (2008) expresa el análisis de datos experimentales como el máximo valor entre el error del aparato y el error estadístico conocido como el método de evaluación Tipo A.

La fuerza de rozamiento obtenida es pequeña, puesto que esta puede considerarse como despreciable para su estudio en ángulos superiores a 15°. Para ángulos menores que 10° la fricción no permite el movimiento del vehículo debido a la poca acción de la componente x del peso, presentando mayor dispersión en los valores, considerado como imprecisión, tal y como lo expresa Forsythe (1985). Estos valores se muestran la figura 3-1. Para la velocidad del vehículo sucede algo similar, ya que mantiene estables sus mediciones y mayor precisión, con un error relativo de 5.56% para ángulos mayores a 15°. Los valores de tiempo y sus incertidumbres se aproximan considerablemente a las líneas de tendencias presentadas, esto nos permite analizar el comportamiento del vehículo y sus

errores relativos para mediciones directas a diferentes inclinaciones. Esto se basó en el método de los mínimos cuadrados caracterizado por la ecuación de regresión $y=mx+b$.

Para ángulos menores que 10° la fricción no permite el movimiento del vehículo debido a la poca acción de la componente x del peso, presentando mayor dispersión en los valores.

También se utilizó la evaluación de Tipo B de la incertidumbre estándar, asumiendo una función de distribución normal al conocer los valores próximos al centro del intervalo cuyas desviaciones se determinaron por $\frac{a}{\sqrt{3}}$, donde a determina los límites de la incertidumbre.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cano, J. A., Medina, M. H., & Llamosa, L. E. (2011). Metodología para la enseñanza de la estimación de la incertidumbre de medición en experimentos de física. *Scientia et Technica Año XVI*(49), 207-211. Obtenido de: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/1521/1021>

Delfina Galles, C. (1985). Sobre la propagación del error en mediciones indirectas. *Revisla Mexicana de Física* 32, 169-173. Obtenido de: http://rmf.fciencias.unam.mx/pdf/rmf/32/1/32_1_169.pdf

Forsythe, W. (1985). *Manual de Laboratório Física de los Suelos*. San José, Costa Rica: IICA. Obtenido de: https://books.google.es/books?id=mfM-ih0OgIIC&dq=incertidumbre+laboratorio+de+fisica&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Franco García, A. (2017). *Errores en las medidas*. Obtenido de: (Física con ordenador): <http://www.sc.chu.es/sbweb/fisica/unidades/medidas/medidas.htm>

Llamosa, L., Gómez E., J., & Ramírez B., A. (2009). Metodología para la estimación de la incertidumbre en mediciones. *Scientia et Technica, XV*(41), 384-389.

Pontes, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

Sáen Ruiz, S., & Font Avila, L. (2001). *Incertidumbre de la Medición a la Práctica*. Maracay, Estado Aragua: L&S Consultores.

Schmid, W., & Lazos Martínez , R. (2004). *Guía para estimar la incertidumbre de la medición*. México: El Marqués. Obtenido de: http://publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/cursos_virtuales/OAA/Material/Gu%C3%ADa%20para%20estimar%20incertidumbre.pdf

Serway, R., & Jewett, J. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería*. Mexico: Cengage Learning.

U.L.P.G.C. (2017). *Análisis de datos y teoría de errores*. Obtenido de: Prácticas de Física de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones U.L.P.G.C. : https://www2.ulpgc.es/hege/almacén/download/7/7464/Practica_1.pdf

Vidaurre Garayo, A. J. (2008). *Análisis de datos experimentales*. Valencia, España. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10251/1538>

/05/

Caracterización dinámica de escaleras mecánicas mediante modelos simulación de sistemas multicuerpo

Dynamic characterization of escalators using multibody simulation models

Juan David Cano-Moreno

Profesor asociado, Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica,
Química y Diseño Industrial.
España.

juandavid.cano@upm.es

José María Cabanellas Becerra

Profesor asociado, Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica,
Química y Diseño Industrial.
España.

josemaria.cabanellas@upm.es

Recepción: 01/02/2018. **Aceptación:** 29/05/2018. **Publicación:** 14/06/2018

Citación sugerida:

Cano-Moreno, J. D. y Cabanellas Becerra, J. M. (2018). Caracterización dinámica de escaleras mecánicas mediante modelos simulación de sistemas multicuerpo. *3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 82-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.177993/3ctecno.2018.v7n2e26.82-103/>

RESUMEN

En este trabajo se propone usar los modelos de simulación dinámica para mejorar los diseños ya existentes e innovar con nuevos diseños, en un sector en previsible declive.

La problemática de los modelos dinámicos de escaleras es amplia, empezando porque es un diseño robusto y probado en los más de 100 años que lleva casi sin variaciones. En segundo lugar, es un sistema multicuerpo articulado formado por un número muy elevado de cuerpos rígidos, lo que supone un esfuerzo de modelización enorme sin las herramientas adecuadas.

La metodología paramétrica escalable utilizada permite automatizar las tareas más costosas para producir un modelo de simulación flexible y adaptado a las características particulares de la escalera en estudio.

Como paso necesario para establecer la metodología está su validación con un sistema real instrumentado. El contraste de resultados con el modelo real instrumentado valida el modelo de simulación e inferir de él características dinámicas para otros modelos simulados.

El tipo de trabajo presentado aquí funciona como cimiento para el desarrollo de modelos cada vez más completos, como ya ha sucedido en otras áreas de simulación.

ABSTRACT

In this work, it is proposed to use dynamic simulation models to improve existing and innovative designs with new designs, in a sector in foreseeable decline.

The problematic of the dynamic models of escalators is wide, beginning because it is a robust and proven design in the more than 100 years that it has with almost no variations. Secondly, it is an articulated multibody system formed by a very high number of rigid bodies, which implies a huge modeling effort without the adequate tools.

The scalable parametric methodology used to automate the most expensive tasks to produce a flexible simulation model adapted to the particular characteristics of the escalator under study.

As a necessary step to establish the methodology is its validation with a real instrumented system. The contrast of

results with the real instrumented model validates the simulation model and infers its dynamic characteristics for other simulated models.

The type of work presented here works as a foundation for the development of increasingly complete models, as has already happened in other areas of simulation.

PALABRAS CLAVE

Escalera mecánica, Validación, SIMPACK, Dinámica, Multicuerpo, Transporte vertical.

KEY WORDS

Escalator, Validation, Dynamic, Multibody, Vertical transport.

1.INTRODUCCIÓN

El diseño básico de la escalera mecánica no ha variado sustancialmente desde hace más de 100 años [1]. Este estudio muestra que en el sector de escaleras y pasillos mecánicos hay muchas ideas patentadas que no han conseguido comercializarse. Esta poca permeabilidad de las invenciones al mercado (innovación) supone un reto para los nuevos diseños.

Sin embargo, los problemas de seguridad y de competitividad están haciendo presión para que este sector evolucione hacia nuevos paradigmas de diseño.

Para acelerar la etapa el análisis y mejora de los diseños actuales o nuevos de escaleras mecánicas, se ha desarrollado una metodología que permite implementar modelos de simulación dinámica de escaleras mecánicas y pasillos móviles, permitiendo así ahorrar tiempo y dinero frente al uso de prototipos reales.

La simulación dinámica de sistemas multicuerpo constituye una herramienta cada vez más empleada en las fases de diseño y análisis de un sistemas mecánicos [2], [3].

En la literatura se encuentran escasas referencias simulación de escaleras. Una en Corea, Yi Sug Kwon, perteneciente a la empresa OTIS-LG Elevator, del que destaca un modelo completo de escalera mecánica convencional implementado en DADS [4]. Tiene además Kwon un modelo de pasamanos[5], en el que se reflejan resultados obtenidos experimentalmente. El objetivo de este modelo es de servir como guía de diseño para este subsistema de la escalera mecánica.

Gráfico 1. Modelos simulados por Yi Sug Kwon.

Además, destaca la publicación de Kwon de un modelo dinámico de un pasamanos [5] , en el que se reflejan resultados obtenidos experimentalmente. El objetivo de este modelo es de servir como guía de diseño para este subsistema de la escalera mecánica.

Una segunda referencia se encuentra en Japón. Isotani Hitoshi (Hitachi) ha publicado un artículo sobre un modelo dinámico completo de escalera mecánica [6].

La forma de actuar que se propone en este trabajo puede considerarse una buena práctica a la hora de catalizar la innovación [7], [8] en este sector que se está estancando.

2. FUNCIONAMIENTO DE UNA ESCALERA MECÁNICA

Se puede considerar que una escalera mecánica está formada por una cadena de peldaños que se mueven a lo largo de un bucle continuo siguiendo una forma específica determinada por unas guías.

En el Gráfico 2 se muestran las principales partes y zonas de una escalera mecánica convencional con la nomenclatura que se empleará. De cara al usuario solo quedan visibles los peldaños de las zonas superiores situadas entre las zonas de embarque indicadas.

Una escalera mecánica está formada por una cadena de peldaños que se mueven a lo largo de un bucle continuo siguiendo una forma específica determinada por unas guías.

Gráfico 2. Principales partes de una escalera mecánica convencional.

3. SUBSISTEMAS A MODELAR

En una escalera completa hay subsistemas que directamente afectan a su dinámica, peldaños, cadenas, guías, tensor y tracción, y que van a ser los objetos directos de este estudio. Otros subsistemas afectan indirectamente a su dinámica, bastidor, pasamanos, motor y sistema de control. De estos sistemas se modelizará el motor conjuntamente con la parte del control que se encarga de la regulación de la velocidad. Una tercera serie de subsistemas como la iluminación, frenado, seguridad, balaustrada y otros, no afectan a la dinámica de funcionamiento salvo en casos particulares y por lo tanto no se modelan.

4. CADENAS Y PELDAÑOS

Cada peldaño está unido a sendas cadenas, en los denominados rodillos exteriores, pero también poseen dos rodillos interiores que ruedan libremente por sus guías correspondientes. De este modo, cada peldaño puede definirse como un carro apoyado en cuatro rodillos. Las cadenas empleadas en estos sistemas de transporte vertical suelen poseer dos mallas de cadena entre cada articulación, y un rodillo por articulación, Gráfico 3. Su modelado requiere permitir el giro relativo entre eslabones y entre los rodillos de dicha cadena y los eslabones. También es necesario modelar el contacto rodillo-guía.

Gráfico 3. Cadena de rodillos y peldaño.

Los peldaños son cuerpos realizados de una sola pieza, con 4 articulaciones, dos a cada lado. En cada lado está ligado a dos rodillos, uno perteneciente a la cadena de rodillos y, el otro, gira libre respecto del peldaño y apoya en su correspondiente guía.

5. SISTEMA TENSOR

Se emplean como elemento tensor dos muelles, uno por cadena, situado en la cabecera inferior sobre guías deslizantes. La colocación inferior es debida a que es dónde menor tensión de cadena se produce. Con el tensor se asegura que la cadena está siempre trabajando a tracción, evitando de esta forma los pandeos y pérdidas de guía que se producen en la compresión de un sistema

articulado. La capacidad deslizante permite absorber los cambios geométricos del fenómeno de poligonalización, que se produce por la aproximación de una curva por polígonos de lado igual a la longitud de eslabón.

Gráfico 4. Muelle-y guías de la estación tensora.

6. SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

Se denomina sistema de accionamiento a aquel que transmite el movimiento a los peldaños. El sistema lo forman las cadenas de rodillos para el movimiento longitudinal a lo largo del recorrido y las guías interiores que actuando sobre los dos rodillos libres del peldaño hacen girar el peldaño alrededor de los rodillos fijos con las cadenas. Mediante este giro se consigue que el peldaño este en la posición correcta en el recorrido, horizontal en con los pasajeros y recogido en el resto.

Gráfico 5. Peldaños de una escalera mecánica.

6.1. SISTEMA DE TRACCIÓN

Este sistema se refiere al sistema que mueve la cadena de rodillos. Generalmente consiste en dos ruedas dentadas que engranan en los rodillos de las cadenas. Las ruedas están unidas rígidamente por un eje y se sitúan en la cabecera superior. Existen numerosas patentes y algunas escaleras en la realidad que funcionan con sistemas de tracción lineales situados en la zona inclinada. Estas ruedas a su vez, reciben la potencia de un conjunto motor-reductor.

Gráfico 6. Sistema de tracción de una escalera mecánica convencional.

7. MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA

El modelo de simulación de la escalera tiene varios apartados según los objetos simulados.

7.1. CUERPOS

Estos definen los objetos reales tridimensionales y recogen las características geométricas, dimensionales e inerciales. Los cuerpos incluidos en la metodología son las guías, interiores y exteriores, incluyendo las de la cabeza tensora, los eslabones, los rodillos y los peldaños.

7.2. JUNTAS

Estas definen las relaciones y restricciones de movimiento entre los cuerpos. El programa de simulación SIMPACK asocia una junta a cada cuerpo generado en el modelo. Cada junta define los grados de libertad existentes entre dos marcadores. Un marcador es un sistema de referencia, fijo o móvil, a asociado a un objeto. Una junta tiene un marcador from, perteneciente a otro cuerpo

creado previamente o a un sistema de referencia y un marcador to, perteneciente al cuerpo asociado a dicha junta. En la Tabla 1 se hace una relación de las numerosas juntas que son necesarias para la modelización de una escalera con n peldaños y 2n eslabones. En total serían necesarias 7n+8 juntas.

Nº	From	To	Tipo: descripción	DoF¹ permitidos
1	Eslabón 01	Eslabón 02	01: junta de revolución	α
2n+1	Isys	Peldaño 01	20: 6 dof $\alpha - \beta - \gamma$	$\alpha, \beta, \gamma, X, Y, Z$
3n+1	Eslabón 01	Rodillo 01	01: junta de revolución	α
5n+1	Peldaño 01	Rodillo n+1	01: junta de revolución	α
7n	Peldaño n	Rodillo 3n	01: junta de revolución	α
7n+1	Guía 01	Tensor 01	04: junta prismática	X
7n+2	Tensor 02	Tensor 01	00: empotramiento	0
7n+5	Isys	Eslabón 01	22: junta plana	γ, X, Y
7n+8	Isys	Guía 04	00:empotramiento	0

Tabla 1. Juntas de un diseño convencional de escalera mecánica o pasillo móvil.

7.3. RESTRICCIONES

Las restricciones permiten modelar las relaciones necesarias entre los cuerpos que no proporcionan las juntas por defecto, como cuando es necesario cerrar el sistema. Las restricciones se pueden definir entre cada dos marcadores cualesquiera from y to. La restricción para el cierre de la cadena de rodillos supone restringir todos los grados de libertad menos el de giro en α entre el primer y el último eslabón. Un tema fundamental y complicado para la simulación de sistemas mecánicos en general es la modelización de contacto entre los rodillos y las guías. Para esta modelización se generan marcadores móviles del tipo parent/child. Cada marcador sigue una curva simple (recta, circunferencia) o una curva definida por puntos en un plano constante.

Nº	From	To	Tipo: descripción	DoF restringidos
1	Rodillo 01	Guía 01	90: entre marcadores móviles	y, X
4n-3	Rodillo 4n-3	Guía 01	90: entre marcadores móviles	y, X
8n-1	Rodillo 4n-1	Tensor 03	90: entre marcadores móviles	y, X
8n+1	Eslabón 01	Eslabón n	25: definida por el usuario	X, Y
8n+2	Eslabón 02	Eslabón 2n	25: definida por el usuario	X, Y

Tabla 2. Restricciones de un diseño convencional de escalera mecánica o pasillo móvil.

7.4. FUERZAS APLICADAS

Son las que representan las acciones reales que deberían de existir en un modelo de escalera mecánica. Estas fuerzas pueden dividirse en varios subsistemas. Las primeras para el accionamiento, que sujeta los peldaños a las dos cadenas de rodillos mediante muelles tridimensionales, incluyendo valores muelles-amortiguadores lineales y de torsión, y que suponen $2n$. Las siguientes son para la modelización del contacto entre los rodillos y las guías, siendo un total de $8n$. El sistema de tracción es lineal y aplica una fuerza en cada articulación entre eslabones en el sentido tangencial a la guía en la zona de control empleada. Estas fuerzas suponen un número de $2n$. La última fuerza es de la estación tensora se modeliza con un solo valor y precarga. En total hay que introducir $12n+1$ fuerzas en el modelo

Nº	From	To	Tipo: descripción	Dirección
1	Eslabón 01	Peldaño 01	05: Muelle-Amortiguador en paralelo	$\alpha, \beta, \gamma, X, Y, Z$
2n+1	Guía 01	Rodillo 01	"	X, Y
6n	Guía 04	Rodillo 4n	"	X, Y
6n+1	Tensor 01	Rodillo 01	"	X, Y
10n+1	Isys	Rodillo 01	"	X,
12n+1	Isys	Tensor 01	05: Precarga + Muelle-Amortiguador en paralelo	X

Tabla 3. Fuerzas aplicadas en un diseño convencional de escalera mecánica o pasillo móvil.

7.5. SISTEMA TENSOR

Un problema particularmente difícil de resolver en simulación es el de las guías de geometría variable. Los programas de simulación se limitan simplemente a no aceptarlas. Si se modeliza una geometría particular para el tensor, diferente de la guía, aparecen posiciones singulares que falsean la modelización del contacto entre tensor y rodillos.

Gráfico 7. Posición singular de dos marcadores parent/child Diseño del sistema tensor.

En este trabajo se ha obtenido la solución aplicando los principios inventivos de TRIZ y consiste en definir una guía del tensor geoméricamente igual a la de toda la guía. A esta geometría del tensor se le impone una junta prismática respecto al sistema de referencia fijo, Isys. Se definirán dos fuerzas de contacto entre cada par de marcadores móviles mediante expresiones que detecten en qué zona se encuentra cada rodillo. Así, la expresión que defina la fuerza de contacto entre el tensor y un rodillo concreto, se anulará cuando ese contacto se dé con la guía fija.

La existencia de contraguías se puede introducir teniendo en cuenta una holgura en la expresión del muelle-amortiguador bidireccional. De esta forma la reacción que recibe un rodillo a lo largo de un ciclo es la suma de ambas fuerzas, las debidas a la zona de guía y la zona de tensor. Estas fuerzas están representadas en el Gráfico 8, observándose una suave transición entre ambas zonas. En la zona de transición, de longitud no nula, se reparten la reacción entre el tensor y la guía.

Gráfico 8. Dos fuentes de reacción del rodillo: guía (arriba) y tensor (abajo).

7.6. SISTEMA DE TRACCIÓN

Una primera opción para la modelización del sistema de tracción es emplear el módulo CHAIN del software SIMPACK que permite la modelización de cadenas. Este es el caso de algunos de los modelos desarrollados en [9]–[11]. Sin embargo, la especialización de este módulo supone también falta de flexibilidad. Para superarla se emplea el SIMPACK básico, y se describirá un sistema de tracción basado en un sistema de control, metodología que permite modelos más genéricos.

Para modelizar el sistema de control es necesario primeramente seleccionar la zona de control, que es la cabecera superior en una escalera convencional y una zona recta en la parte superior de la escalera modelizada. La variable de control es la velocidad lineal de la cadena que es comparada con la velocidad de consigna. Mediante un control proporcional a esta comparación se aplica una fuerza a través de un actuador.

$$F = kp * (V_{real} - V_{ref})$$

Ecuación 1. Fuerza de tracción aplicada.

La fuerza aplicada debe ser tangencial a la guía. De esta forma basta que sea aplicada siguiendo la dirección del eje X de cualquiera de los marcadores parent/child definidos entre las curvas del rodillo y de la guía.

Gráfico 9. Diagrama de Control y fuerzas aplicadas.

8. GENERACIÓN PARAMÉTRICA ESCALABLE DEL MODELO

Estos modelos aquí descritos son resueltos convenientemente por el programa de simulación siempre y cuando se hayan introducido correctamente los parámetros de los elementos y sus posiciones iniciales. Esto es una tarea abrumadora y muy expuesta a errores. Para el modelo base de este estudio, que consta de n=60 peldaños y cadenas con un eslabón por peldaño, el número de cuerpos a simular es de unos 200, las restricciones cerca de 500 y las fuerzas cerca de 700. En total cerca

de 1.400 elementos con una media de 3 valores por elemento nos acerca a más de 4.000 valores a introducir. La escalera modelada corresponde a un desnivel de 4,5m. Hay escaleras que superan ampliamente los 20m y tienen cadenas de hasta 3 eslabones por peldaño.

Cualquier error en estos valores se traduce en errores de simulación o en la imposibilidad de esta por falta de convergencia en el estado inicial [12]. Adicionalmente está el problema de las geometrías de las guías que necesitan ser precisas, varían con cualquier cambio de configuración y deben estar en un formato que acepte el programa de simulación.

Los hechos relatados aquí justifican la escala literaria de simulación de escaleras existente.

Es una parte fundamental de este trabajo el desarrollo de todas las herramientas de automatización que permiten la introducción de un modelo escalable en función de unos pocos parámetros a introducir manualmente.

La automatización y escalabilidad afecta no sólo a la introducción del modelo, sino también a varios procesos más. El primero a la simulación en sí, con varias simulaciones sucesivas con diferentes condiciones de funcionamiento. Otro proceso es la selección, tratamiento y presentación de la miríada de resultados que produce la simulación, para que se convierta en información útil para analizar la dinámica de la escalera. El tratamiento de los datos de instrumentación es un proceso con entidad propia pero íntimamente ligado a los de simulación.

Entre las herramientas desarrolladas se ha considerado imprescindible las que permiten correlacionar los resultados experimentales con los de simulación para la mejora en la estimación de los valores de parámetros desconocidos o de difícil medición.

9. MODELO REAL INSTRUMENTADO VALIDACIÓN

El prototipo de escalera mecánica que se instrumentó está descrito con más detalle en otras publicaciones [12]. Se emplearon acelerómetros tridimensionales para medir las aceleraciones en los peldaños, galgas extensiométricas para medir la tensión en cada malla de las cadenas, galgas extensiométricas para medir la reacción en partes curvas de la guía y sensores laser para medir el desplazamiento de la estación tensora.

Dado que los peldaños y las cadenas están en movimiento continuo fue necesario adaptar equipos portátiles que estuvieran embarcados en los peldaños y registraran aceleraciones y tensiones.

Todos los dispositivos de medida estaban al menos duplicados para evitar la pérdida de información o mejorar la precisión de la medida.

Gráfico 11. Sensores en un prototipo real: galgas, sensor laser, acelerómetros y equipo de registro.

Se hizo funcionar el prototipo siguiendo un plan de variación de condiciones donde se cambiaba la velocidad nominal, el sentido de giro, la precarga del tensor y la aceleración de arranque y parada. Cada escenario de funcionamiento se repetía al menos dos veces. La escalera funcionaba sin pasajeros al no disponer de un utillaje adecuado que hiciera el embarque y desembarque adecuadamente.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aceleración del peldaño que marca la seguridad y confort del pasajero durante todo el trayecto y es un marcador fundamental para la existencia de ruidos por vibración y sobrecargas por posibles resonancias.

Los valores dinámicos fundamentales que interesan para la evaluación de un diseño son en primer lugar la tensión de la cadena que determina la duración de sus articulaciones, la fuerza motora a aplicar, la robustez de la estructura portante y parte del desgaste de los rodillos. La reacción de los rodillos sobre las guías marca la duración de las bandas de rodadura de los mismos y la robustez de las guías para no sufrir deformaciones inadmisibles. La aceleración del peldaño que marca la seguridad y confort del pasajero durante todo el trayecto y es un marcador fundamental para la

existencia de ruidos por vibración y sobrecargas por posibles resonancias. El desplazamiento del tensor es un movimiento oscilatorio que tiene gran influencia en el comportamiento.

Tras el arduo procesamiento de los datos de instrumentación, se sincronizaron con los datos de simulación, tanto para el punto inicial de ciclo como para la velocidad media. Con los datos sincronizados se estimaron los parámetros de simulación en función de la correlación de los datos simulados con los datos experimentales para obtener los parámetros más cercanos a la realidad.

Esta primera gráfica muestra conjuntamente la tensión de la cadena medida y la simulada. Lo primero a destacar es la buena correlación general existente entre las señales medidas y simuladas. Los picos se producen simultáneamente en una curva y otra, las zonas más estacionarias se solapan en gran medida y también las oscilaciones de 0,8 segundos de periodo que es la frecuencia de paso de peldaños y escalones.

Gráfico 11. Tensión de un eslabón: filtro paso bajo de 2Hz.

También se pueden ver las diferencias. Las oscilaciones de tensión experimentales resultan de mayor amplitud que las simuladas. La gráfica experimental tiene más picos y es menos regular que la simulada. Evidentemente en un modelo tan complejo no se puede exigir la superposición exacta pero si estudiar el origen de las discrepancias. El origen puede ser errores de medida, falta de precisión o linealidad, ruidos, defectos de tratamiento de datos, o bien defectos de construcción del prototipo que introduzcan perturbaciones en la regularidad de funcionamiento. Pero también las discrepancias se pueden deber al modelo, bien en el valor de sus parámetros o bien en su estructura. El valor de los parámetros se ha optimizado con los experimentales pero siempre estarán sujetos

a incertidumbre. Respecto a la estructura, es difícil que incluya los defectos de fabricación, salvo que se introduzcan de forma estadística. Son los defectos de estructura los que interesan para un refinamiento del modelo pero exigen un estudio local más profundo.

La siguiente gráfica se refiere a la aceleración de un peldaño. Las conclusiones son similares a la gráfica anterior, buena correlación general, picos experimentales más altos que los simulados.

Gráfico 12. Aceleración de un peldaño: filtro paso bajo de 0.2Hz.

La pregunta es si estos comportamientos más bruscos se deben a deficiencias del prototipo, holguras, desalineaciones, o bien a simplificaciones del modelo que debe refinarse más.

En esta última gráfica de resultados se muestra el desplazamiento del tensor con una escala temporal ampliada. La superposición es casi perfecta salvo por algunos picos experimentales.

Gráfico 13. Desplazamiento del tensor.

El tensor es el subsistema más sencillo y por tanto el que mejor representa el modelo de simulación.

Se podría concluir que lo más probable es que las diferencias de regularidad sean por defectos del prototipo y las diferencias en amplitudes por simplificaciones del modelo.

Los valores estáticos de tensión del modelo y los que se pueden inferir de los valores medios experimentales, coinciden con los cálculos clásicos estáticos que se pueden hacer por medios más sencillos, lo que redunda en la validez del modelo y en la importancia de refinarlo.

11. CONCLUSIONES

Si no se evoluciona se extingue. Esto se podrá aplicar algunos fabricantes de escaleras mecánicas. Forzar esta evolución requiere contar con herramientas que permitan la verificación de las ideas creativas que se vayan produciendo.

En este trabajo se han descrito las herramientas que permiten valorar la calidad de un diseño existente o el valor añadido de una mejora entre dos diseños distintos.

La alta correlación entre los modelos real y simulado, avalan el uso de esta metodología y también indican el camino para ir refinando y ampliando a esta.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cano-Moreno, J. D. y Cabanellas Becerra, J. M. (2017). Evolución de las escaleras mecánicas: divergencia entre los diseños teórico y real. *DYNA*, 92(3), 264-268.
- [2] S. GmbH. (2018). Multi-Body Simulation. *SIMPACK MBS Software*. [En línea]. Disponible en: <http://www.simpack.com/>. [Accedido: 01-jun-2018].
- [3] Klisch, T. (1999). Contact mechanics in multibody systems. *Mechanism and Machine Theory*, 34(5), 665-675.
- [4] Kwon, Y. S. (1999). Dynamic Analysis Step-By-Step, *Elevator World*, 47(1), 32.
- [5] Kwon, Y.-S., Copeland, G. S. y Park, N.-G. (2005). A Multibody Dynamic Model for Escalator Handrail Systems and its Application to Dynamic Characteristics, *Multibody Syst Dyn*, 13(2), 253-266.
- [6] Isotani, H., *et al.* (2002). Technology for Developing Escalator Mechanisms Using Multibody Dynamics Analysis. En: *The Proceedings of the Elevator, Escalator and Amusement Rides Conference*. (49-52).
- [7] Cabanellas Becerra, J. M., *et al.* (2010). Escalera mecánica. España: ES2319082B1.
- [8] Cabanellas Becerra, J. M., *et al.* (2011). Sistema de accionamiento de una cadena de arrastre. España: ES2351000B1.
- [9] Cano-Moreno, J. D., *et al.* (2009). Methodology for Flexible Modelling of Escalator Multibody Systems. En: *Proceedings Industrial Simulation Conference*. (227-231). UK: Loughborough. (227-231).
- [10] Cabanellas Becerra, J. M., *et al.* (2008). Advanced Dynamical Models for Escalators Simulation, *Elevator World*, 56(11), 136–151.
- [11] Cabanellas Becerra, J. M., *et al.* (2008). Mejora de un diseño de más de 100 años. Nuevos conceptos en escaleras mecánicas. En: *XVII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*. España: Gijón. ISBN 0212-5072.
- [12] Cano-Moreno, J. D. (2012). *Metodologías para la Modelización, Validación y Diseño Innovador de los Sistemas Multicuerpo del Transporte Vertical de Personas*. Tesis (Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid: E.T.S.I. Industriales.

Consejo Editorial

Director

Víctor Gisbert Soler

Editores adjuntos

María J. Vilaplana Aparicio

Inés Poveda Pastor

Vicente Sánchis Rico

Editores asociados

David Juárez Varón

F. Javier Cárcel Carrasco

Comité Científico Técnico

Área textil	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell <i>Universidad Politécnica de Cataluña, España</i>
Área financiera	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo <i>Universidad Jaume I; Castellón de la Plana, España</i>
Organización de empresas y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó <i>Universidad de Alicante, España</i>
Estadística; investigación operativa	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Derecho	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere <i>Universidad de Alicante, España</i>
Ingeniería y tecnología	Prof. Dr. David Juárez Varón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Tec. de la información y la comunicación	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Medicina y salud	Dra. Mar Arlandis Domingo <i>Hospital de San Juan de Alicante, España</i>

tecnología

Glosas de innovacion aplicadas a la pyme