



Universidad
Continental

ISSN en línea 2519-1403

Vol. 2 n.º 1

Enero-Junio 2017

INGENIUM

Facultad de Ingeniería





Universidad
Continental

ISSN en línea 2519-1403
Vol. 2 n.º 1
Enero-Junio 2017

INGENIUM

Facultad de Ingeniería

Ingenium

Facultad de Ingeniería

Volumen 2, número 1, enero-junio 2017

ISSN en línea 2519-1403

Autoridades universitarias

Fernando Barrios Ipenza

Presidente del Directorio

Esaú Caro Meza

Rector

José Barrios Ipenza

Vicepresidente del Directorio

Oswaldo Sifuentes Bitocchi

Director de Gestión Académica

Teresa Godoy Castilla

Gerente General

Felipe Néstor Gutarra Meza

Decano de la Facultad de Ingeniería

Armando Prieto Hormaza

Secretario General

Ingenium de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental se esmera para satisfacer las necesidades de los profesionales de ingeniería, los investigadores y los académicos. Publica artículos que ilustran aplicaciones directas de las teorías de ingeniería y sus herramientas.

Los artículos de la revista *Ingenium* están orientados a lectores de los sectores industrial y académico relacionados con la ingeniería.

El editor de la revista evalúa si el artículo se adecúa a los temas de ingeniería que publica la revista. Luego, revisores especialistas en el tema del artículo lo evalúan para dar sugerencias de mejora y su visto bueno para la publicación. La revista no se hace responsable de las opiniones de los autores.

Editor

Felipe Gutarra Meza

Comité Editorial

Elizabeth Cecilia Ore Núñez (Universidad Continental, Perú)

Roberto Belarmino Quispe Cabana (Universidad Continental, Perú)

Alex Adolfo Peña Romero (Universidad Continental, Perú)

Cuidado de edición

Jullisa del Pilar Falla Aguirre

Fondo Editorial

Diseño y diagramación

Yesenia Mandujano Gonzales

Fondo Editorial

Disponible a texto completo en

<http://journals.continental.edu.pe/>

Correspondencia

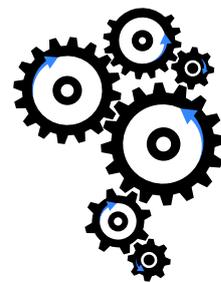
Dirección: Av. San Carlos 1980, Huancayo, Perú

Teléfono: (51 64) 481430

Fax: (51 64) 221929

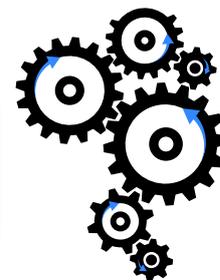
Correo electrónico: revistaingenieria@continental.edu.pe

CONTENIDO



- 7 | Editorial: Proyectos de innovación en ingeniería y tecnología peruana
Felipe Gutarra Meza
- 9 | Abundancia relativa y diversidad de la ornitofauna en el humedal Puchus Uclo, abril-mayo, 2017
Silvia Torbellino López, Nathan Soley, Analia Hormaza Campos, Krisiris García Matamorros, Jorge Laura Bonifacio
- 14 | Aplicación de la sacarosa como aditivo para controlar juntas frías en el concreto
José Omar Cotrina Salvatierra
- 21 | Propuesta de generación de energía eléctrica mediante biogás obtenido por la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz»-Concepción
Gabriel Osiris Cairampoma Rodriguez
- 34 | Diseño de la faja de transporte y selección del eje para el proceso de corte de ají jalapeño
Roberto Belarmino Quispe Cabana
- 40 | Mejora en los procesos de corte, espiralado y ensamble para la fabricación de tamboras de fierro corrugado
Roberto Belarmino Quispe Cabana
- 48 | Desarrollo a nivel funcional de un puente transportable y teleoperado
Víctor Alvarado, Josué Sánchez, José Bautista, Efraín Chihuan, William Buendía, Roberto Cuazitil, Celso De La Cruz





CONTENT

- 8 | Editorial: Innovation projects in Peruvian engineering and technology
Felipe Gutarra Meza
- 9 | Relative abundance and diversity of ornithofauna at Puchus Uclo wetland, April-May, 2017
Silvia Torbellino López, Nathan Soley, Analia Hormaza Campos, Krisiris García Matamorros, Jorge Laura Bonifacio
- 14 | Application of sucrose as an additive to control cold joints in concrete
José Omar Cotrina Salvatierra
- 21 | A proposal of electric energy generation through biogas obtained from organic material from the Landfill «Santa Cruz»-Concepción
Gabriel Osiris Cairampoma Rodriguez
- 34 | Design of the conveying system and axis selection for ají jalapeño cutting process
Roberto Belarmino Quispe Cabana
- 40 | Improvement in the processes of cutting, spiraling and assembly for the manufacture of corrugated iron drums.
Roberto Belarmino Quispe Cabana
- 48 | Functional development of transportable and teleoperated bridge
Víctor Alvarado, Josué Sánchez, José Bautista, Efraín Chihuan, William Buendía, Roberto Cuazitil, Celso De La Cruz



EDITORIAL

Proyectos de innovación en ingeniería y tecnología peruana

Dr. Felipe Gutarra Meza

Editor

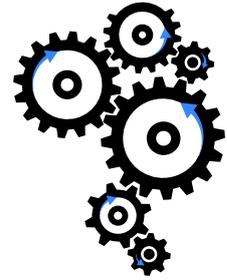
La ingeniería es el conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales, así como para la actividad industrial [1]. En el Perú, la Universidad Continental y el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú) del Ministerio de la Producción promueven conjuntamente la realización de proyectos de innovación en ingeniería y tecnología; uno de los principales objetivos de Innovate Perú es «facilitar la absorción y adaptación de tecnologías para las empresas» [2]. En este contexto, en el 2017 se ofrecieron un total de 15 vacantes para tesis interesados en desarrollar proyectos de investigación; fueron ocho proyectos financiados por Innovate Perú, de los cuales cinco corresponden a la Facultad de Ingeniería, en las Escuelas Académico Profesionales de Ingeniería: Ambiental, Informática, Industrial, Mecánica, y Agrognegocios.

En el presente número de la revista *Ingenium*, se presentan dos de los cinco proyectos vinculados con innovación e ingeniería tecnológica: «Diseño y fabricación de equipos para el proceso de fabricación en serie, rolado, fijación y montaje de tambores de fierro corrugado para puertas enrollables», de la Empresa Industria Scorsa S.A.C. (Huancayo), en cooperación con las escuelas académico profesionales de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, y «Mejoramiento del desempeño del sistema de corte y transporte de una máquina cortadora de ají a través de un adecuado diseño y fabricación», Empresa Mecánica Industrial E.I.R.L (Huancayo) en cooperación con la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica [3].

De este modo, la Universidad Continental se encuentra realizando investigación en colaboración con empresas e instituciones del Estado con el objetivo de mostrar un potencial investigativo de la Macrorregión Centro del Perú.

Referencias

- [1] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. [Consulta en línea]. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- [2] INNOVATE PERÚ. Historia. [Consulta en línea]. Recuperado de <https://innovateperu.gob.pe/quienes-somos/historia>
- [3] UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Desarrolla tu tesis en los proyectos de investigación que la UC tiene para ti. [Consulta en línea] [Blog]. Recuperado de <https://ucontinental.edu.pe/noticias/desarrolla-tesis-los-proyectos-investigacion-la-uc-ti/>



EDITORIAL

Innovation projects in Peruvian engineering and technology

Felipe Gutarra Meza
Editor

Engineering is the set of knowledge oriented to the invention and use of techniques for the use of natural resources, as well as for industrial activity [1]. In Peru, the Universidad Continental and the National Program of Innovation for Competitiveness and Productivity (Innovate Perú, in Spanish) which belongs to the Ministry of Production in Peru, are working together in order to promote innovation projects in engineering and technology. Innovate Peru has as main objectives «facilitate the absorption and adaptation of technologies for companies» [2]. In this sense, a total of 15 scholarship were offered for thesis students interested in developing research projects in 2017. There were eight projects, five of them which belong to the Faculty of Engineering were funded by Innovate Peru, they are Environmental Engineering, Informatics & Software Engineering, Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Agro-business Engineering.

The present issue of Ingenium, two of the five projects were linked in innovation and technological engineering, the first one «Design and manufacture of equipment for the process of manufacturing in series, rolling, fixing and assembly of corrugated iron drums for rolling doors», by Industria Scorsa Company SAC (Huancayo), in cooperation with School of Industrial Engineering and Mechanical Engineering; the second one «Improvement of the performance of the cutting and transport system of an ají cutting machine through an adequate design and manufacture», by Industrial company EIRL (Huancayo) in cooperation with School of Mechanical Engineering [3].

Finally, the Universidad Continental is conducting research in collaboration with companies and institutions of Peruvian Government with the objective to show a research potential into the Macro-Region of Peru.

References

- [1] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. [Consulta en línea]. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- [2] INNÓVATE PERÚ. Historia. [Consulta en línea]. Recuperado de <https://innovateperu.gob.pe/quienes-somos/historia>
- [3] UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Desarrolla tu tesis en los proyectos de investigación que la UC tiene para ti. [Consulta en línea] [Blog]. Recuperado de <https://ucontinental.edu.pe/noticias/desarrolla-tesis-los-proyectos-investigacion-la-uc-ti/>



ABUNDANCIA RELATIVA Y DIVERSIDAD DE LA ORNITOFAUNA EN EL HUMEDAL DE PUCHUS UCLO, ABRIL-MAYO, 2017

RELATIVE ABUNDANCE AND DIVERSITY OF ORNITHOFAUNA AT PUCHUS UCLO WETLAND, APRIL-MAY, 2017

Silvia Torbellino López¹, Nathan Soley², Analia Hormaza Campos¹,
Krisiris García Matamorros¹, Jorge Laura Bonifacio¹

¹ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental
E-mail: {71225456@continental.edu.pe, 72869099@continental.edu.pe, 72079165@continental.edu.pe, 70149895@continental.edu.pe}

² Ecólogo
E-mail: nathansoley@gmail.com

Resumen

En el presente estudio se realizó un análisis de la abundancia relativa y la diversidad de ornitofauna en el humedal Pucush Uclo, ubicado en el distrito de San Juan de Iscos, provincia de Chupaca, departamento de Junín. El humedal se encuentra a una altitud de 3240 msnm. Se hizo un conteo por transectos durante el inicio del verano y se registró un total de 11 especies, de las cuales *Fulica ardesiaca* y *Bubulcus ibis* fueron las más representativas. Mediante el índice de Simpson, se constató que la laguna presenta una diversidad media, y, con la ayuda del índice de Shannon, se encontró en Pucush Uclo una biodiversidad específica normal.

Palabras clave: Diversidad; ornitofauna; diversidad específica.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que contiene mucha riqueza ornitológica del planeta: 1800 especies, lo que lo convierte en el segundo país con mayor diversidad de aves del mundo. Posee además 131 aves endémicas y existen 88 especies globalmente amenazadas [1].

La diversidad puede expresarse como la variedad de seres vivos del planeta y estos conforman patrones naturales. Dentro de la variedad, se habla de la gama de ecosistemas como la diferencia genética que existe entre los individuos que la constituyen [2].

Abstract

In the present study an analysis of the relative abundance and diversity of birds in the Pucushucllo wetland was carried out, which is located in the district of San Juan de Iscos, province of Chupaca, Junin department. The wetland is at altitude of 3240 m.a.s.l. A transect count was made during the beginning of summer, a total of 11 species were recorded. *Fulica ardesiaca* and *Bubulcus ibis* were the most representative. The Simpson index indicated that the lagoon has a medium diversity and with the Shannon index indicated that Pucush Uclo had a normal specific biodiversity.

Keywords: Diversity; ornitofauna; specific diversity.

Por definición, un ecosistema es una unidad ecológica donde un grupo de organismos interactúan entre sí y estos pueden interactuar a su vez con el ambiente. En un lago existen también un número variado de hábitats a los cuales viven asociados los distintos grupos de organismos, que en último término forman las cadenas y tramas alimenticias, en la cual se presenta una complejidad que determina el estado trófico del lago [3].

Uno de los ecosistemas del Perú, bello y que se caracteriza por contar con diversidad en la ornitofauna, es el humedal de Pucush Uclo (Figura 1); este

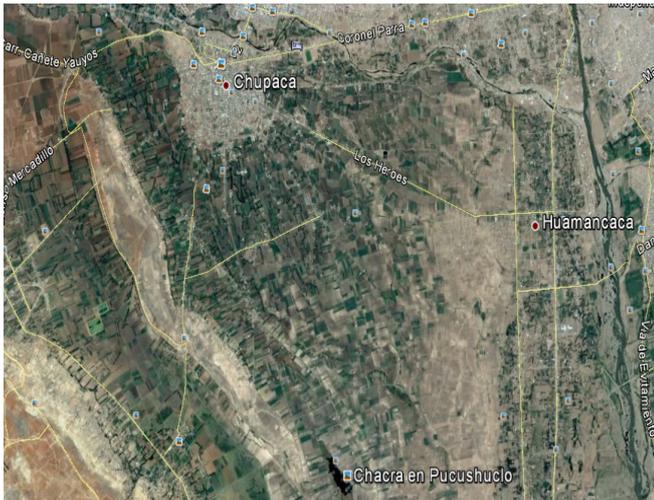


Figura 1. Ubicación de la laguna Pucush Uclo.
Fuente: Google Earth

ecosistema acuático es uno de los tantos paisajes atractivos con los que cuenta el valle del Mantaro, es ecoturístico, donde se observan islas flotantes de totora y diferentes especies de aves, como gaviotas, yanavicus, patos zambullidores, entre otras [4].

El humedal Pucush Uclo es el hábitat geográfico donde viven estas especies [5]; es de gran importancia ya que tiene una extensión aproximada de 4 hectáreas, alberga aves migratorias y endémicas de la zona y comprende a tres distritos: Chupaca, San Juan de Iscos y Chongos Bajos. El lago está ubicado a 3263 msnm, en un clima seco y templado; sus aguas presentan una tonalidad azul transparente, con 13 o 14 °C y con una profundidad de 3 m en la parte central. Con respecto a la flora del lugar, se identificaron sembríos de quinua, zanahoria, maíz, papa, entre otros, así como especies de plantas silvestres, retamas, álamo y sauco [6].

La investigación tiene por objetivos: a) determinar la abundancia relativa ubicada en el humedal de Pucush Uclo y b) determinar la diversidad específica de las aves endémicas y migratorias ubicadas en el humedal y con ello también dar a conocer las diferentes especies de aves que fueron registradas de abril a mayo de 2017. Por consiguiente, la **hipótesis** de la investigación es que la laguna de Pucush Uclo presenta una alta diversidad de aves sin dominancia de una especie.

Asimismo, se espera que esta información pueda servir como referencia para futuros estudios sobre las aves que se encuentran en la zona (Figura 2).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el principio de estación seca, en los meses de abril, mayo y junio de 2017, en la



Figura 2. Aves en la laguna Pucush Uclo
Fuente: Propia

laguna Pucush Uclo a 3263 msnm, lugar de clima templado y seco, que tiene agua permanente, con temperaturas diurnas moderadamente frías, momentáneamente cálidas y nocturnas con frecuencia bajo el punto de congelamiento.

Con un muestreo sistemático aleatorio en toda el área de la laguna, se determinó hacer 3 transectos (7), cada uno de 50 m de radio aproximadamente (Figura 3). En este trabajo se aplica una técnica de muestreo con tres salidas de campo de tres horas aproximadamente cada una de ellas, desde las 6:00 hasta las 9:00 horas.



Figura 3. Distribución de transectos.
Fuente: Google Earth

Con ayuda del libro *Birds of Perú* [1], se registró el nombre de la especie y el número de individuos. Las que proporcionaron información cualitativa de la presencia de especies. Las áreas fueron escaneadas con binoculares y se realizaron fotografías a las especies encontradas dentro de un transecto.

Determinada la riqueza, se halló la abundancia relativa, obteniendo el número de individuos de cada especie dividido entre el número total de individuos, en base a los datos recogidos en los conteos por transectos [8].

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Total individuos de todas las especies}} \times 100$$

La dominancia se calculó con el índice de Simpson y se necesitará la suma de que será la cantidad de individuos dividido entre el total de especies, todo esto elevado a la potencia dos [9]. De acuerdo con el resultado, se decidirá si hay dominancia de una especie.

$$S = \sum p_i^2 p_i^2 = \left(\frac{\text{cantidad de individuos}}{\text{total de especie}} \right)^2$$

Por último, mediante el índice de Shannon, se calculó la equitatividad, donde se necesitó la suma de [10]. Si $H' = 0$, solamente cuando hay una sola especie en la muestra y H' es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos. El valor máximo suele estar cerca de 5.

$$p_i = \frac{\text{cantidad de individuos}}{\text{total de especie}}$$

III. RESULTADOS

Durante el estudio se registraron 11 especies, que hicieron un total de individuos contabilizados en la salida de 1209. Se calculó la abundancia con el número de especies detectadas, la diversidad, en base al índice de Simpson, y la biodiversidad específica con el índice de Shannon.

Tabla 1. Número de individuos (N) y abundancia relativa (p_i) de la ornitofauna en el humedal Pucush Uclo (abril-mayo, 2017)

Especie	Nombre común	N	P_i
<i>Anas andium</i>	Pato serrano	3	0,3 %
<i>Anas flavirostri</i>	Pato sutro	2	0,2 %
<i>Anas georgica</i>	Pato jera	11	1,2 %
<i>Anas puna</i>	Pato puna	23	2,4 %
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera	366	38,9 %
<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta huayno	375	39,8 %
<i>Gallinula chloropus</i>	Polla de agua común	2	0,2 %
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huaco común	16	1,7 %
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato rana	123	13,1 %
<i>Plegadis ridgwayi</i>	Yanavico andino	1	0,1 %
<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor pimpollo	20	2,1 %
	Total	942	100 %

Los resultados se dividieron en tres salidas (Tabla 2):

- **Salida 1:** Se encontraron 209 individuos entre 11 especies, en la cual predominaba la *Fulica ardesiana* con 110 individuos y solo encontramos 1 *Anas andium* y 1 *Plegadis ridgwayi*. El índice de diversidad de Simpson es de 0,68, el cual nos quiere decir que es media ya que no está tan cercano ni alejado del 1 y el de Shannon es de 0,68, es decir tiene un índice bajo.
- **Salida 2:** Se encontraron 511 individuos entre 7 especies, en las cuales predominó la *Fulica ardesiana* (Figura 4) con 227 individuos y se encontró solo 1 *gallinula chloropus*. El índice de diversidad de Simpson es de 0,62, el cual es la media ya que no está tan cercano ni alejado de 1, y el de Shannon es de 0,48, índice aún más bajo que el de la primera salida.
- **Salida 3:** Se hallaron 222 individuos entre 7 especies, con el predominio de *Bubulcus ibis* (127 individuos) y solo se encontró 1 *Rollandia rolland*. El índice de diversidad de Simpson es de 0,61, el cual es la media, ya que no está tan cercano ni alejado de 1, y el de Shannon es de 0,52, el cual es bajo, pero está por encima de la salida 2.

Tabla 2. Diversidad de la ornitofauna en el humedal de Pucush Uclo (abril-mayo, 2017)

	Comparación de la riqueza y diversidad de las especies de aves en la laguna Pucush Uclo		
	Salida 1 (16/04/17)	Salida 2 (21/05/17)	Salida 3 (12/06/17)
Núm. de especies	11	7	7
Núm. de individuos	209	511	222
Índice de Simpson	0.68	0.62	0.61
Índice de Shannon	0.68	0.48	0.52

Como podemos observar, en las tres salidas el índice de Simpson es la media y el índice de Shannon, normal.

IV. DISCUSIÓN

No hay información científica sobre la laguna artificial Pucush Uclo. Según [11], en el 2016, el humedal Pucush Uclo presentaba un promedio de 20 000 aves, dato que no concuerda con lo registrado en este estudio, pues, según nuestros reportes, la máxima cantidad de aves registrada es de 511 individuos. Si bien la laguna presenta a dos especies con abundancias relativas significativas con relación a las demás, no es correcto afirmarlo del todo, ya que para ello se tendría que monitorear a las especies en su totalidad



durante todo un año, tal como se realizó en la laguna artificial La Meco (Madrid) [12], que tiene un área de 30 hectáreas, casi 7 veces más que el área de la laguna Pucush Uclo, en ese estudio apenas se llegó a contabilizar como número máximo de individuos censados a 1311. Por ende, podemos afirmar que [11] sobreestimó el número estimado de aves.



Figura 4. *Fulica ardesiaca* y *Nycticorax nycticorax*.
Fuente: Propia

Las especies dominantes variaron entre *Fulica ardesiaca* y *Bubulcus ibis*, en cada salida de campo, y esto podría ser debido a que en la transición de abril-mayo, en la provincia de Junín, se produce el inicio de las heladas y la temporada seca, tal es así que la temperatura puede llegar hasta los 4 °C [13]. Los factores climáticos pueden ser un factor influyente para la determinación de la abundancia relativa de especies.

Para hallar nuestro índice de Equidad de Shannon-Wiener (H'), fue necesario estimar que los ecosistemas más ricos en especies son más equitativos porque la coexistencia interespecífica e intraespecífica se desarrolla homeostáticamente. En [14] se indica que el índice de Shannon es 3,33 en FM y 2,83 en EA; afirma que este último significa que su área no es diversa en composición de aves; y, pese a que coincidimos en la fórmula y la aplicación de dicho índice, podemos refutarlo, puesto que, para considerar al índice de Shannon bajo, es necesario usar una variante de la fórmula. Es por ello que en esta investigación el resultado es de biodiversidad específica normal.

Este proyecto de investigación tiene similitud con un artículo de Miguel A. Cáceres, quien realizó un estudio entre los meses de septiembre y octubre del 2012, en el cual nos explica sobre un inventario y una evaluación ecológica rápida de las aves de la subcuenca del río del Hombre, en tres zonas de vida del departamento de Francisco Morazán, en Honduras. Cáceres obtuvo como resultados que la riqueza de especies en los tres tipos de bosques muestreados

fue de 47; el índice de diversidad de Shannon más alto fue el del bosque árido de matorrales y espinos: $H' = 7.25$; la abundancia relativa en el transecto de Palo Marcado presenta 15 individuos de 8 especies, donde la más común es *Hylocharis spp.* (gorrión) con 6 individuos.

Ambos estudios tienen la misma metodología, pero con algunos factores diferentes al nuestro, como el tiempo de observación que dedicaron 3 h ½ de un recorrido de 1.6 km a cada una de las zonas, y nosotros dedicamos dos horas en un recorrido de 50 m (15).

V. CONSIDERACIONES FINALES

La diversidad de aves en la laguna artificial de Pucush Uclo es media, cabe resaltar que solo se contabilizó a las especies que cayeron en el transecto, pues fuera del área de muestreo también se observaron parihuanas.

La dominancia de especies varía según nos acercamos a la época de helada en Junín, y la equitatividad de especies en la laguna es normal según el índice de Shannon.

Se deben hacer investigaciones más profundas para entender el comportamiento de las aves con relación a la laguna y también cómo es que ese hábitat artificial puede ser una alternativa para la preservación de especies.

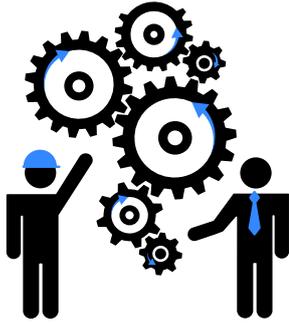
VI. AGRADECIMIENTOS

A Lucero y Maricruz por su apoyo en la realización del presente trabajo.

VII. REFERENCIAS

- [1] SCHULENBERG, T. S., STOTZ, D. F., LANE, D. F., O'NEILL, J. P. & PARKER III, T. A. *Birds of Peru: revised and updated edition*. Princeton University Press, 2010.
- [2] JIMÉNEZ-SIERRA, C. L., TORRES OROZCO, R. B. y CORCUERA MARTÍNEZ DEL RÍO, P. Biodiversidad: Una Alerta. *Revista Casa del tiempo*, 2010, vol. III, núm. 8, pp. 9-16. ISSN 0185-4275. Disponible en http://www.uam.mx/difusion/casa-del-tiempo_eIV_num36_09_16.pdf
- [3] ROLDÁN PÉREZ, G. y RAMÍREZ RESTREPO, J. J. *Fundamentos de limnología neotropical*, 2.ª ed.

- Medellín: Editorial Universidad Antioquia, 2008, p. 440.
- [4] BULEGE, W. [Blog]. Observación científica en la laguna Pucush Uclo. [Consulta 15 de mayo de 2017]. Disponible en <http://wbulege.blogspot.pe/2013/05/observacion-cientifica-en-la-laguna-de.html>
- [5] RIVERA PAEZ, J. A. y INSUASTY, H. J. Concepto de hábitat. *Revista de Arquitectura*, núm. 6, enero-diciembre, 2004, pp. 36-37. Bogotá, Universidad Católica de Colombia.
- [6] PAZ, L. (16 de marzo de 2013). Junín: Hermosa laguna de Pucush Uclo purifica el alma. *RPP Noticias*, p. 1. Recuperado de <http://rpp.pe/peru/actualidad/junin-hermosa-laguna-de-pucush-uclo-purifica-el-alma-noticia-576463>
- [7] COLMA, M. *Metodología para el estudio de vegetación*. Whashington: Eva V., 1982.
- [8] CAUGHLEY, G. *Analysis of vertebrate populations*. New York: John Wiley & Sons, 1977.
- [9] SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. *Nature* 1949, 163(688).
- [10] WIENER, S. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, 27(379 - 423).
- [11] Cueva Hinostroza, Fidel. Concausa - Humedal Pucush Uclo: Ojo del mundo. [Consulta en línea] Recuperado de <http://concausa2030.socialab.com/challenges/concausa2030/idea/30199>
- [12] PÉREZ GRANADOS, C., SERRANO DAVIES, E. y NOGUERALES, V. Avifauna acuática invertebrante en lagunas artificiales: la laguna de Meco. *Revista Catalana d'Ornitologia*, 2013, núm. 10.
- [13] HUANCAYO PERU - La mayor información de la ciudad incontestable. Clima [Consulta en línea]. Recuperado de <http://www.dehuancayo.com/clima-huancayo>
- [14] OSORIO HUAMANÍ, B. C. *Inventario de la biodiversidad de aves como indicador de la calidad ambiental del «Humedal Laguna el Oconal» del distrito de Villa Rica*. Tingo María. [Informe de Práctica Preprofesional]. Tingo María, Perú: Universidad Agraria de la Selva. 2014.
- [15] CÁCERES, M. A. Riqueza y diversidad de las comunidades de aves de tres zonas de vida del depto. de Francisco Morazán. *El Esmeralda, Boletín de la Asociación Hondureña de Ornitología*. 2012, vol. 3, núm. 1, pp. 36-49



APLICACIÓN DE LA SACAROSA COMO ADITIVO PARA CONTROLAR JUNTAS FRÍAS EN EL CONCRETO

APPLICATION OF SUCROSE AS AN ADDITIVE TO CONTROL COLD JOINTS IN CONCRETE

José Omar Cotrina Salvatierra¹

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Continental.
E-mail: 71782560@continental.edu.pe

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo controlar las juntas frías en el concreto con aditivos específicos de sacarosa de 0,10 % y 0,40 % como una alternativa para la construcción. La dosificación de azúcar puede ser una posibilidad real para los países en desarrollo, ya que está disponible en grandes cantidades y representa una fuente de consumo humano continua, además demostrar cómo esta adición de azúcar influye adecuadamente en las juntas frías en el concreto y no solo analizar su comportamiento, sino también de reducir costos en los proyectos de construcción.

Palabras clave: Juntas frías; concreto; sacarosa; asentamiento; fraguado.

Abstract

This research aims to control the cold joints in the concrete with specific additives 0.10% and 0.40% sucrose as alternative for construction. The dosage of sugar can be a real possibility for developing countries since it is available in large quantities and represents a source of continuous human consumption, also demonstrate how this addition of sugar properly influences the cold joints in the concrete in order not only to see its behavior but also to reduce costs in construction projects.

Keywords: cold joints; concrete; sucrose; settlement; setting.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las funciones que cumplen los aditivos químicos en la tecnología del concreto es retardar la fragua, hecho que influye en la hidratación del cemento que tiene una lenta formación de los hidratos [1]. En las construcciones con concreto, de grandes extensiones de área, se originan diferencias en la resistencia por sectores de vaciado, a consecuencia de grandes intervalos de tiempo, por diferentes factores que originan las juntas frías.

La sacarosa en dosis de 0,10 % a 0,40% permite controlar la aparición de juntas frías en concretos masivos. Tiene como propósito influir tanto en la minimización de costos como en la optimización del tiempo a selección del aditivo y el contenido de adición debe garantizar el efecto retardador durante

el período inicial, favoreciendo el incremento de las propiedades mecánicas a edades avanzadas.

El objetivo principal es controlar las juntas frías con dosis de 0,10 % a 0,40 % de sacarosa en concretos masivos. La hipótesis está relacionada si al hacer uso de dosis de 0.10% y 0.40% la sacarosa disminuirá la aparición de juntas frías en concretos masivos y si el diseño de mezcla con la dosis de sacarosa no influirá en la resistencia final.

II. RESULTADOS

a) Caracterización de los agregados- Pilcomayo

Los agregados influyen en el concreto, tanto en el estado fresco como en el endurecido, y la efectividad en el procedimiento de control de calidad

tiene su efecto en las variaciones de las propiedades del concreto [2]. Por tal motivo, las caracterizaciones de los agregados finos (arena) y gruesos (piedra) hasta el concreto fresco y/o endurecido se realizan según la *Norma Técnica Peruana* (en adelante NTP).

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los agregados de la cantera de Pilcomayo (agregado fino y agregado grueso), realizados mediante ensayos de acuerdo con la NTP y la American Society for Testing Materials (ASTM). Para hacer el diseño de mezcla, se añadió 0,10 % y 0,40 % de sacarosa en el concreto; todas las dosis están en función al peso de una bolsa de cemento de 42,5 kg.

Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas granulométricas de agregados fino y grueso que están dentro de los parámetros Husos C y 56, respectivamente, que son los límites permisibles.

Tabla 1. Caracterización de agregados

	Caracterización de los agregados	
	Ar	Pd
P. específico	2.55	2.61
Humedad	3.73	0.4
Absorción	2.25	1.42
PUS	1723	1484
PUC	1903	1680
MF	2.84	7.58
Tnmax		3/4
Tmax		1
Dnmax		1

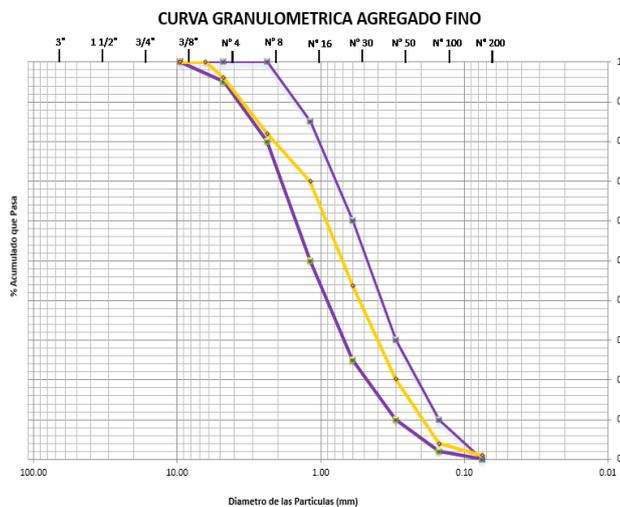


Figura 1. Granulométrica agregado fino – Huso C

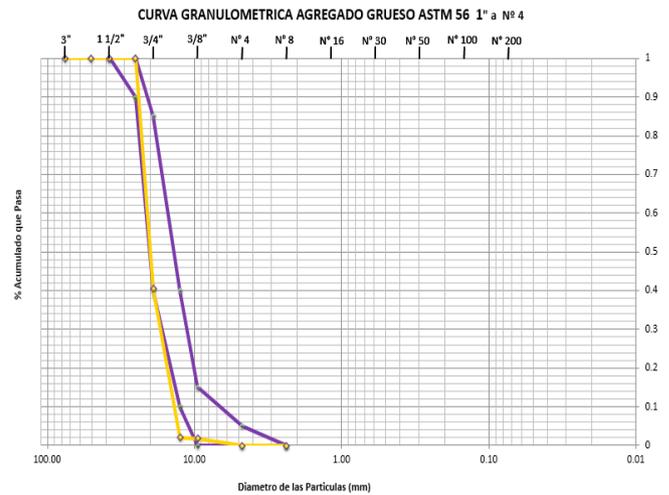


Figura 2. Granulometría agregado grueso – Huso 56

El módulo de finura de agregado fino en el concreto es resistente, del agregado grueso su finura es gruesa y en su peso específico es un agregado normal.

b) Diseño de mezcla por el método global con aditivo

El diseño de mezcla por el método global logra una óptima trabajabilidad y resistencia, así mismo se obtienen cantidades de cemento, agua, piedra, arena, % aire para utilizar en proporción del cemento.

Tabla 2. Proporciones de acuerdo con la dosis

	Descripción	Dosis 0,00 %	Dosis 0,40 %	Dosis 0,10 %
	1 bolsa (kg)	½ bolsa	1/2 bolsa	1/2 bolsa
C	42,5	21,25	21,25	21,25
H ₂ O	27,2	13,6	13,6	13,6
Pd	115,6	57,8	57,8	57,8
Ar	131,33	65,67	65,67	65,67
Dosis		0 g	21,25 g	85 g

c) Propiedades de la sacarosa y su uso como aditivo

Los aditivos pueden ser materiales orgánicos o inorgánicos. Un aditivo retardador trabaja sobre el aluminato tricálcico retrasando la reacción [3]. En los antecedentes de investigación se muestra que la sacarosa cumple como aditivo retardador, pero hasta cierta cantidad.



En la Figura 3 se pueden observar las características y parámetros conceptuales a los que se puede aplicar un aditivo retardador. Se evidencia, además, que las acciones y funciones que cumple la sacarosa se asemejan a un aditivo de Tipo D, que es un reductor de agua y retardador. En la Tabla 3 se hace una comparación determinada de la sacarosa y un aditivo Sika Plastiment TM 12.

Tabla 3. Propiedades de la sacarosa y el aditivo químico Plastiment.

Propiedad	Azúcar (sacarosa)	Aditivo Sika Plastiment TM 12
Estado físico	Sólido	Líquido
Color	Rubio	Marrón claro
Solubilidad	Soluble en agua	Miscible
Ph	8 a 8,5	9 +/- 1,0
Densidad	1,59 g/cm ³	1,17 +/- 0,02 g/cm ³

Fuente: http://www.complejocartavio.com.pe/productos_AzuRubiaDomestica.html

Plastiment[®] TM 12

Retardante de Fragua Reductor de Agua

Descripción	
General	Aditivo plastificante y retardante de fragua, exento de cloruros.
Campos de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vaciado de concreto en tiempo caluroso. ■ Vaciado de concreto en grandes volúmenes. ■ Evita juntas frías en faenas continuas. ■ Concreto premezclado. ■ Transporte de concreto a largas distancias. ■ Concreto bombeado.

Figura 3. Propiedades del aditivo reductor de agua y retardador

d) Composición físico-química del azúcar o sacarosa rubia (C₁₂H₂₂O₁₁)

Es el producto sólido cristalizado obtenido directamente del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum*), mediante procedimientos apropiados; está constituido esencialmente por cristales de sacarosa.



Figura 4. Empresa Complejo agroindustrial CARTAVIO S. A. A.

En la Tabla 4 se muestran las especificaciones técnicas de la sacarosa para trabajar con enlaces químicos en el concreto con el aluminato tricálcico, para retrasar la acción y así hacer el control de las juntas frías en paños de concreto, y evitar las fisuras con la adición de sacarosa en dosis del 0,10 % y 0,40 %. Sin embargo, según [2], hay que tener cuidado con el exceso de las sobredosificaciones ya que podría bajar la resistencia del concreto. Por lo tanto, el uso de la sacarosa en cantidades mayores puede también traer efectos negativos al concreto, por lo que se busca optar por una dosificación óptima.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de la sacarosa

Características fisicoquímicas	Especificaciones técnicas
Polarización	Mínimo de 98,5 % / Máximo de 99,60 %
Humedad (% w/w)	Máximo de 0,4 %
Cenizas (% w/w)	Menor o igual a 0,40 w/w (por conductividad)
Azúcar invertido (% w/w)	Máximo de 0,35 %
Color	Menor de 1500 unidades ICUMSA
Sedimentos	No mayor a 400 mg/kg
Características microbiológicas	Requisitos
Microorganismos aerobios mesófilos viables	Menor de 100 ufc/ 10 g
Características Sensoriales	Requisitos
Apariencia	Ausencia de cuerpos extraños fácilmente detectables
Otras características	Requisitos
Empaque	Empaque aprobado para uso alimenticio por las autoridades nacionales de salud.
Rotulado	De acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 007-98-SA y la Ley de Rotulado N.º 28405
Almacenamiento	Almacenado según normas legales Decreto Supremo 007-98-SA Artículo 72°. Almacenamiento bajo techo, sobre parihuelas limpias y secas, y en almacenes que permiten la circulación de aire.

Fuente: http://www.complejocartavio.com.pe/productos_AzuRubiaDomestica.html

e) Granulometría de la sacarosa

En la Figura 5 se presenta la curva de gradación de la sacarosa en dosis de 0,10 % y 0,40 % para ser diluida con el agua; en la Figura 6 se muestra cómo se desarrolló el tamizado del azúcar y en la Tabla 5 se observan los resultados obtenidos.



Figura 6. Tamizado del azúcar

Tabla 5. Gradación de la sacarosa

Gradación del azúcar rubia				
Tamiz	Peso	%		
ASTM	Ret.	Ret.	Ret.	%
		parcial	acum.	acum.
1 1/2»		0	0	100
1»		0	0	100
3/4»		0	0	100
1/2»		0	0	100
3/8»		0	0	100
1/4»		0	0	100
Nº 4	0	0	0	100
Nº 8	0	0	0	100
Nº 16	36	7,2	7,2	92,8
Nº 30	381	76,2	83,4	16,6
Nº 50	75	15	98,4	1,6
Nº 100	3	0,6	99,0	1
Nº 200	0	0	99,0	1
F	5	1	100	0
Total	500		2,88	

f) Tiempo de fragua con dosificaciones de azúcar (0,0 %, 0,10 % y 0,40 %)

En la Tabla 6 se muestran los tiempos del fraguado sin dosificación de azúcar: el fraguado inicial es de 2 horas con 10 minutos y el fraguado final, de 2 horas con 27 minutos.

Tabla 6. Tiempo de fragua inicial y final sin dosis

Patrón (dosis 0,00 %)	
TFI (min)	TFF (min)
130	147

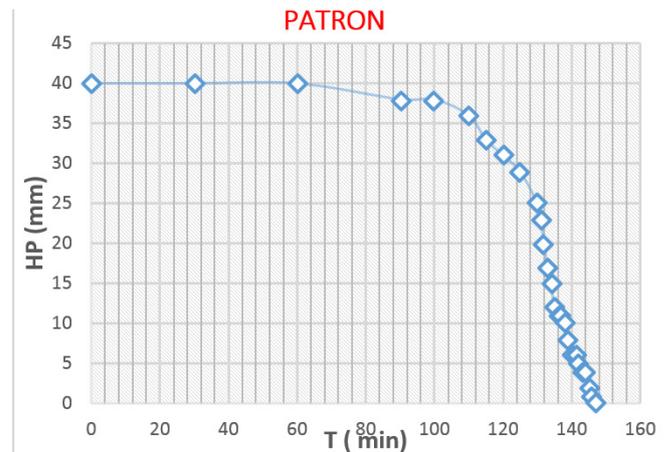


Figura 7. Tiempo de fragua sin dosis de azúcar o patrón



Figura 5. Curva granulométrica de la sacarosa

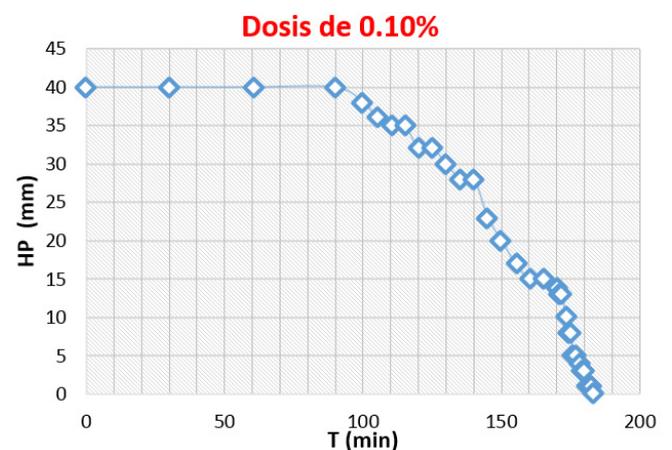


Figura 8. Tiempo de fragua con dosis de 0,10 %



En la Tabla 7 se visualiza el tiempo de fraguado con dosis de 0,10 %; para el fraguado inicial fueron 2 horas con 23 minutos y el fraguado final se hizo en 3 horas con 3 minutos.

Tabla 7. Tiempo de fraguado con dosis de 0,10 %

Patrón (dosis 0.10%)	
Tiempo de fragua inicial (min)	Tiempo de fragua final (min)
143	183

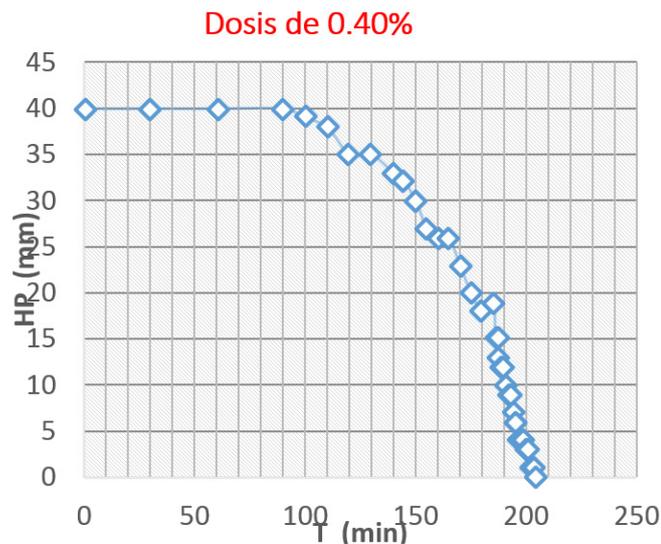


Figura 9. Tiempo de fragua con dosis de 0,10 %

En la Tabla 8, con una dosificación de 0,40%, se obtiene un fraguado inicial de 2 horas con 47 minutos y un fraguado final de 3 horas con 24 minutos.

Tabla 8. Tiempo de fragua inicial (FI) y final (FF) con dosis de 0,40 %

Patrón (dosis 0,40 %)	
TFI (min)	TFF (min)
167	204

Según [1], la muestra deberá ser empleada dentro de los 15 minutos siguientes, para que en este tiempo esté protegida ante cualquier acción de agentes atmosféricos. Estos ensayos deben ser de consistencia (asentamiento) y temperatura del concreto fresco.

g) Asentamiento (*slump*)

En la dosis de 0 %, es decir sin sacarosa, tenemos un asentamiento de 5 ½».

El asentamiento de un concreto patrón, como se observa en la Figura 10, determina que el concreto tiene una *consistencia plástica*.



Figura 10. Asentamiento del concreto de 5 ½»

Si la dosis de sacarosa en el concreto es de 0,10%, se obtiene un asentamiento de 7 ¾».



Figura 11. Asentamiento del concreto de 7 ¾»

En el último ensayo, realizado con una dosis más alta de sacarosa (0,50 %), se obtuvo un asentamiento de 9 ½».



Figura 12. Asentamiento del concreto de 9 ½»

Por lo tanto, el asentamiento de un concreto especial con sacarosa de 0,40 % determina que el concreto tiene una *consistencia Rheo plástica*.

Los ensayos de asentamiento para clasificar al concreto por su consistencia fueron realizados según [4]. De los resultados obtenidos, podemos deducir lo siguiente:

- La determinación del asentamiento (*slump*) de 3 vaciados son de 0,10 %, 0,40 % de sacarosa y una sin dosis (modelo patrón), se especifica que es más trabajable (facilidad con que se desplaza el concreto) proporcionalmente cuando se añade sacarosa en la mezcla de concreto.
- La trabajabilidad de cada dosis de sacarosa determina la manera cómo su fluencia de la sacarosa a través de una reacción química hidrófila que reacciona la pasta con el agua que influye en la hidratación del cemento.

h) Determinación de temperaturas

La determinación de la temperatura se realizó de acuerdo a la NTP, especificada en [5].

Tabla 9. Temperaturas del agregado, agua y concreto

Temperaturas	
	La temperatura del cemento es 12,6 °C.
	La temperatura de la piedra es 10,2 °C.
	La temperatura de la arena es 9,5 °C.
	La temperatura del H ₂ O es 12,1 °C.
	La temperatura del concreto es 22,5 °C.
	La temperatura ambiente es 17,89 °C.

III. DISCUSIÓN

Con las características del agregado fino y grueso, se obtuvo el diseño de mezcla en la siguiente proporción:

- C:** 1
- H₂O:** 0,64
- Pd:** 2,69
- Ar:** 3,05
- Aire:** 2 %

Con relación a la media bolsa de cemento en peso, tenemos :

- C 21.25 kg
- H₂O 14.03 kg
- Pd 57,17 kg
- Ar 65,03 kg de sacarosa
- 21,25 gr (0,1 %) y
- 85 g (0,4 %).

La mezcla de concreto se realizó en tres tandas, los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10.

Tabla 9. Resultados de las 3 dosis de asentamiento (*Slump*) y tiempo de fraguado

Características de concreto en estado fresco	M1 sin azúcar	M2 con 21,25 g de azúcar	M3 con 85 % de azúcar
Slump	5 ½	7 ¾	9 ½
Tfi (min.)	130	143	167
Tff (min.)	147	183	204

Tabla 10. Resultados de las roturas de 3 y 7 días

Resistencia a compresión	M1 (0 %)	M2 (0,1 %)	M3 (0,4 %)
3 días	88,91	99,60	1,63
7 días	137,37	106,07	7,64

Al momento del vaciado, se observó que una mayor dosificación de azúcar produce (con respecto al patrón M1):

- **Mayor trabajabilidad**
 Dosis 0,1 % → 41 %
 Dosis 0,4 % → 72 %



- **Mayor tiempo de fragua inicial**

Dosis 0,1 % → 10 %

Dosis 0,4 % → 29 %

- **Mayor tiempo de fragua final**

Dosis 0,1 % → 25 %

Dosis 0,4 % → 39 %

IV. CONCLUSIONES

- La dosis de sacarosa al 0,40 % tiene un mejor tiempo de fragua en un 29 % más que un concreto normal, pero tiene menos de 98 % de resistencia.
- La dosis de sacarosa al 0,10 % tiene un 10 % más de tiempo en fraguado final y una resistencia inicial de 12 % más que un concreto normal, y es más admisible para juntas.
- Las dosis de sacarosa al 0,10 % y al 0,40 % son recomendables para grandes juntas frías y tienen una trabajabilidad de 41 % y 72 %, respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer ensayos con otras dosificaciones de sacarosa para buscar un resultado más óptimo en resistencia, consistencia y trabajabilidad respecto a su asentamiento.
- En las dosis de sacarosa al 0,1 % y al 0,4 % se recomienda utilizar un aditivo incorporador de aire, debido a que durante el proceso de fraguado el concreto se encuentra expuesto a temperaturas menores a 0 °C (durante la noche).

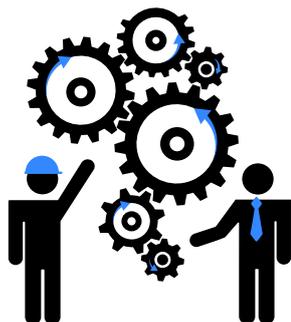
- Según la roturación de los testigos, cuando se trabaja con el 0,1 % de azúcar, se recomienda desencofrar a los 3 días en una obra, ya que representa una resistencia al 12 % mayor a la del concreto patrón.

VI. AGRADECIMIENTO

Al Mg. Ing. Richard Hugo Reymundo Gamarra, por sus enseñanzas y el conocimiento compartido que nos ha permitido aprender nuevas experiencias.

VII. REFERENCIAS

- [1] GAYOSO, R., GALVEZ, R., CUBA, M., *Contribución al estudio de la sacarosa como aditivo retardador de la hidratación del cemento*. España, 1993.
- [2] RIVVA LÓPEZ, E. *Supervisión del concreto en obra*. Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú, 2004.
- [3] PASQUEL CARBAJAL, E. *Tópicos de Tecnología del concreto*. Segunda edición. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1999.
- [4] Norma Técnica Peruana: NTP 339.035 2009: Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland INDECOPI N82C. Código N.º 624.18341
- [5] NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) 339.184.2002: *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas del hormigón (concreto)*. Resolución 048-2008/CNB-INDECOPI.



PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE BIOGÁS OBTENIDO POR LA MATERIA ORGÁNICA DEL RELLENO SANITARIO «SANTA CRUZ»-CONCEPCIÓN

A PROPOSAL OF ELECTRIC ENERGY GENERATION THROUGH BIOGAS OBTAINED FROM ORGANIC MATERIAL FROM THE LANDFILL «SANTA CRUZ»-CONCEPCIÓN

Gabriel Osiris Cairampoma Rodríguez¹

¹ Ingeniero electricista, Universidad Continental.

E-mail: gcairampoma@gmail.com

Resumen

La presente investigación permitirá aprovechar como recurso energético renovable la biomasa proveniente del relleno sanitario «Santa Cruz»-Concepción para la generación de energía eléctrica. Para lograr este objetivo, se realizará un análisis deductivo, descriptivo y analítico, además se utilizarán técnicas de análisis y fórmulas que permitirán deducir la viabilidad del estudio. Los resultados obtenidos demostrarán que sí es posible generar energía eléctrica mediante la utilización del biogás obtenido de la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz» para electrificar el entorno del mismo, asimismo se abastecerá la demanda máxima de 9.28 kW mediante el consumo de 5.57 de biogás. Se propone instalar 4 biodigestores tubulares para el almacenamiento del volumen total continuo de biogás, el cual se obtendrá durante 85 días a una temperatura promedio de 10,8 °C; la producción continua de biogás diario será de 5.76 y permite generar 9.6; los biodigestores estarán conectados paralelamente a un gasómetro diseñado para almacenar 5 de biogás, el cual será usado como reserva. También se ha demostrado que la implementación de esta alternativa es más económica en comparación con otras fuentes de generación de energía eléctrica no convencionales.

Palabras clave: Recurso energético renovable; biogás; biodigestor; generación de energía eléctrica; demanda máxima.

Abstract

This research will make it possible to use biomass from the «Santa Cruz» landfill as a renewable energy resource in Concepcion city for generation of electrical energy. To achieve this goal, a deductive, descriptive and analytical analysis will be carried out, also analytical techniques and formulas will be used to deduce the feasibility of this study. The results obtained will show that it is possible to generate electricity by using biogas obtained from the organic matter of Sanitary Landfill «Santa Cruz» in order to electrify the environment in the same way, also it will supply 9.28 kW as maximum demand by consuming 5.57 biogas. It is proposed to install 4 tubular biodigesters for the storage of total continuous biogas volume which will be obtained during 85 days at an average temperature of 10,8 ° C. The continuous production of daily biogas will be 5.76 which allows to generate 9.6. The biodigesters will be connected in parallel to a gasometer designed to store 5 biogas, which will be used as a reserve. It has also been shown that the implementation of this alternative is more economical in comparison to other sources of non-conventional electric power generation.

Keywords: Renewable energy resource; biogas; biodigester; generation of electric power; maximum demand.



I. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2008, tal como indican [1], [2], [3] y [4], el Perú estableció como prioridad la generación de electricidad con fuentes renovables no convencionales, denominadas Recursos Energéticos Renovables (RER); asimismo, emitió leyes, normas y reglamentos destinados a promocionar el desarrollo y sostenibilidad para la generación de electricidad mediante los RER.

En [5] y [6], se menciona que los digestores cumplen una función ecológica ideal porque reciclan totalmente los desechos orgánicos a un costo muy bajo; además, indican que en el país los digestores anaerobios no son utilizados como un sistema de extracción de biogás, elemento que puede ser utilizado para la producción de energía (calor, luz o electricidad) y proveer beneficios a sus usuarios, a la sociedad y al medio ambiente en general.

Por lo expuesto líneas arriba, se elaboró la propuesta para la generación de energía eléctrica mediante biogás obtenido por la materia orgánica del relleno sanitario «Santa Cruz»- Concepción a fin de aprovechar al máximo el recurso energético renovable, que, según el informe anual del 2014 de SIGERSOL [7], actualmente está siendo desperdiciado.

Además esta energía permitirá electrificar el entorno del relleno sanitario «Santa Cruz» y se cumplirá con la política nacional y mundial que promueve la utilización de recursos energéticos renovables para la generación de energía eléctrica y el cuidado del medio ambiente para generaciones venideras.

II. OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación es generar energía eléctrica mediante el uso del biogás obtenido de la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz»-Concepción. Entre los objetivos específicos se encuentran la electrificación del entorno del Relleno Sanitario «Santa Cruz»-Concepción y cumplir con la política nacional que promueve la generación de electricidad mediante recursos energéticos renovables.

III. METODOLOGÍA

Para efectuar la investigación, se utilizará el método descriptivo con tipo de diseño no experimental transversal descriptivo; se hará la revisión bibliográfica y documentos oficiales y reportes estadísticos, así como la búsqueda de información en Internet y el recorrido de campo del Relleno Sanitario «Santa Cruz»-Concepción. Para el análisis de datos, se aplicarán los conocimientos obtenidos durante la formación académica; asimismo, no se podrá manipular ni controlar variables, solo se describirán.

La población estará constituida por el distrito de Concepción, zona urbana, y el tamaño de la muestra se seleccionará de manera no probabilística, por conveniencia, para obtener el máximo beneficio de la materia orgánica procedente del Relleno Sanitario «Santa Cruz»- Concepción.

IV. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Presupuesto

- Personal

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit. \$ USD	Costo total \$ USD*	Costo total S/.
Construcción del biodigestor y de la zanja para el biodigestor	Jornal	4	30	120	384
Capacitación en producción y mantenimiento de los biodigestores	Día	1	20	20	64
Total				\$ 140.00	S/. 448.00

*Tipo de cambio \$ 3,2 – Año 2015





- Bienes

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit. \$US*	Costo total \$US	Costo total S/.
1.1. Instalación del biodigestor/Gasómetro					
Otros bienes - Bidón de plástico 150 l	Unitario	4	25,74	102,95	329,44
Otros bienes - Polietileno tubular de 2 metros de ancho de manga y 300 um de espesor (gasómetro)	m	5	5,15	25,75	82,40
Otros bienes - Polietileno tubular de 2 metros de ancho de manga y 300 um de espesor (digestor)	m	94	5,15	484,1	1549,12
Otros materiales de construcción - Adhesivo de polietileno y PVC	m	4	11,32	44,88	143,62
Otros materiales de construcción - Tubería de PVC de 2»	Unitario	8	9,1	72,8	232,96
Otros materiales de construcción - Abrazadera metálica de 1»	Unitario	16	2,01	32,16	102,91
Otros materiales de construcción - plástico para invernadero de 4 metros de ancho	Unitario	52	1,87	97,24	311,17
Otros materiales de construcción -Palo de madera de 2 metros c/u	Unitario	20	4	80	256,00
Otros materiales de construcción - Clavos	kg	1	2	2	6,40
Otros materiales de construcción - Abrazadera metálica de 2»	Unitario	12	3,65	43,8	140,16
Otros materiales de construcción - Arandela metálica	Unitario	16	0,3	4,8	15,36
Otros materiales de construcción -Cinta aislante	Unitario	4	2,5	10	32,00
Otros materiales de construcción				80	256,00
1.2. Conducción de biogás					
Otros materiales de construcción - Tubería Flex de PVC de 1»	m	40	0,54	21,6	69,12
Otros materiales de construcción - Tubería de PVC de 1/2»	m	0,8	1	0,8	2,56
Otros materiales de construcción - Tubería de PVC de 1»	m	0,8	1,21	0,97	3,10
Otros materiales de construcción -Niple de 10 cm y 1»	Unitario	16	0,9	14,4	46,08
Otros materiales de construcción - Válvula de bola de PVC de 1»	Unitario	20	3,25	65	208,00
Otros materiales de construcción -Abrazaderas metálicas de 1»	Unitario	16	2,01	32,16	102,91
Otros materiales de construcción - Codo de PVC de 1» a 90°	Unitario	16	1	16	51,20
Otros materiales de construcción - Adaptador hembra de PVC de 1»	Unitario	4	0,4	1,6	5,12
Otros materiales de construcción - Adaptador macho de PVC de 1»	Unitario	4	0,4	1,6	5,12
Otros materiales de construcción - Reductor de PVC de 1» a 1/2»	Unitario	4	0,8	3,2	10,24
Otros materiales de construcción - Tapón roscado de PVC de 1»	Unitario	8	0,5	4	12,80
Otros materiales de construcción - Tee de PVC roscada de 1»	Unitario	16	1,1	17,6	56,32
Otros materiales de construcción - Codo flex 1»	Unitario	4	0,35	1,4	4,48
Otros bienes - Estropajo	Unitario	8	0,3	2,4	7,68
Otros bienes - Teflón	Unitario	12	0,9	10,8	34,56
Otros materiales de construcción				50	160,00
Total				\$1,324.01	S/ 4,236.83

*Tipo de cambio \$ 3.2 - año 2015





- Motor-generator

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit. \$US.	Costo total \$US	Costo total S/.
Grupo electrógeno CAMDA Modelo KDGH30-G de 30 kW	Unitario	1	9,960	9,960	31,872
Total			\$ 9,960.00	S/. 31,872.00	

*Tipo de cambio U\$ 3.2 - año 2015

- Costo total del proyecto

Detalle	Costo total \$ USD	Costo total S/.
Personal	\$ 140.00	S/. 448.00
Bienes	\$ 1,324.01	S/. 4,236.83
Motor-Generador	\$ 9,960.00	S/. 31,872.00
Total	\$ 11,424.01	S/ 36,556.83

V.RESULTADOS

Diseño del biodigestor

En el mercado hay diferentes tipos de biodigestores, con ventajas y desventajas, los más utilizados son el biodigestor de cúpula fija, el biodigestor de cúpula flotante y el biodigestor tubular [7]; para identificar y analizar el biodigestor que se va a utilizar en la investigación, se diseñó una matriz de decisión considerando los siguientes ítems:

- Tipo de materia prima: Se refiere al tipo de residuo con el que puede trabajar el biodigestor (considerar el 15 %).
- Vida útil: Tiempo operativo del digestor (considerar el 15 %).
- Tamaño típico del biodigestor: El área requerida para la construcción del digestor (considerar el 10 %).
- Mantenimiento del sistema: Conceptos que están relacionados con el funcionamiento y el mantenimiento del biodigestor para garantizar la producción del biogás programado, como, por ejemplo, flexibilidad de operación, confiabilidad del proceso y complejidad de su operación (considerar el 15 %).
- Costo: total de la inversión, materiales de construcción, operación y mantenimiento (considerar el 20 %).

- Rendimiento: Productividad y eficiencia del biodigestor; por ejemplo, inexistencia de fugas de biogás o la presión del biogás (considerar el 25 %).

En la Tabla 1 se evalúa la Matriz de decisión para el biodigestor de cúpula fija, el cual tiene varios aspectos favorables, como, por ejemplo, una vida útil de 20 años, no necesita mantenimiento durante el proceso de obtención del biogás y no hay restricciones con el tipo de materia prima a utilizar. Sus desventajas son el costo elevado en la construcción, una gran fuga de biogás, la generación de biogás no es visible y el tamaño máximo del biodigestor es de 5 ; por tal razón tiene un 64 % de aceptación.

Tabla 1. Matriz de decisión «Biodigestor cúpula fija»

Proceso Evaluar: «Biodigestor Cúpula Fija»					
Ítem	A	B	C	D	E
	Porcentaje (%)	Aspecto evaluado	Calificación*	C/5	D x A
a)	15	Tipo de materia prima	5	1	0,15
b)	15	Vida útil	5	1	0,15
c)	10	Tamaño típico del biodigestor	1	0,2	0,02
d)	15	Mantenimiento del sistema	5	1	0,15
e)	20	Costo	3	0,6	0,12
f)	25	Rendimiento	1	0,2	0,05
Total				64.0 %	

*Nota: 0 = No aplica, 1 = Suficiente, 3 = Adecuado, 5 = Muy bueno

La Tabla 2 muestra algunos aspectos favorables del biodigestor cúpula flotante: su tiempo de vida útil

es de 15 años, la presión de biogás es constante y no existe fuga de biogás si se le da mantenimiento a la cúpula flotante de acero, el tamaño máximo del biodigestor es de 5 a 15; entre las desventajas están el alto costo de construcción, un mantenimiento difícil y riguroso (en especial si queremos que la cúpula de acero dure 5 años), es limitado a ciertos sustratos ya que la cúpula flotante tiende a quedar atascada en sustratos fibrosos.

Este tipo de digestor tiene un 62 % de aceptación.

Tabla 2. Matriz de decisión biodigestor cúpula flotante

Proceso Evaluar: Biodigestor cúpula flotante					
Ítem	A	B	C	D	E
	Porcentaje (%)	Aspecto evaluado	Calificación*	C/5	D x A
a)	15	Tipo de materia prima	3	0,6	0,09
b)	15	Vida útil	5	1	0,15
c)	10	Tamaño típico del biodigestor	3	0,6	0,06
d)	15	Mantenimiento del sistema	1	0,2	0,03
e)	20	Costo	1	0,2	0,04
f)	25	Rendimiento	5	1	0,25
Total					62,0 %

*Nota: 0 = No aplica, 1 = Suficiente, 3 = Adecuado, 5 = Muy bueno

Los resultados de la Tabla 3. Matriz de decisión Biodigestor tubular indican que este tipo es el más adecuado para el proyecto, con un 84 % de aceptación, por las siguientes ventajas: los materiales para su construcción son baratos en comparación con los demás, el mantenimiento es fácil de realizar, el tamaño del biodigestor puede variar según los requerimientos, de 4 a 100 m³, y su vida útil es de 10 a 15 años de duración.

Las desventajas son la variable presión de biogás y su uso es solo para materia orgánica en la cual no se incluyen sólidos.

Tabla 3. Matriz de decisión «Biodigestor tubular»

Proceso evaluar: Biodigestor tubular					
Ítem	A	B	C	D	E
	Porcentaje (%)	Aspecto evaluado	Calificación*	C/5	D x A
a)	15	Tipo de materia prima	3	0,6	0,09
b)	15	Vida útil	5	1	0,15
c)	10	Tamaño típico del biodigestor	5	1	0,1
d)	15	Mantenimiento del sistema	5	1	0,15
e)	20	Costo	5	1	0,2
f)	25	Rendimiento	3	0,6	0,15
Total					84 %

*Nota: 0 = No aplica, 1 = Suficiente, 3 = Adecuado, 5 = Muy bueno

Preparación de la materia prima

El Informe anual 2014 del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol) especifica que de toda la basura recolectada en el relleno sanitario Santa Cruz, el 44,15 % correspondió a materia orgánica, en este porcentaje no se consideró al papel, cartón, madera, follaje y residuos sanitarios [8].

Según información proporcionada por la Municipalidad Provincial de Concepción, la cantidad en kilogramos de los desechos que llegan al Relleno Sanitario «Santa Cruz» tiene un promedio mensual de 104; y 727,55 kg de residuos orgánicos mensuales, de los cuales el 5% es estiércol vacuno.



Tabla 4. Composición de los residuos sólidos del Relleno Sanitario «Santa Cruz»

Clasificación	Porcentaje	Clasificación	Porcentaje
Materia orgánica	44,15 %	Metales	0,27 %
Madera, follaje	6,1 %	Telas, textiles	0,06 %
Papel	3,4 %	Caucho, cueros y jebes	0,04 %
Cartón	0,42 %	Pilas	0,01 %
Vidrio	1,49 %	Restos de medicinas y focos	0,01%
Plástico PET	2,05 %	Residuos sanitarios	0,02 %
Plástico duro	0,99 %	Material inerte	4,39 %
Bolsas	31,87 %	Pañales y latas	4,98 %
Tecnopor y similares	0,02 %		

Fuente: Sigersol

La materia prima a utilizar debe contener materia orgánica vegetal triturada (de 0,5 a 1 mm aproximadamente) y materia orgánica animal (estiércol) mezclada con agua; el estiércol ayudará a acelerar la fermentación anaeróbica, mientras que la desventa-

ja de utilizar residuos orgánicos vegetales es su lenta y difícil descomposición [9], [10].

Por ello, siguiendo la recomendación, se propone mezclar un 25 % de residuos orgánicos vegetales y un 75 % de estiércol, la suma de ambos elementos será la materia prima a utilizar.

$$\text{MPC} = \text{Estiércol} + \text{Residuos orgánicos vegetales} \dots\dots(1)$$

MPC: Materia prima para carga en kg/día

Estiércol: 75 % MPC

Residuos orgánicos vegetales: 25 % MPC

Considerando que el 5 % del total de los residuos orgánicos debe ser de estiércol vacuno, contamos con un promedio mensual de 5236,38 kg de estiércol. Dado que se utilizará el biodigestor tubular y este requiere una carga diaria, se podrá brindar diariamente 174,55 kg de estiércol vacuno al biodigestor, para el cálculo se considerará 165 kg de estiércol.

$$\text{MPC} = 165 + 55$$

$$\text{MPC} = 220 \text{ kg/día}$$

Cálculo de producción de biogás y volumen del biodigestor

Para realizar el cálculo de producción de biogás y el volumen del biodigestor tubular, se utilizaron las fórmulas de [11].

a) Cálculo de producción de biogás

Dado que la materia prima de carga contiene un mayor porcentaje de estiércol, la producción de biogás se desarrollará de acuerdo con el contenido de sólidos orgánicos presentes en la carga (Tabla 5).

Tabla 5. Valores y características del estiércol

Clase de animal	% por peso vivo		% del material de digestión		Relación C/N	P-Producción de biogás (de gas/ 1kg SO)
	PE-Estiércol	PO - Orina	% EST Sólidos totales	% de sólidos orgánicos		
Vacuno	5	4	15-16	13	20	0,250
Cerdos	2	3	16	12	13	0,350
Caprinos, ovejas	3	1,5	30	20	30	0,200
Caballos	5	4	25	15	20	0,250
Avícolas, gallinas	4,5	4,5	25	17	5-8	0,400
Humanos	1	2	20	15	8	0,300

Fuente: GTZ (1987)

$$PG = MPC \cdot SO \cdot P \dots\dots\dots (2)$$

PG: Gas producido en por día
MPC: Materia prima para carga en kg/día
SO: Porcentaje de sólidos orgánicos (Tabla 5)
P: Producción aproximada de de gas/1kg de masa orgánica seca total (Tabla 5)

$$PG = 220 \times 0.13 \times 0.25$$

$$PG = 7.2 \text{ m}^3/\text{día}$$

b) Porcentaje de sólidos totales (%ST)

$$\%ST = \frac{E \times \%EST}{MPC} \dots\dots\dots (3)$$

% ST: Porcentaje de sólidos totales contenidos en la materia prima para carga
MPC: Materia prima para carga en kg/día
% EST: Porcentaje de sólidos totales de estiércol
E: Estiércol en kg/día

$$\%ST = \frac{165 \cdot 16}{220}$$

$$\%ST = 12$$

c) Sólidos totales (ST)

Los sólidos totales (ST) representan el peso del estiércol una vez seco.

$$ST = \frac{\%ST \cdot MPC}{100} \dots\dots\dots (4)$$

ST: Cantidad de sólidos orgánicos contenidos en la materia prima para carga en kg/día
%ST: porcentaje de sólidos en la carga o materia
MPC: Materia prima para carga en kg/día

$$ST = \frac{12 \cdot 220}{100}$$

$$ST = 26.4 \text{ kg / día}$$

d) Masa de agua para la mezcla

En caso de que el %ST sea menor o igual al 10 %, no es necesario calcular.

$$MH_2O = \frac{MPC \times ST}{10} - MPC \dots\dots\dots (5)$$

MH₂O: Masa de agua para mezclar que disminuye hasta un 10 % los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima. (Se asume que un litro pesa un kilogramo.)

ST: Cantidad de sólidos orgánicos contenidos en la materia prima para carga en kg/día

MPC: Materia prima para carga en kg/día

$$MH_2O = \frac{220 \cdot 26.4}{10} - 220$$

$$MH_2O = 361 \text{ litros / día}$$

e) Carga

$$C = MPC + MH_2O \dots\dots\dots (6)$$

C: Carga diaria para alimentar el digestor kg/día o litros/día (se asume que un litro pesa un kilogramo)

MPC: Materia prima para carga en kg/día

MH₂O: Masa de agua para mezclar que disminuye hasta un 10 % los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima en kg/día

$$C = 220 + 361$$

$$C = 581 \text{ litro / día}$$

f) Cálculo del tiempo de retención

$$TR = (-51.227 \cdot \ln(T^\circ C) + 206.72) \dots\dots\dots (7)$$

TR: Tiempo de retención en días

Ln: Logaritmo natural

T°C = Temperatura promedio en grados centígrados del sitio donde se instalará el biodigestor

$$TR = (-51.227 \cdot \ln(10.8) + 206.72)$$

$$TR = 85 \text{ días}$$

g) Volumen del biodigestor

$$Vd = C \times TR \times 1.1 \dots\dots\dots (8)$$

Vd: Volumen del biodigestor en litros

TR: Tiempo de retención en días

C: Carga diaria para alimentar el digestor en litros días

1,1: Volumen adicional para el almacenamiento del biogás

$$Vd = 581 \cdot 85 \cdot 1.1$$

$$Vd = 54,323 \text{ litros}$$

$$Vd = 54,323 \text{ litros} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}$$

$$Vd = 54.32 \text{ m}^3$$





Dimensión del biodigestor y gasómetro

Para realizar el dimensionamiento del biodigestor tubular y el gasómetro, se seguirá la información brindada en [12]. Si se considera que el biodigestor tubular y el gasómetro equivalen al volumen de un cilindro, se determina la dimensión de longitud y radio.

$$V_{\text{Cilindro}} = \pi * r^2 * L \dots\dots\dots (9)$$

$$L = \frac{V_{\text{Cilindro}}}{\pi * r^2}$$

V: Volumen del digestor

r: Radio del biodigestor en metros

L: Longitud del biodigestor en metros

Los datos de ancho de rollo, radio y diámetro del polietileno tubular son estándares y se mencionan en las Tablas 6 y 7 para su aplicación en las fórmulas pertinentes.

Tabla 6. Dimensión del biodigestor

Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz (π^*)	Longitud del biodigestor (m)	Relación L/D
1	0,32	0,64	0,32	42,44	66,31
1.25	0,4	0,8	0,50	27,16	33,95
1.5	0,48	0,96	0,72	18,86	19,65
1.75	0,56	1,12	0,99	13,72	12,25
2	0,64	1,28	1,29	10,53	8,23
Número de biodigestores				4	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se observan las diferentes alternativas de longitudes para alcanzar el volumen total del biodigestor, por lo cual existe una relación óptima a usar entre longitud y diámetro que es 7, la selección que debe hacerse es aquella que más se acerque a 7.

La dimensión del biodigestor será de 2 m de ancho de manga y 300 um de espesor, de un diámetro de 0.64 m, con una longitud de 10.53 m (considerando 10.6 metros), se construyen un total de 4 biodigestores para almacenar el volumen total.

Se diseñará un gasómetro para almacenar 5 de biogás. Como se puede observar en la Tabla 7 a mayor

ancho de rollo, se necesita menor longitud para el gasómetro. Para optimizar el espacio del terreno, se recomienda el ancho de manga de 2 metros y 300 um de espesor con el que se dimensiona una longitud de 3.88 m para el gasómetro (considerando 4 m).

Tabla 7. Dimensión del gasómetro

Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz (π^*)	Longitud del gasómetro (m)
1	0,32	0,64	0,32	15,63
1,25	0,4	0,8	0,50	10
1,5	0,48	0,96	0,72	6,94
1,75	0,56	1,12	0,99	5,05
2	0,64	1,28	1,29	3,88
Volumen de gasómetro (m ³)				5

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda realizar la instalación del biodigestor tubular y el gasómetro siguiendo las indicaciones de [12], ya que explica de una forma muy didáctica y sencilla, por tal motivo no se explayará mucho en este tema.

Generación de energía eléctrica mediante biogás

Con los datos obtenidos se procedió a calcular el consumo de biogás requerido para electrificar el entorno del Relleno Sanitario «Santa Cruz».

Se considera un aprovechamiento de biogás en un orden de 80 %, debido a que en la captación de este existen pérdidas a igual en la alimentación del motor de combustión interna.

$$\text{Captacion de biogás} = 7.2 \frac{m^3}{\text{día}} * 0.8 \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Captacion de biogás} = 5.76 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Asimismo, se elaboró la tabla de la Demanda Máxima y Carga Instalada del Relleno Sanitario «Santa Cruz»:

Tabla 8. Demanda máxima del Relleno Sanitario «Santa Cruz»

Carga	Modelo	Potencia (W)	Cantidad	Carga instalada (kW)	F.D	D. Máx. (kW)
Luminarias	TL5	28	12	0.34	1	0.34
Luminarias	TL5	35	8	0.28	1	0.28
Motor o bomba	10 HP	7456.99	1	7.46	1	7.46
Computadora	LCD	200	3	0.60	0.8	0.48
Radio (estéreo)	SONY	80	1	0.08	0.8	0.06
Impresora	LASER	200	1	0.20	0.8	0.16
Reserva		500	1	0.50	1	0.50
Total				9.45		9.28
Cantidad de biogás a utilizar ()						5.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Consumo de electricidad

Carga	N.º de carga	Potencia (W)	Horas por día	kW-h por día
Luminarias	12	28	4	1,34
Luminarias	8	35	4	1,12
Motor o bomba	10 HP	7456.99	1	7,46
Computadora	3	200	5	3,00
Radio (stereo)	1	80	8	0,64
Impresora	1	200	2	0,40
Total kW-h por día				13,96
Cantidad de biogás a utilizar (m³/día)				8,38

Fuente: Elaboración propia

Para abastecer la demanda máxima del relleno sanitario «Santa Cruz» y siguiendo las características técnicas del Grupo Electrónico Camda Modelo

KDGH30 - G con un consumo de placa $0,6 \frac{m^3}{kW-h}$ y una potencia prime de 25kW, se procedió a calcular el consumo requerido de biogás.

$$\text{Consumo} = 0,6 \frac{m^3}{kW-h} * 9,28 \text{ kW-h} \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{Consumo} = 5,57 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

En la Tabla 9 se detalla el equipo a utilizar para abastecer el consumo de energía eléctrica diario del Relleno Sanitario «Santa Cruz».

La actividad de selección y planificación se hizo en conjunto con el señor Rubén Rodríguez Zanabria, responsable del lugar.

El cálculo requerido de biogás para abastecer el consumo de energía eléctrica diaria al Relleno Sanitario «Santa Cruz» se hizo tomando las características técnicas del Grupo Electrónico Camda Modelo

KDGH30 - G, con un consumo de placa $0,6 \frac{m^3}{kW-h}$ y una potencia prime de 25kW.

$$\text{Consumo} = 0,6 \frac{m^3}{kW-h} * 13,96 \text{ kW-h} \dots \dots \dots (12)$$

$$\text{Consumo} = 8,38 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

Comparación de costo con generación de energía eléctrica solar fotovoltaica

Las fórmulas y datos utilizados en las Tablas 10, 11 y 12 se tomaron de [13] y [14] y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10. Cálculo del consumo total (Gt)

Margen de seguridad de captación (MS)	20 %
Eficiencia del Sistema (Es)	89,39 %
Eficiencia del Inversor (Ei)	97 %
Eficiencia del regulador de carga (Er)	95 %
Pérdidas por sombra (P % sombra)	3 %
Máxima demanda de energía (DM)	9280 W
Consumo en Corriente Alterna $(100+M.S) * \frac{DM}{Es}$	12457.769
Consumo total (Gt)	12457.769

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.** Dimensionamiento del sistema de captación

Potencia de Captación del Panel (C)	250 W
Potencia de Captación ($C_p = C * N_p$)	3500 W
Número de horas de sol por día (HSD)	4 horas
Tensión de panel (TP)	30 V
Número de paneles $N_p = \frac{(1.1 * G_t)}{(C * HSD)}$	14 paneles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cálculo de baterías

Días de autonomía (D)	1 día
Profundidad de descarga máxima de la batería (M)	50 %
Eficiencia de la batería (Eb)	80 %
Máxima demanda de energía (DM)	9280 W
Capacidad de la batería $Ah = \frac{(D * M * D)}{(M * Eb)}$	23200 W-h
Capacidad de batería seleccionada (CB)	150 Ah
Tensión de la batería	12 V
Número total de baterías $NB = \frac{Ah}{(CB * TB)}$	13 baterías

Fuente: Elaboración propia

Para abastecer la máxima demanda de 9,28 kW del Relleno Sanitario «Santa Cruz», se necesitará de 14 paneles fotovoltaicos policristalinos, 26 baterías, 1 inversor de 10kW trifásico, 1 regulador de carga y 14 estructuras metálicas. El costo total es de S/ 59,739.00, sin incluir el costo de instalación y mantenimiento.

Tabla 13. Comparación de costo entre fuentes de generación de energía eléctrica

Descripción	Costo total S/
Biogás obtenido por la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz»	36 556,83
Solar fotovoltaica	59 739,0

Fuente: Elaboración propia

Indicadores económicos

Los indicadores económicos nos permitirán determinar la rentabilidad de la investigación en la cual

se utilizará el VAN y TIR. Para comenzar se asume que el Relleno Sanitario de Santa Cruz tiene la posibilidad de acceder a una red de energía eléctrica que en la actualidad es una posibilidad nula dado que se encuentra a 2.5 km del punto más cercano de acceso y que el Relleno Sanitario de Santa Cruz forma parte del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental «CEPASC», teniendo en consideración lo indicado, se procedió a seleccionar la opción tarifaria más adecuada para el Relleno Sanitario «Santa Cruz».

Conociendo que se cuenta con opciones tarifarias en baja y media tensión como lo estipula la Norma «Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuarios Final» Resolución N.º 206-2013-OS/CD, la elección dependerá del nivel de tensión a la que se encuentre conectado el suministro.

Para escoger la mejor opción tarifaria para el relleno sanitario «Santa Cruz»- Concepción (suministro nuevo), se debe calcular la potencia instalada y la máxima demanda (Tabla 14); con estos datos se debe analizar el futuro comportamiento de las cargas eléctricas del relleno sanitario, de esta manera se estimará el promedio de energía a consumir en horas punta y fuera de estas horas punta; lo que nos permitirá determinar la tarifa eléctrica más conveniente; se usará el pliego tarifario del 4 de setiembre del 2015.

Tabla 14. Descripción del consumo de energía

Descripción	Unidad	Consumo del mes
Energía activa en fuera de punta	kW-h	162.73
Energía activa en punta	kW-h	41.92
Energía activa total	kW-h	204.65
Demanda máxima en punta	kW	1.66
Demanda máxima en fuera de punta	kW	9.28
Consumo de energía reactiva	kVar	221.13
Consumo de energía reactiva permitida	kVar	61.39
Consumo de energía facturado	kVar	159.74

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 15, 16 y 17, se calcula el monto a pagar con las tarifas eléctricas MT2, MT3 y MT4.

Tabla 15. Tarifa eléctrica MT₂

Descripción	Unidad	Consumo facturado	Precio unitario S/	Importe S/
Cargo fijo mensual	S/ /mes	-	13.99	13.99
Cargo por energía activa en punta	ctm S/ /kW-h	41.92	0.227	9.52
Cargo por energía activa fuera de punta	ctm S/ /kW-h	162.73	0.1924	31.31
Cargo por potencia activa de generación en HP	S/ /kW-mes	1.66	50.9	84.49
Cargo por potencia activa de distribución de HP	S/ /kW-mes	1.66	22.7	37.68
Cargo por exceso de potencia activa de distribución en HFP	S/ /kW-mes	7.62	19.17	146.08
Cargo por energía reactiva	ctm S/ /kVar-h	159.74	0.0416	6.65
Subtotal				329.71
IGV (18%)				59.35
Total facturado				389.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Tarifa eléctrica MT₃

Descripción	Unidad	Consumo facturado	Precio unitario S/	Importe S/
Cargo fijo mensual	S/ /mes	-	12.74	12.74
Cargo por energía activa en punta	ctm S/ /kW-h	41.92	0.227	9.52
Cargo por energía activa fuera de punta	ctm S/ /kW-h	162.73	0.1924	31.31
Cargo por potencia activa de generación para usuarios	-	-	-	-
Presentes en punta	S//kW-mes	-	47.67	-
Presentes en fuera de punta	S//kW-mes	9.28	30.77	285.55
Cargo por potencia activa de redes de distribución para usuarios	-	-	-	-
Presente en punta	S//kW-mes	-	22.86	-
Presente fuera de punta	S//kW-mes	9.28	21.26	197.29
Cargo por energía reactiva que exceda el 30 % del total de la energía activa	ctm S//kVar-h	159.74	0.0416	6.65
Subtotal				543.05
IGV (18 %)				97.75
Total facturado				640.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Tarifa eléctrica MT₄

Descripción	Unidad	Consumo facturado	Precio unitario S/	Importe S/
Cargo fijo mensual	S/ /mes	-	12.74	12.74
Cargo por energía activa	ctm S/ /kW-h	204.65	0.202	41.34
Cargo por potencia activa de generación para usuarios	-	-	-	-
Presentes en punta	S//kW-mes	-	47.67	-
Presentes en fuera de punta	S//kW-mes	9.28	30.77	285.55
Cargo por potencia activa de redes de distribución para usuarios	-	-	-	-
Presente en punta	S//kW-mes	-	22.86	-
Presente fuera de punta	S//kW-mes	9.28	21.26	197.29
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm S//kVar-h	159.74	0.0416	6.65
Subtotal				543.56
IGV (18 %)				97.84
Total facturado				641.40

Fuente: Elaboración propia



Como se puede observar la tarifa MT2 es la más conveniente; por tal motivo, el relleno sanitario tiene un consumo mínimo en el periodo de hora punta como se puede notar en la Tabla 14, además que el total facturado a pagar es menor en comparación con las tarifas MT3 y MT4.



Figura1. Comparación económica de las tarifas eléctricas MT2, MT3 y MT4 Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionada la opción tarifaria más adecuada para el relleno sanitario «Santa Cruz»-Concepción, se calculó el monto mensual a pagar con la tarifa eléctrica MT2, cuyo flujo de caja será de S/. 4,668.72 anuales.

Tabla 18. Cálculo del VAN y TIR

		AÑOS											
	Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo de Caja	S/ 36,556.83	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72	S/ 4,668.72
		S/ -31,888.11	S/ -27,219.39	S/ -22,550.67	S/ -17,881.95	S/ -13,213.23	S/ -8,544.51	S/ -3,875.79	S/ 792.93	S/ 5,461.65	S/ 10,130.37	S/ 14,799.09	S/ 19,467.81

Tasa de Interés	7.00%
VAN	S/ 525.35
TIR	7.269%
PR	8 años

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el periodo de recuperación es de 8 años con el sistema de generación de energía eléctrica mediante biogás obtenido por la materia orgánica del Relleno Sanitario Santa Cruz-Concepción, y los indicadores económicos demuestran que es una inversión segura y aceptable.

VI. CONCLUSIONES

- Es factible la generación de energía eléctrica mediante biogás, obtenido por la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz»-Concepción, pues se generaría 9.6 kW/día mediante el consumo de 5.76 de biogás.
- Es factible abastecer el requerimiento energético actual del relleno sanitario «Santa Cruz» - Concepción permitiendo de esta manera electrificar el entorno del mismo; se debe tener en consideración que el grupo electrógeno seleccionado en la investigación solo está siendo usado en un 37.12% de su capacidad para abastecer la demanda máxima de electricidad requerida en la investigación.
- Para lograr abastecer el consumo de energía eléctrica diario de 13.96 kW/día del Relleno Sanitario, se tendrá que almacenar en el gasómetro 2.62 de biogás adicional a la producción diaria de biogás obtenido. Si se quiere ampliar la demanda energética se tendrá que almacenar más biogás por



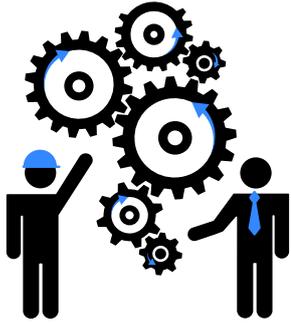
unos días teniendo en cuenta la dimensión del gasómetro o adicionar un biodigestor.

- El biodigestor tubular es el más óptimo para la presente investigación, esto se puede observar en la matriz de decisiones.
- Se pudo comprobar que el costo de inversión entre la generación de energía eléctrica mediante biogás obtenido por la materia orgánica del Relleno Sanitario «Santa Cruz» y la generación de energía eléctrica solar fotovoltaica para abastecer la Demanda Máxima, resulta más conveniente económicamente la alternativa a la cual se sustenta la presente investigación.
- El periodo de recuperación de la inversión según los indicadores económicos analizados es de 8 años; el VAN y TIR nos indica que es conveniente la ejecución de la investigación además que generará beneficios para el Relleno Sanitario «Santa Cruz».
- Se concluye que con la presente investigación se logra cumplir con la política nacional que promueven la utilización de Recursos Energéticos Renovables para la generación de energía eléctrica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ley de Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Decreto Legislativo N.º 1002. En Boletín oficial *Diario El Peruano*, 2 de mayo de 2008.
- [2] Reglamento de la Ley de Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Decreto Supremo N.º 012-2011-EM. Boletín oficial *Diario el Peruano*, 23 de marzo de 2011.
- [3] Ley general de electrificación rural. Ley N.º 28749. Boletín oficial *Diario El Peruano*, 1 de junio de 2006.
- [4] Reglamento para la promoción de la inversión en áreas no conectadas a red. Decreto Supremo N.º 020-2013-EM. Boletín oficial *Diario El Peruano*, 27 de junio de 2013.
- [5] Cersso Massa, H y Ortiz Diaz, A. Estudio de Pre-Factibilidad para la recuperación y producción de energía en la región de Ica a través de un sistema de Biogás [Tesis]. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Facultad de Ingeniería Mecánica - Eléctrica, 2012.
- [6] Colín, R.; Enríquez, J. y Lima, E. *Propuesta para la generación de energía eléctrica a partir de biogás*. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Electricista]. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2009.
- [7] Samayoa, S.; Bueso, C, Víquez, J, y Hernández, E. *Guía Implementación de sistemas de biodigestión en ecoempresas*. Honduras: SNV, 2012.
- [8] Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL). *Informe Anual 2014*. Concepción: Municipalidad Provincial de Concepción, 2014.
- [9] López Ribera, Sara E. *Producción de metano en un biodigestor de residuos sólidos urbanos orgánicos y caracterización bioquímica de los microorganismos involucrados en el proceso*. [Tesis]. Quito: Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales, 2013.
- [10] Frederiks, B.; Bueso Varela, C.; Zwebw, D.; Acosta F., Coulibaly, G.; Víquez Arias, J.; Veen M., Ponce Valladares O., Bos S., Galema T., Rijssenbeek W., Eaton A., Martí Herrero J. y Pino M. *Productive Biogas: Current and Future Development five case studies across Vietnam, Uganda, Honduras, Mali and Peru*. *Magazine SNV and Fact Foundation*. 2013 [Consulta14 de setiembre 2017]. Disponible en línea: http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/snv_fact_productive_biogas_2014_final.pdf
- [11] Téllez Santana, Cristian A. *Diseño y Selección de elementos para una planta de Biogás* [Tesis]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2008.
- [12] Martí Herrero J. *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de Instalación*. Bolivia: GTZ – Energía, 2008.
- [13] Orbezo C, Arivilca R. *Energía solar fotovoltaica: Manual Técnico para instalaciones domiciliarias*. Lima: Green Energy Consultoría y Servicios SRL, 2010.
- [14] Chahuaya Huamani, Luis A. *Generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos Caso: Agencia Municipal de Huayao* [Tesis]. Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2014.





DISEÑO DE LA FAJA DE TRANSPORTE Y SELECCIÓN DEL EJE PARA EL PROCESO DE CORTE DE AJÍ JALAPEÑO

DESIGN OF THE CONVEYING SYSTEM AND AXIS SELECTION FOR AJÍ GALAPEÑO CUTTING PROCESS

Roberto Belarmino Quispe Cabana¹

¹ Ingeniero Mecánico, Universidad Continental.

E mail: rquispe@continental.edu.pe

Resumen

Las empresas del sector agroindustrial usualmente realizan el corte de forma manual (capacidad de 15 kg/h por persona y utilizan de 60 a 70 personas en sus líneas de producción) o con maquinaria funcional que existe en el mercado, con diseños que no satisfacen los requerimientos de las empresas, pues generan un alto porcentaje de descarte (de 25 % a 35 %) y una capacidad operativa de 600 kg/h. Debido a que el tamaño del ají jalapeño es irregular y la deflexión que pueda generar el eje podría repercutir en el corte, se plantea como objetivo reducir el descarte o disminuir la merma (menor a 8 %) mediante un adecuado posicionamiento de la faja transportadora y selección del diámetro del eje. El material utilizado en la construcción es de acero inoxidable para el sistema de alimentación, transporte, corte y descarga, por el contacto que tienen los elementos mecánicos de estos sistemas, entre ellos el sistema de corte con el ají jalapeño. Para lograr un corte adecuado (por mitad), la velocidad, tanto del sistema de transporte como para el corte, se regula con un variador de velocidad. Con el adecuado posicionamiento de las fajas transportadoras en ángulo de 45° y una correcta selección del diámetro para soportar el esfuerzo de torsión y momento flector se logra reducir la merma por descarte a menos del 8 %, es decir a 3,4 %; bajo estos parámetros se logra una producción total promedio de 1584 kg/h y una producción neta de 1583 kg/h.

Palabras clave: Ángulo; ají jalapeño; corte; eje.

Abstract

The agroindustrial companies usually perform the cut manually (capacity of 15 kg/h per person, using 60 - 70 people in their production lines) or with functional machinery that exists in the market with designs that do not match the requirements of the companies. This matter generates a high percentage of discarding (from 25 to 35 %) and operative capacity of 600 kg/h.

Because the size of the jalapeño pepper is irregular and the deflection that the shaft can generate can have an impact on the cut, the objective is to reduce the discarding or reduction of less than 8% by means of an adequate positioning of the conveyor belt, selection of the diameter of the axis.

The material used in the construction is stainless steel for the feeding, transport, cutting and unloading system; by the contact that the mechanical elements of these systems have, including the cutting system with the jalapeño pepper. The speed variator regulated the speed, both for the speed of the transport system and cutting, to achieve a proper cut (by half). With the proper positioning of the conveyor belts at a 45° angle and a correct diameter selection to withstand the torsional stress and moment of bending, it is possible to reduce the waste by discarding at less than 8 %, that is, at 3.4 %. Under these parameters, was achieved a total production of 1584 kg/h with a net production of 1583 kg/h.

Keywords: Angle; jalapeño pepper; cut; axis.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con información proporcionada por el gremio exportador, solo el 3,6 % de nuestras exportaciones contienen una tecnología mediana y alta. En tanto, en Chile este porcentaje asciende a 5,3 %, en Colombia a 10,3% y en México a 66,1 % [1]. Las empresas que fabrican máquinas agroindustriales en el ámbito local y nacional son pocas e incluso sus productos o máquinas no tienen la calidad para ser vendidos a mayor escala a nivel local o nacional. Las máquinas agroindustriales del medio en su mayoría son adquiridas por importación.

El ají jalapeño (conocido también como chile) pertenece al género *Capsicum*; el fruto donde se encuentran las semillas es una baya hueca carnosa o semicartilaginosa, puede alcanzar distintos tamaños, desde poco menos de 1 cm hasta 30 cm de largo, y su forma va de lo redondo a lo alargado, en colores que oscilan de distintos tonos de amarillo y verde, en estado inmaduro, a rojo y hasta café al madurar; es también un alimento de gran valor nutritivo. Se considera que es el vegetal con mayor concentración de ácido ascórbico; en fresco contiene más del doble de vitamina C que el limón y la naranja y casi seis veces más que la toronja; en seco, por su parte, contiene vitamina A en una proporción mayor que las zanahorias, por ejemplo. Asimismo, los chiles (ajíes jalapeños) poseen cantidades significativas, aunque menores, de vitaminas E y B, y de algunos minerales [2].



Figura 1. Ají jalapeño (Foto: captura de Youtube)

Tradicionalmente, el principal proveedor de ají jalapeño al mercado estadounidense ha sido México. Sin embargo, se observa que otros países han empezado a ganar terreno en el mercado, entre otros destacan India, China, El Salvador y Perú. Entre las principales empresas peruanas exportadoras del ají jalapeño destaca Agro Mantaro.

El objetivo es reducir las mermas producto de un mal corte en el ají jalapeño a través de un análisis del

sistema de corte; merma por descarte se considera a aquellos cortes realizados que no son por la mitad del ají y repercuten en la producción neta, en su respectiva presentación y en el proceso para su venta posterior. Para ello, se analizan diversos principios de cortes y de diseño, para luego plantear el diagrama funcional, una matriz morfológica, evaluación y presentación de la alternativa de prototipo para su respectiva fabricación.

Se evalúa el funcionamiento de la máquina en vacío, así como bajo carga de ají jalapeños; se observa, asimismo, la calidad de corte que desarrolla; se mide la producción y el porcentaje de merma que genera.

II. DISEÑO CONCEPTUAL

Estudio comparativo de principios de funcionamiento

- **Principio de funcionamiento de máquina cortadora-forma de rodajas**

El producto se entrega a dos cintas de alimentación de alta velocidad (1) dispuestas en forma de V (Figura 2). Las correas están sincronizadas con la rueda rebanadora giratoria (2) para garantizar el avance adecuado del producto por revolución de la rueda. Las cuchillas (3) bajo tensión sirven como radios y sostienen el aro de la rueda rebanadora; están ligeramente inclinadas para crear un ángulo uniforme entre el cubo y el aro (Figura 2).

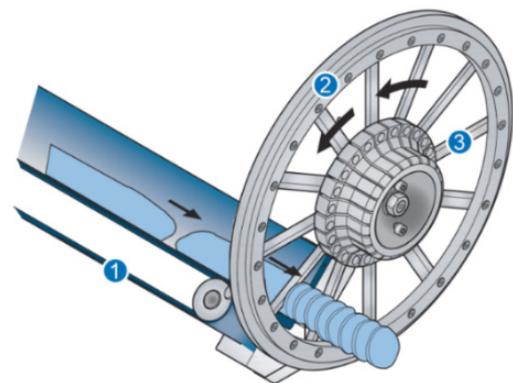


Figura 2. Principio de corte por rodajas y disposición de faja transportadora. Fuente: URSHEL®[3]

- **Principio de funcionamiento de máquina cortadora-forma de rodajas**

Consta de un gabinete con doble puerta de acceso para ajustes y producto, un sistema de cuchillas y bases con ruedas de altura ajusta. Su diseño



permite una fácil y rápida limpieza del equipo; su capacidad es de 75 a 100 kg/h (depende de la habilidad del operario) y la alimentación es manual. Las dimensiones son largo total: 900 mm, ancho total: 906 mm, altura total: 1100 mm, altura de descarga: 525 mm (Figura 3).

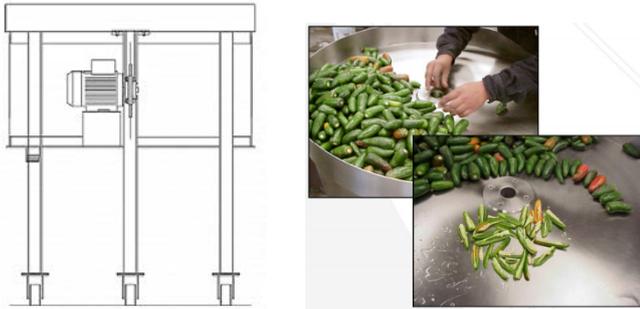


Figura 3. Principio de corte a mitad de ají jalapeño

III. DISEÑO FUNCIONAL

Caja negra

El ají jalapeño previamente lavado y sin el pedúnculo es transportado en la máquina para ser cortado por mitad, y por supuesto a la salida hay dos conductos, uno para el fruto partido por mitad y otro para derivar el olor (Figura 4).

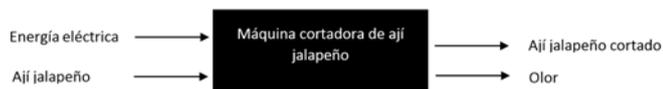


Figura 4. Caja negra

Estructura funcional



Figura 5. Estructura funcional

El flujo del esquema empieza por activar el sistema de alimentación de energía eléctrica, que acciona el motor del sistema de transmisión y de corte; en ese instante comienza el llenado del ají a la tolva, y es transportado por una faja transportadora hacia el sistema de corte; el fruto cortado pasa a un recipiente y el olor del picor se deriva hacia el ambiente por la parte superior (Figura 5).

Matriz morfológica

Función	Soluciones posibles		
	1	2	3
Carga del material	Manual	Gravedad	Faja
Alimentar	Tolva de sección cuadrada	Tolva de sección circular	
Accionamiento eléctrico	Motor eléctrico		
Reducción de velocidad	Motor-reductor	Reductor de velocidad mecánico	Variador de velocidad
Transporte	Banda plana	Banda transportadora dispuesta en V	
Corte	Tolva de sección circular	Cuchilla rebanadora. Longitudinal	

Alternativa de solución

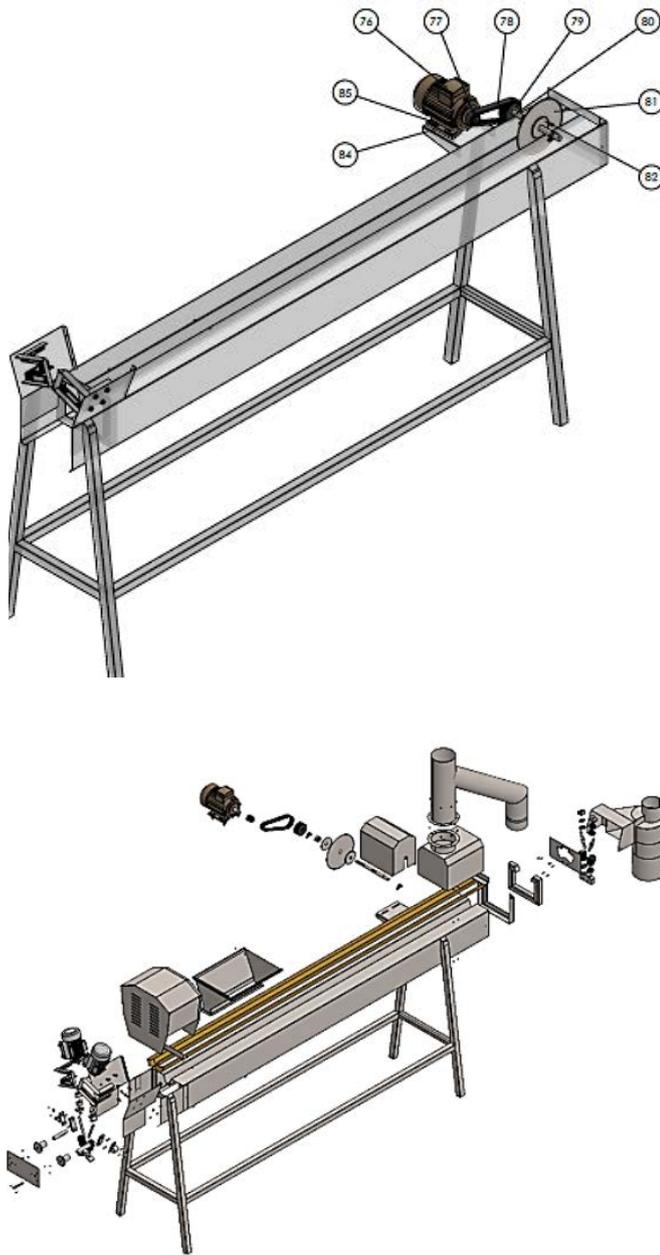


Figura 6. Presentación de sistema de corte y (en despiece) de propuesta final. Fuente: Elaboración propia

IV. ANÁLISIS DE DETALLE

Ángulo de posición de banda transportadora para ají jalapeño

Para disponer el ángulo de inclinación y la faja de transportadora, se determina el tamaño promedio de los ajíes jalapeños, según los datos asignados en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensión promedio de ají jalapeño

Tamaño pequeño		
Diámetro	Mínimo	20 mm
	Máximo	30 mm
Longitud	Mínimo	40 mm
	Máximo	65 mm
Tamaño grande		
Diámetro	Mínimo	22 mm
	Máximo	30 mm
Longitud	Mínimo	54 mm
	Máximo	75 mm

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 se muestra el ángulo máximo y mínimo de acuerdo con el tamaño de los ajíes jalapeños. De aquí se obtiene la fijación del ángulo de la faja transportadora, que es de $47,92^\circ$ aproximadamente; el ángulo para la fijación es de 45° .

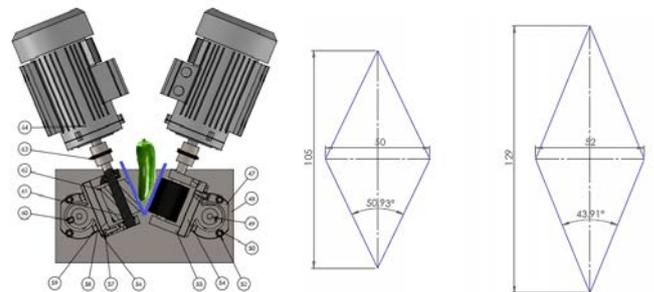


Figura 7. Ángulo promedio de la disposición de faja transportadora. Fuente: Elaboración propia

Selección del material

Para elegir el mejor material, la selección debe comprender las consideraciones de disponibilidad, costo total, propiedades del material y los procesos de manufactura aplicando la experiencia, el conocimiento experto de ingeniería, índice de selección y el conocimiento de los posibles modos de falla [3].

El tipo de acero a seleccionar es un acero austenítico inoxidable 304', elegido por su aplicación para equipos químicos y tuberías, componentes de intercambiadores térmicos, equipos y utensilios de manipulación de lácteos y alimentos, recipientes y componentes criogénicos, aplicaciones arquitectónicas y estructurales expuestas a atmósferas no marinas.

**Tabla 2.** Propiedad a tensión del acero inoxidable 304

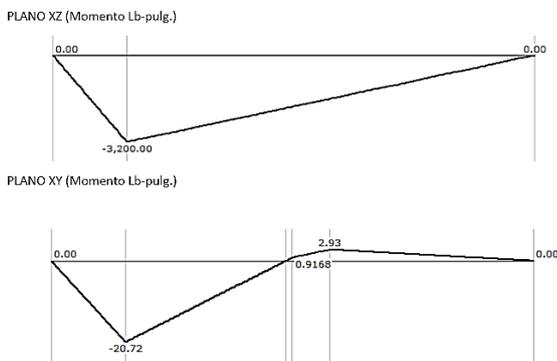
Material	Resistencia ultima		Resistencia a la cedencia	
	kl/pulg ²	MPa	kl/pulg ²	MPa
Acero inoxidable 304	83	572	40	276

Fuente: Juvinal R. (2013, p. 782)

Diámetro del eje del sistema de corte

El eje es uno de los elementos motrices que va a estar sometido a esfuerzo flexionante y de corte; para dimensionar al eje, se utiliza la teoría de relación elíptica ASME. El criterio ASME elíptico también toma en cuenta la fluencia, pero no es completamente conservador a lo largo de todo su rango [4].

a) Momento flector máximo en el eje



$$M_{\max} = \sqrt{3200^2 + 20.72^2} = 3200,067 \text{ lb.pul.}$$

b) Torsión

$$T = 63\,025 H_{\text{nom}} K_s n_d / n$$

$$= 63\,025(2)(1,5)(1,1) / 1750 = 118,847 \text{ lb.pulg}$$

c) Diámetro del eje

Mediante la teoría de relación elíptica ASME, se realiza un análisis de falla por fatiga con la siguiente ecuación:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Tabla 3. Resultado con motor de corte a 60 Hz y el motor del sistema de transporte a 23 Hz

Pruebas	Cantidad	Tiempo	Merma (kg)	Merma (%)	Producción total (kg/h)	Producción neta
1	11 kg	17 s	0,60	5,5	2329	2328
2	11 kg	17 s	0,64	5,81	2329	2328
3	11 kg	17 s	0,62	5,3	2329	2328

$$d = \left[\frac{16(2)}{3,14} \left[4 \left(\frac{1,32 \times 3200,067}{50185} \right)^2 + 3 \left(\frac{0,872 \times 118,847}{40000} \right)^2 \right] \right]^{1/3}$$

$$d = \left[\frac{16(2)}{3,14} \left[4 \left(\frac{1,32 \times 3200,067}{50185} \right)^2 + 3 \left(\frac{0,872 \times 118,847}{40000} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 1,19 \text{ pulg.}$$

V. RESULTADO

Máquina

La máquina es de accionamiento eléctrico y el material es de acero inoxidable; está regulada por variadores de velocidad para el sistema de transporte y de corte.

El producto cortado cae hacia abajo. Al realizar la prueba en vacío, la máquina no presentó problemas.

**Figura 6.** Máquina cortadora de ají jalapeño.

Fuente: Cortesía Proyecto Innovate Perú.

Producción

La prueba bajo carga se realizó varias veces; el resultado que se plasma en la Tabla 3 genera menos producción en comparación con el resultado anterior; sin embargo, genera menos pérdida por descarte o mermas producidas por un mal corte que en promedio es de 3,4 %.

Tabla 4. Resultado con motor de corte a 25 Hz y el motor que acciona la faja de transporte a 23 Hz

Pruebas	Cantidad	Tiempo	Merma (Kg)	Merma (%)	Producción total kg/h	Producción neta
1	11 kg	25 s	0,37	3,3	1584	1583
2	11 kg	25 s	0,39	3,5	1584	1583
3	11 kg	25 s	0,36	3,2	1584	1583

Corte

La merma es mayor cuando la velocidad del disco de corte es a 60 Hz (manipulado con el variador de frecuencia); la merma aumenta por la misma velocidad lineal y centrífuga tanto al ingreso del disco de corte como al salir de ella.

Los cortes mejoran al manipular los motores eléctricos de accionamiento a una frecuencia de 23 a 25 Hz y disminuyen la merma (cortes de ají que no pasan por el medio como resultado de la prueba, ver Figura 8).



Figura 7. Separación por destacarte de cortes asimétricos



Figura 8. Muestra de un buen corte (por el medio).

VI. CONCLUSIONES

- El ángulo de posicionamiento adecuado de la faja transportadora depende del tamaño de los ajíes jalapeños, para este caso es de 45°.
- El diámetro del eje del sistema de corte que garantiza soportar los esfuerzos a los que estará sometido es de 1,19 pulg (13/16 «) con un factor de seguridad de 2.
- El porcentaje de merma varía con la velocidad de

producción, encontrándose que debería ser de 1583 kg/h para tener una merma por descarte de 3,3 %.

VII. RECOMENDACIONES

- Considerar la seguridad en la manipulación del sistema de corte de la máquina.
- Monitorear constantemente y realizar el mantenimiento previsto.
- Innovar en el sistema de corte para producir diferentes tipos de secciones en otros frutos a fin de multiplicar sus funciones.

VIII. AGRADECIMIENTO

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental.
Al FYNCIT e Innovate Perú.

V. REFERENCIAS

- [1] Diario Gestión (edición digital), *Economía* <<https://gestion.pe/economia/3-6-exportaciones-peruanas-contiene-tecnologia-mediana-alta-95664>> [Consulta: Junio, 2015]
- [2] Aguirre, E. y Muñoz, V. El chile como alimento. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias* 66 (3), (2015). [Consulta en línea]. Recuperado de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf
- [3] URSHEL® *Cortadora TranSlicer 2000® Cutter Brochure* https://es.urschel.com/sites/es.urschel.com/files/L2551SP_TRS2ofs.pdf [Consulta: Junio, 2015]
- [4] Juvinall, R. *Diseño de elementos de máquinas*. 2.ª edición. México: Limusa-Wiley, 2013.
- [5] Budynas, R. y J. Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: Mc Graw Hill Interamericana, 2008.



MEJORA EN LOS PROCESOS DE CORTE, ESPIRALADO Y ENSAMBLE PARA LA FABRICACIÓN DE TAMBORAS DE FIERRO CORRUGADO

IMPROVEMENT IN THE PROCESSES OF CUTTING, SPIRALING AND ASSEMBLY FOR THE MANUFACTURE OF CORRUGATED IRON DRUMS.

Roberto Belarmino Quispe Cabana¹

¹ Ingeniero Mecánico, Universidad Continental. Email: rquispe@continental.edu.pe

Resumen

El estudio se desarrolló en las instalaciones de Industrias Scorsa SAC con el financiamiento del Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCYT)-Innovate Perú, en convenio con la Universidad Continental. Se tuvo como objetivo mejorar los procesos en la fabricación de tamboras de fierro corrugado para puertas enrollables. El método es descriptivo-experimental, descriptivo porque se realizó un diagnóstico situacional y se identificaron los cuellos de botella en el proceso de corte, espiralado y ensamble; y experimental debido a que se mejoraron las máquinas que intervinieron en los procesos mencionados anteriormente. Para mejorar las funciones operativas, se adaptaron mecanismos en las máquinas de corte por cizallamiento, roladora o espiraladora de fierro corrugado y matriz de ensamble de la tambora, así como disminuir los tiempos de fabricación, reducir la mano de obra, mejorar la calidad de la tambora e incrementar la producción.

El tiempo de fabricación de una tambora en el primer proceso es de 7 minutos por tambora, y su falta de calidad genera como resultado una merma del 16,6 %; luego de mejorar los procesos, el tiempo de fabricación por tambora se redujo a 4.38 minutos y la reducción de la merma es menor al 3 %, incrementando su producción; por tanto, la calidad de la tambora es más simétrica debido a la mejora en el espiralado.

Palabras clave: tambora; corte; espiralado; ensablaje; productividad.

Abstract

The present study was developed in the facilities of Scorsa Industry SAC with the financial support was made by Fondo para la Innovación la Ciencia y la Tecnología (FINCYT, in Spanish) - Innovate Peru, in agreement with Universidad Continental, whose objective is to improve the processes in the manufacture of corrugated iron drums for rolling doors. The method is descriptive, making a situational diagnosis and identifying bottlenecks in the process of cutting, spiraling and assembling; and it is experimental because the machines involved in the processes mentioned above are improved.

The improvement consisted of adapting mechanisms in shearing machines, rolling or spiraling of corrugated iron and drum assembly matrix, in order to improve their functions. The objective is to reduce the time of manufacturing, to reduce labor, to improve the quality of the drum and to increase production.

The first process of «tambora» manufacture time is of 7 minutes per «tambora», as well as its lack of quality generating a loss of 16.6%. As a result, after improving the processes, there is an improvement in reducing the manufacturing time per drum to 4.38 minutes per drum and a reduction in shrinkage of less than 3%, increasing its production. The quality of the «tambora» is more symmetrical due to the improvement in the spiral.

Keywords: Drum; cut; spiral, assembly; productivity.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en Industrias Scorsa SAC, empresa dedicada al rubro metalmecánico y a la elaboración de muebles en melamine. Según [1], «La productividad de las empresas peruanas sigue lejos de la frontera de la productividad mundial, a pesar de que esta es una de las principales fuentes para enfrentar la difícil coyuntura económica por la que atraviesa el Perú». Para [2], mejorar los procesos en las empresas estará relacionado con uno o más de los siguientes aspectos:

- Eliminar la duplicidad de los procesos y reducir aquellos que son críticos, disminuyendo o eliminando los errores, defectos del producto y servicio, así como las actividades que no generan valor.
- Reducción de tiempos en procesos, optimizando el tiempo de entrega de un producto o servicio al cliente final.
- Procesos documentados y eficiencia organizacional.
- Mejorar la calidad del servicio para incrementar la satisfacción del cliente.
- Mejorar la productividad y eficiencia de los colaboradores en sus actividades diarias.
- Generar valor para el cliente para generar experiencias únicas.
- Optimizar los costos incurridos en la ejecución de un proceso y mejorar la rentabilidad.

Basados en el marco teórico presentado, para mejorar el proceso de fabricación de tamboras, se precisa reducir los tiempos, optimizar el tiempo, disminuir errores en el producto y aumentar su calidad. La tecnología necesita ser transmitida y adoptada para que la productividad aumente [3].

II. DESARROLLO

Planeación de proceso

La planeación de procesos implica determinar los procesos de manufactura más adecuados y el orden en el cual deben realizarse para producir una parte o producto determinado que se especifican en la ingeniería de diseño. Si es un producto ensamblado, la planeación de procesos debe definir la secuencia apropiada de los pasos de ensamble. El plan de proceso debe desarrollarse dentro de las limitaciones impuestas por el equipo de procesamiento disponible

y la capacidad productiva de la fábrica. Las partes o subensambles que no pueden hacerse en forma interna deben adquirirse con proveedores externos. En algunos casos, los artículos que pueden producirse en forma interna, deben adquirirse con vendedores externos por razones económicas o de otro tipo [4].

Uno de los temas importantes al momento de seleccionar, clasificar y analizar los modelos para el mejoramiento de procesos está dado en el grado de cambio o tipo de mejora que se busca lograr en el rendimiento de los procesos y de la organización, con la aplicación de cada uno de ellos. Por tanto, se decidió categorizar en tres enfoques, en razón al nivel de mejora, el riesgo y los recursos e impactos en cada uno de ellos. Estos enfoques son: a) el incremental, es decir aquel que aporta pequeños cambios, como por ejemplo, la solución de problemas específicos de calidad del producto o servicio; b) el rediseño de procesos, que busca lograr los resultados de las organizaciones satisfaciendo a sus clientes y logrando la reducción de costos y de tiempos de ciclo en los procesos; c) y el enfoque de la reingeniería con mejoras más radicales como en la estructura organizacional o en la forma de gestión con nuevas orientaciones estratégicas [5].

La meta de los sistemas de producción es fabricar y distribuir productos. La actividad más importante para cumplir con esta meta es el proceso de manufactura, en el cual tiene lugar la conversión material de transformar materia prima en un producto. El proceso de manufactura se puede ver como un proceso que agrega valor. En cada etapa la conversión realizada (a un costo) agrega valor a la materia prima [6]. Cuando este proceso de agregar valor termina, el producto está listo. Para ser competitivo, la meta debe ser que la conversión de materiales cumpla, de forma simultánea, los siguientes objetivos:

- **Calidad:** el producto debe tener una calidad superior (igual o mejor que el producto de la competencia).
- **Costo:** el costo del producto debe ser menor que el de la competencia.
- **Tiempo:** el producto siempre debe entregarse a tiempo al cliente.

Existe interacción entre estos objetivos; por ejemplo, los clientes aceptan un precio más alto cuando el producto es único y menor calidad si los productos son más baratos.



Diagnóstico del proceso productivo de Industrias Scorsa SAC

• Capacidad de producción

Industrias Scorsa SAC en la actualidad atiende en el mercado local a siete distribuidoras importantes de materiales de construcción de cerrajería para puertas enrollables. El mercado de tambores metálicos a base de fierro corrugado se ha desarrollado conjuntamente con el crecimiento del sector construcción y la apertura de centros comerciales; esto permite el incremento de competidores directos que han copiado el diseño de tamboras que la empresa fabrica y atienden al mercado local con productos en similares condiciones.

Industrias Scorsa SAC produce actualmente 100 unidades de tambores a diario, al mes unas 3000 unidades y al año 27 000 unidades aproximadamente; entre sus principales clientes, se encuentra Fierros Lorente SAC, empresa a la que vende 21 665 unidades; otro de sus principales clientes es Wander SAC. Ambas empresas conforman su principal fuerza de venta ya que son distribuidores del producto. Sin embargo, la producción es insuficiente para cubrir la demanda total que exige el mercado a la empresa: un promedio de 5000 tamboras al mes, y deja de atender al mercado por falta de capacidad, esto le ha ocasionado la pérdida de clientes.

Asimismo, la empresa también se dedica al rubro de melamina y para ello tiene otras máquinas y desarrolla otros procesos.

• Secuencia típica de procesos en la fabricación de tamboras

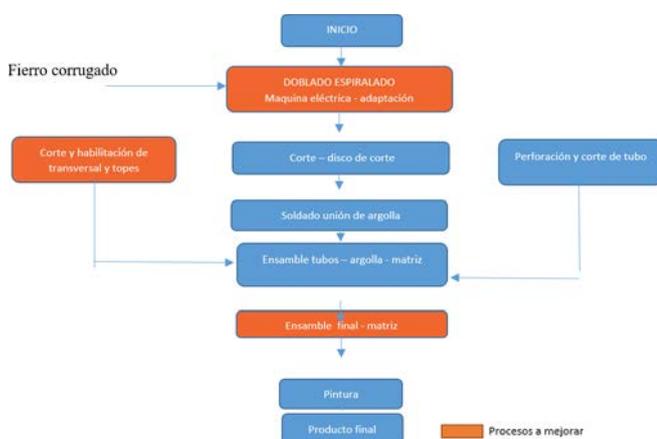


Figura 1. Diagrama general del proceso de fabricación de tamboras después de la mejora.

La descripción del proceso de producción típico de las tamboras empieza con la adquisición de la materia prima: el fierro corrugado de 8 mm y de 9 m de largo. El fierro es doblado en argollas para ser marcado por donde se cortará, una vez que se obtienen las argollas se sueldan cada una de ellas de modo que se puedan unir y en forma paralela se cortan secciones de tubos con su respectivo pasador para trabajar como ejes de tamboras; luego, pasa al proceso de ensamblaje y se une mediante el proceso de soldadura, posteriormente se procede a pitar empaquetar las tamboras, estas quedan listas para su comercialización.

• Máquinas herramientas

Para el proceso de fabricación de tamboras, Industrias Scorsa SAC cuenta con un torno, una máquina de soldar MIG, un mecanismo para doblar fierro corrugado, una matriz de tambora. Las máquinas están operativas, el mantenimiento que reciben los equipos es de limpieza y lubricación, el cual se realiza en forma esporádica.

• Evaluación de los procesos a mejorar

Tabla 1. Equipos del proceso inicial en la fabricación de tamboras

Proceso	Definición	Equipo
Espirado de fierro corrugado	Se enrolla el fierro manualmente y se obtienen espiras. Para este proceso se necesitan dos operarios.	
Corte transversal y tope	Acción de cortar una plancha metálica con una cizalla. En la empresa se efectúa el proceso con una cizalla de prensa manual. Se necesitan dos operarios.	
Ensamblaje	Unión de la argolla y los topes de la tambora. Hay dificultad para soldar todos los puntos.	

Fuente: Elaboración propia

- **Materias primas**

Fierro corrugado de diámetro 8 mm, ASTM A615 GRADO 60, barras de acero rectas de sección circular.

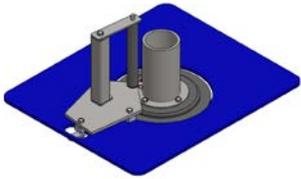
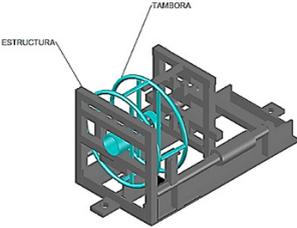
- **Tiempo de producción por procesos (antes de la mejora, ver tabla 2)**

Tabla 2. Tiempo y personal empleado por proceso (etapa inicial antes de la mejora)

N.º	Procesos	Tiempo (seg.)	Personal
1	Doblado, <i>proceso de rolado</i> de argolla (disco de corte): 2 argollas	75	2
2	Corte y marcado de espiras en machina con el disco de corte: 2 argollas	70	1
3	Proceso de corte y habilitación de transversal (4 transversales) (con máquina electromecánica cizalladora)	9	2
4	Proceso de corte y habilitación de 4 topes (con una máquina electromecánica cizalladora)	10	2
5	Marcado de tubo (2 tubos)	10	1
6	Perforación (2 tubos)	5	1
7	Corte de tubo (2 tubos)	16	1
8	Fijación de argolla, transversales y tubo para eje central (2 argollas)	110	2
9	Proceso de montaje , argollas con topes ensamble final en matriz (1 tambora)	90	2
10	Pintado (1 tambora)	10	1
11	Limpieza después del proceso de fijación de montaje por tambora	15	1
Tiempo total		420 seg. = 7 min	

Mejora en los procesos a través de la adaptación de equipos

Tabla 3. Proceso y equipos del proceso después de la mejora en la fabricación de tamboras (ver tabla 3)

Proceso	Definición	Equipo
Espirado de fierro corrugado	La adaptación del mecanismo de una máquina generadora de movimiento circular y de torsión (del 36) consiste en adaptar un polín de arrastre con su respectiva estructura de fijación y un tubo en la parte central que sirve para rolar o espiralar el fierro corrugado (de 8 mm de diámetro) a la medida de la tambora deseada.	
Corte transversal y tope	Cortar 4 transversales simultáneamente por cizallamiento; la máquina Cell 30 fue adaptada con un sistema de transporte para posicionar correctamente el fierro corrugado a la altura de la cizalladora y garantizar un corte perpendicular, así como un trabajo más ergonómico del operador. También se adaptó un sistema de tope para lograr la dimensión correcta de transversales y topes.	
Ensamblaje	Unión de la argolla y los topes de la tambora. La ventaja de esta matriz es que permite soldar todos los puntos; por lo tanto, el montaje es un solo proceso con ayuda de esta matriz.	

Fuente: Elaboración propia



Análisis de carga y esfuerzo en el sistema de corte de fierros transversales

El corte de los transversales de hierro corrugado realizado con una cizalla mecánica, accionada manualmente, demanda mucho esfuerzo (a). Si el corte se efectúa con una cizalla eléctrica y simultáneamente a 4 fierros corrugados, alivia el esfuerzo anterior y permite una mayor producción (b).

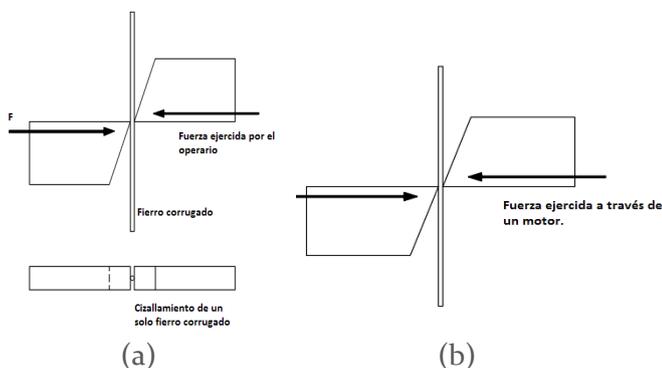


Figura 2. Corte por cizallamiento: (a) con fuerza manual, (b) con una máquina

Para determinar la fuerza y potencia necesaria para generar una deformación plástica y cortar los cuatro fierros simultáneamente, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo de corte

$$\begin{aligned} \tau &= \\ \tau &> S_y \\ F &> 0.5 \times S_y \times A_\tau \\ F &> 419724620 \text{ N/m}^2 \times 4(4,908 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = \\ &412064, 6457 \text{ N} \end{aligned}$$

Potencia

$$\begin{aligned} P &= F \times V = 412064, 6457 \text{ N} \times 8.333 \times 10^{-3} \text{ m/s} \\ P &= 3433,8720 \text{ W} = 4,6 \text{ HP (potencia mínima para cizallamiento).} \end{aligned}$$

Análisis de carga y esfuerzo en el proceso de doblado de los fierros en forma de espiral

En el proceso inicial de espiralado, tal como se muestra en la Figura 2(a), la fuerza la ejerce el operador 1 mediante el volante y generar el torque requerido y el operador 2 sujetaba el fierro corrugado. Bajo el mismo principio, se plantea efectuar el trabajo eléctrico (tal como se muestra en la Figura 2(b), en este caso la fuerza la desarrolla el motor y un operador posiciona el fierro corrugado. Por lo tanto, para determinar la capacidad de doblado, se requiere determinar la fuerza F.

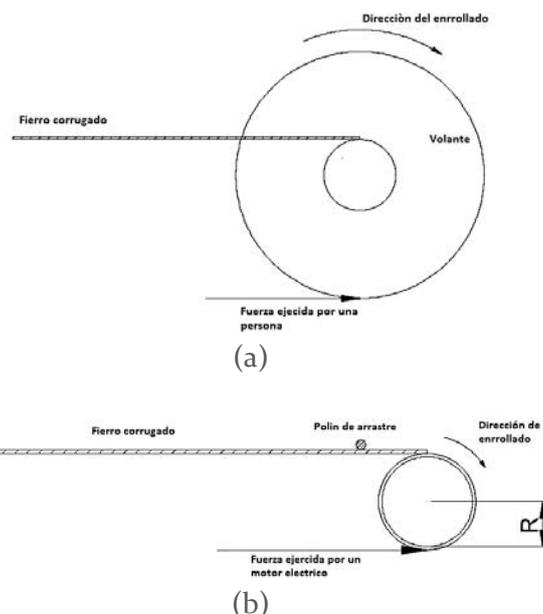


Figura 3. Deformación plástica mediante una fuerza manual (a) y mediante una máquina (b)

Para determinar la fuerza necesaria y generar una deformación plástica, así como doblar el fierro corrugado, se modela como una viga empotrada y se somete a flexión.

Esfuerzo de flexión

$$\begin{aligned} \sigma &= \dots\dots\dots (1) \\ \text{Del diagrama } M &= F \cdot L \dots\dots (2) \end{aligned}$$

Donde:

M: Momento flector
C: distancia del eje neutro a la superficie
I: Momento de inercia fierro
I = d^4

De (1) y (2)

Para $\sigma > S_y$ (el esfuerzo es mayor que la resistencia a la fluencia del material para producir una deformación plástica)

El elemento sometido a deformación plástica es un acero estructural ASTM A615 grado 60, de 25 mm de diámetro, con resistencia a la fluencia de 4280 kg / cm^2 (419724620 N/m^2), y $L = 0.5$ m. (por cada espira).

$$F > \frac{S_y \times \pi \times d^4}{64 \times L \times c} = \frac{419724620 \times \pi \times 0.025^4}{64 \times 0.5 \times \frac{0.025}{2}} = 1287, 702 \text{ N}$$

Torsión

$$T = F \times R = 1287, 702 \text{ N} \times 0.073 \text{ m} = 94 \text{ N.m}$$

Potencia requerida para generar deformación plástica para una velocidad angular de 12,566 rad/seg.



$$P = T \cdot \omega = 94 \text{ N.m} (12,566 \text{ rad/seg}) = 1181,24 \text{ W} = 1,58 \text{ HP (potencia mínima)}$$

Análisis de esfuerzo de polín de arrastre

El polín de arrastre es un elemento crítico sometido constantemente a esfuerzo y falla prematura; es un elemento que ayuda a la deformación plástica en el espiralado. Por lo explicado se analizan los esfuerzos para un material sólido de acero SAE 1045 y a una carga constante de $F = 1287,702$.

A pesar de soportar el esfuerzo de flexión y el corte de forma simultánea, según el resultado de elementos finitos, el polín no se deforma plásticamente, Su resistencia a la fluencia es superior al esfuerzo máximo que soporta.

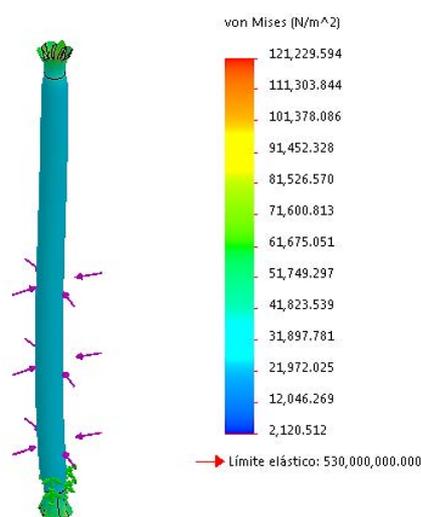


Figura 4. Análisis estático de polín de arrastre

Tiempo de producción actual

Tabla 4. Tiempo y personal empleado por proceso (después de la mejora)

	Procesos	Tiempo (en seg.)	Personal
1	Doblado, proceso de rolado de argolla (disco de corte): 2 argollas	24	1
2	Corte de espiras en machina mediante disco de corte: 2 argollas	16	1
3	Proceso de corte y habilitación de transversal; 4 transversales (mediante máquina electromecánica cizalladora)	4	1
4	Proceso de corte y habilitación de 4 topes (máquina electromecánica cizalladora)	3	1
5	Marcado de tubo: 2 tubos	10	1
6	Perforación: 2 tubos	5	1
7	Corte de tubo: 2 tubos	16	1
8	Fijación de argolla, transversales y tubo para eje central: 2 argollas	90	2
9	Proceso de montaje , argollas con topes Ensamble final en matriz), 1 tambora	70.04	2
10	Pintado: 1 tambora	10	1
11	Limpieza después del proceso de fijación de montaje por tambora	15	1
	Tiempo total	263 seg. = 4.38 min.	

Fuente: Elaboración propia

Producto final

En la figura 5 se muestra el resultado final.



Figura 5. Tambora para puertas metálicas enrollables

III. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mejora del proceso de fabricación de tamboras está en función a múltiples variables, entre ellas a la reducción del tiempo de producción. Se ha logrado disminuir en 2,62 minutos (equivalente al 37,42 % respecto al tiempo anterior), acción que coadyuva directamente en la mejora de procesos.

Para efectuar el proceso se utilizó primero un dispositivo mediante engranajes, que dobló y espiraló el fierro corrugado en un ángulo de 360° ; sin embargo, no se logró doblar de forma uniforme: unos a otros tenían diferente diámetro. Posteriormente, mediante un polín de arrastre y un rodillo giratorio, se logra el objetivo, espiras uniformes unas a otras.





El proceso de corte es por cizallamiento, pero el equipo de corte no viene con los dispositivos complementarios que faciliten mejorar el proceso; se complementó con una estructura con polines de arrastre del fierro corrugado a la altura del equipo de cizallamiento y la regulación de la distancia para el logro de transversales y topes de la tambora, el cual se mejoró para coadyuvar en la ergonomía del operador.

El equipo de corte en forma simultánea corta entre 8 y 9 fierros de 8 mm de diámetro; sin embargo, ocasiona rebabas en los extremos de fierro, lo que perjudica en el montaje de la matriz, por ello para evitar estas rebabas se trabaja mediante un corte simultáneo para cuatro fierros.

En la Figura 6 se muestra el tiempo versus los procesos correspondientes a la Tabla 4; el tiempo de reducción en los procesos de espiralado, corte y montaje es apreciable. El personal empleado en el proceso de espiralado y corte se reduce de 2 a 1, por ende, se disminuye el costo de horas - hombre y favorece el incremento en la producción.

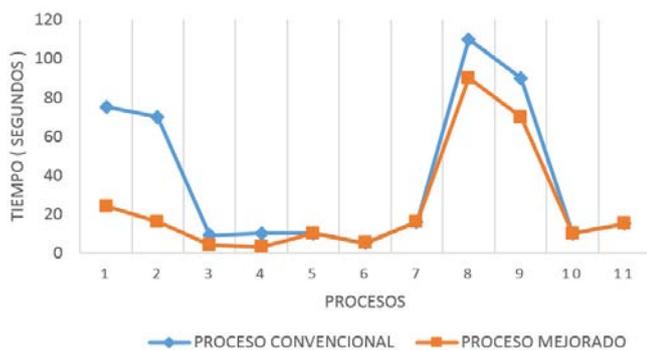


Figura 6. Variación de tiempos en los procesos para la fabricación de una tambora

En el proceso de fijación se mejoró el tiempo en la maniobra para armar la argolla, debido a la simetría de las argollas provenientes del proceso de espiralado y corte respectivamente (Figuras 8 y 9).



Figura 7. Fierro corrugado espiralado.

Respecto a la calidad lograda en las tamboras, esta mejoró por el proceso de espiralado (Figuras 8 y 9). Con el nuevo mecanismo se obtienen argollas más simétricas y cilíndricas (Figura 9), esto facilita el montaje de los elementos para el logro de tamboras, asimismo se reducen las mermas a menos del 3 %.

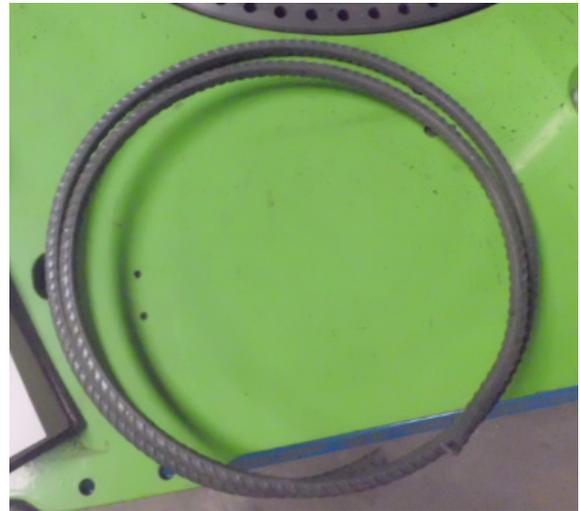


Figura 8. Argollas no uniformes



Figura 9. Argollas uniformes

IV. CONCLUSIONES

Mediante la adaptación de un polín y un cilindro en la máquina espiraladora de fierro corrugado se desarrollan espirales uniformes, es decir, las espiras tienen un diámetro nominal constante (171,4 mm), a diferencia de otras máquinas existentes. La evaluación de puntos críticos en los procesos y su mejora respectiva no solo se da en la fabricación de tamboras, es una idea y aplicación de mejora continua de todos los procesos en función al aprovechamiento de conocimientos y aplicaciones utilizando las nuevas tecnologías existentes.

Mediante el presente estudio se puede demostrar que el rediseño o innovación del producto, en este caso innovación en la máquina dobladora, cizalladora y matriz, trae como consecuencia la mejora en los procesos de corte, espiralado de fierro corrugado y montaje, para lograr una circunferencia uniforme de fierro y el ensamblado de tambora que permita maniobrar con el tambor ensamblado y unir todos sus elementos mediante soldadura. Todo ello favorece el tiempo de fabricación y reduce en 37,42 % con respecto al tiempo anterior de fabricación y con la posibilidad de atender la demanda insatisfecha y aumentar su producción.

Los equipos y máquinas, indudablemente, mejoran significativamente los procesos productivos de las empresas; sin embargo, las microempresas, pequeñas o medianas empresas no están en la capacidad de adquirir estos equipos de última generación debido a su costo elevado, a pesar de que pueden ser muy útiles para mejorar su producción y calidad de producto. Por lo tanto, es en ese nicho de mercado donde existe una gran oportunidad para desarrollar dispositivos, equipos, máquinas, que tengan la misma funcionabilidad, calidad y a un costo competitivo, accesible para el empresariado regional y nacional.

En este caso, mejorar el proceso de fijación mediante un dispositivo, como la matriz de accionamiento automatizado, así como la automatización en el proceso de soldadura y corte, mejoraría la calidad del producto e incrementaría su producción; sin embargo, el empresario tendría que ampliar la variedad de sus productos para justificar tal equipamiento.

V. AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, por permitir la investigación, y al Sr. Edy Martínez Ruiz de Scorsa SAC, quien tiene una filosofía de vida empresarial para seguir mejorando en el aspecto industrial a través de las innovaciones.

VI. REFERENCIAS

- [1] *Diario Gestión*. Lo que están haciendo las compañías peruanas para ser más competitivas. 9 de enero, 2016. Recuperado de <http://gestion.pe/empresas/lo-que-estan-haciendo-companias-peruanas-mas-competitivas-2151906>
- [2] ALVA G. ¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas? *Diario Gestión*, 21 de mayo de 2016. Recuperado de <http://gestion.pe/tendencias/cuales-son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-2161341>
- [3] Perú. Ministerio de la Producción. *Reporte de producción manufacturera*. Lima, agosto 2016, p. 14.
- [4] GROOVER, Mikell P. *Fundamentos de manufactura moderna*. México, 1997, p. 967.
- [5] SERRANO GÓMEZ L. y ORTIZ PIMIENTO N. R. *Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño*. Colombia, 2012.
- [6] SIPPER D. y BULFIN R. L. *Planeamiento y control de la producción*. México 1997, p. 9.



DESARROLLO A NIVEL FUNCIONAL DE UN PUENTE TRANSPORTABLE Y TELEOPERADO

FUNCTIONAL DEVELOPMENT OF TRANSPORTABLE AND TELEOPERATE BRIDGE

Víctor Alvarado¹, Josué Sánchez¹, José Bautista¹, Efraín Chihuan¹,
William Buendía¹, Roberto Cuazitil¹, Celso De La Cruz²

¹ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Continental
E-mail: 46927485@continental.edu.pe

² Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Continental
E-mail: cdelacruz@continental.edu.pe

Resumen

Las vías de comunicación terrestre en el Perú son bastante accidentadas. Debido a las abundantes lluvias que se presentan en la sierra del Perú y ocasionan la crecida de los ríos y estos a su vez los desastres naturales, estas vías terrestres se dañan y aíslan comunidades y ciudades, hecho que perjudica a la economía de estas poblaciones y, por ende, a la economía del país. La presente investigación tiene por objetivo proponer una alternativa de solución para restablecer la comunicación de manera temporal: desarrollar a nivel funcional un puente transportable y teleoperado. La teleoperación es el mecanismo mediante el cual se evita la exposición al riesgo de personas. Además, se detallan los materiales utilizados en la construcción e implementación de un prototipo a escala, mediante la plataforma de Arduino para el control y los módulos de bluetooth para la teleoperación del mismo. La potencia la generan unos servomotores con la capacidad necesaria para realizar los desplazamientos del mecanismo. Las pruebas experimentales del prototipo muestran la viabilidad funcional de esta solución, que servirá de base para un prototipo a escala normal.

Palabras clave: Puente transportable; teleoperación; Arduino; Bluetooth, desastres naturales.

Abstract

Roads of terrestrial communication in Peru are quite uneven. Due to the abundant rains that occur in the highland of Peru, which cause increasing of rivers and as consequence natural disasters these roads are damaged and isolate communities and cities, a fact that harms the economy of these populations and, therefore, to the country's economy. This research aims to achieve an alternative solution in order to reestablish a temporal communication: to develop a transportable and teleoperated bridge at functional level. Teleoperation is the mechanism by which exposure has avoided the risk of people. In addition, the materials used in the construction and implementation of a prototype to scale are detailed, through the Arduino platform for the control and the bluetooth modules for teleoperation of the same. The power is generated by servomotors with the necessary capacity to carry out the movements of the mechanism. The experimental tests of the prototype show the functional viability of this solution, which will serve as the basis for a prototype on a normal scale.

Keywords: Transportable bridge; teleoperation; Arduino; Bluetooth; natural disaster.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad que motivó la presente investigación es el requerimiento del diseño y construcción de un puente estructural con control automático y de fácil transporte para zonas en emergencia a fin de evacuar a personas y transportar alimentos perecibles de primera necesidad durante desastres naturales u algún otro tipo de emergencias que se puedan suscitar.

La necesidad de reestablecer la comunicación terrestre, interrumpida a causa de los huaycos, el desborde de ríos y las carreteras colapsadas, es de prioridad en épocas específicas y esto se logrará mediante puentes temporales de auxilio rápido, que sean transportables a las zonas de emergencia en cualquier tipo de desastre natural.

En la literatura se encuentran propuestas de puentes peatonales y de vehículos modulares de armado en un tiempo menor para atender las urgencias de comunicación en los lugares aislados por desastres naturales [1], [2]. Sin embargo, el armado de estos puentes modulares no es lo suficientemente rápido.

El trabajo [3] propone diseñar un puente de vigas hinchables, ligero, modular y portátil para el paso en superficie de vehículos, que utilice como elemento básico estructural para aguantar las cargas vigas hinchadas con aire a baja presión y fabricadas con tejidos compuestos de altas prestaciones. La velocidad de armado de este tipo de puentes es muy rápida. Otros puentes transportables de rápido armado se han utilizado en guerras [4], estos puentes son flotantes, tienen una gran capacidad de carga para vehículos pesados y permiten transportar vehículos militares de una orilla del río hacia la otra orilla. Los puentes son transportados en camiones y se arman utilizando actuadores hidráulicos. También existen puentes tipo tijera [5], que tienen dos cuerpos y se despliegan utilizando actuadores hidráulicos; su armado es rápido y se pueden transportar en camiones.

Los puentes de rápido armado, presentados anteriormente, son ensamblados en el sitio del desastre natural por operadores que tienen que exponerse a posibles deslizamientos de tierra. En el presente trabajo se propone un puente tipo tijera de armado teleoperado a fin de proteger al operario, quien estará comandando el armado desde un lugar seguro.

El diseño del sistema mecánico se hizo con el software *SolidWorks*®; para el sistema de control del prototipo, se utilizó el software y módulo de la plataforma de Arduino; en los sistemas de potencia se optó por los motorreductores para la parte de tracción de las

orugas y para la instalación del puente se utilizaron unos servomotores por su capacidad y control preciso del giro; para la parte de comunicación, se utilizaron módulos de bluetooth y un celular con sistema operativo Android. Asimismo, se realizaron cálculos matemáticos para obtener los torques y luego elegir los actuadores óptimos para este sistema.

Las pruebas del prototipo permitieron verificar la funcionalidad del puente transportable de armado con teleoperación.

II. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

Teleoperación

Dado que el sistema del puente tiene que trabajar en zonas de emergencia, es necesaria manejarlo mediante teleoperación para evitar que el operador sufra accidentes en el manejo del equipo. Para esto se plantean las siguientes tecnologías como posibles soluciones:

Wifi

Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con wifi (como una computadora personal, un televisor inteligente, una videoconsola, un teléfono inteligente o un reproductor de música) pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso tiene un alcance de unos veinte metros en interiores, distancia que es mayor al aire libre.

Entre sus ventajas están facilitar información en tiempo real en cualquier lugar para todo usuario de la red y permitir el uso múltiple de la red por varios usuarios al mismo tiempo. Sus desventajas son el bloqueo de la señal o interferencias y la vulnerabilidad.

Bluetooth

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN), posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de los 2.4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre estos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes



inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

- Los dispositivos que utilizan esta tecnología con mayor frecuencia pertenecen a los sectores de telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

Ventajas

- Es muy fácil crear una red inalámbrica entre varios dispositivos para sincronizar e intercambiar información.
- Si uno no sabe mucho sobre tecnología, no es difícil aprender a utilizar este protocolo por primera vez.
- No quita demasiada autonomía a los *gadgets* que utilizan Bluetooth debido a que se manejan unos pocos mili-Watt.
- Las velocidades de las últimas dos versiones (3.0 y 4.0) son altas (de 24MB/s ambas).

Desventajas

- La seguridad es un factor desfavorable del Bluetooth. En la actualidad se han presentado mejoras, sobre todo en los celulares; algunos años atrás el protocolo podía resultar inseguro debido a una configuración incorrecta, asimismo, era vulnerable a la pérdida de información.
- El reducido alcance del protocolo para intercambiar información debido a la baja potencia que maneja; esta es una gran desventaja ya que va desde 1 m en la clase 3 hasta 30 m en la clase 1.

Radio frecuencia

Es la técnica que permite el gobierno de un objeto a distancia y de manera inalámbrica mediante una emisora de control remoto.

En el radiocontrol entran en juego tres técnicas fundamentales: a) la electrónica, que transforma los comandos dados en ondas de radio en el transmisor y a la inversa en el receptor; b) la electricidad, encargada de proporcionar la energía necesaria a los dispositivos tanto al comando (o transmisor) como al receptor, y c) la mecánica, que mueve los accionadores (o servos) que dan las señales eléctricas demoduladas o decodificadas en movimiento mecánico.

Existen todo tipo de vehículos de modelismo dirigidos por radiocontrol, los más populares son los co-

ches, los aviones, los barcos, los helicópteros y los submarinos.

Ventajas

- Bajo consumo
- Distancia de uso

Desventajas

- Interferencias de radios

Sensor de altura

Se propone utilizar un sensor de altura para detectar el nivel del agua del río; de tal manera que cuando el nivel se incremente demasiado, este emita una alarma para que los vehículos dejen de transitar por el puente y se inicie, mediante teleoperación, las operaciones de recojo del mismo. Entre las opciones para detectar el nivel del río, se encuentran:

Válvula de flotador

Es un mecanismo de retroalimentación mecánico que regula el nivel del fluido mediante el uso de un flotador para mover un interruptor, de tal manera que ante un mayor nivel de líquido se fuerza a cerrar el interruptor, mientras que en un menor nivel de líquido se fuerza la apertura del interruptor.

Sensor de nivel ultrasónico sin contacto

Estos sensores incorporan un procesador de señal analógica, un microprocesador, decimal codificado en binario (BCD), switches de rango y un circuito de salida del controlador. Transmiten los impulsos a una puerta de señal de la ruta del microprocesador a través del procesador de la señal analógica del sensor, que envía un haz ultrasónico a la superficie del líquido. El sensor de nivel detecta el eco de la superficie y la envía de vuelta al microprocesador para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie. A través de una actualización constante de las señales recibidas, el microprocesador calcula los valores promedios para medir el nivel de líquido.

Sensor de nivel ultrasónico de contacto

Es un dispositivo ultrasónico de baja energía dentro de los sensores de nivel de líquido en un punto determinado. Consta de un sensor montado y un amplificador integrado de estado sólido, los sensores

ultrasónicos de contacto no tienen partes móviles y no requieren calibración. Típicamente, están equipados con bloques de terminales para la conexión de una fuente de alimentación y dispositivos de control externos. La señal ultrasónica atraviesa un hueco de 12 mm en el sensor y controla los interruptores de relé cuando la brecha contiene líquido. El nivel de detección está en el medio a lo largo del espacio donde los sensores están montados en horizontal. En la parte superior, por sensores montados verticalmente, a medida que el líquido cae por debajo de este nivel, la señal ultrasónica atenúa y finalmente conmuta el relé a su estado anterior.

Sensor de nivel por capacitancia

Al igual que los sensores ultrasónicos, los sensores por capacitancia pueden manejar la medición de nivel puntual o continuo; usan una sonda para monitorear los cambios de nivel de líquido en el tanque, acondicionando electrónicamente la salida a valores capacitivos y resistivos, que se convierten en señales analógicas. La sonda y el recipiente equivaldrán a las dos placas de un capacitor y el líquido, al medio dieléctrico. Debido a que la señal emana solo cuando hay cambios de nivel, la acumulación de material en la sonda no tiene efecto. Los recipientes de fluido no conductor pueden indicar sondas dobles o una banda conductora externa.

La sonda, que puede ser rígida o flexible, normalmente usa alambre conductor con aislamiento de OPTE. El uso de acero inoxidable como material de la sonda ofrece la sensibilidad adicional que se necesita para medir líquidos que son no conductores, granulares o de propiedades dieléctricas bajas (constante dieléctrica menor de 4). Se deben usar sondas flexibles cuando no hay suficiente espacio libre para una sonda rígida o en aplicaciones que exigen longitudes muy grandes. Las sondas rígidas ofrecen una estabilidad más alta, especialmente en sistemas turbulentos, donde la oscilación de la sonda puede causar fluctuaciones en la señal.

Elección de la solución

Debido a que el proyecto tiene que trabajar en zonas de emergencia, sugiere un alto riesgo para las personas, por lo cual se utilizaría la opción (A) *Teleoperación*, mediante el módulo WIFI ESP8266, que es compatible con Arduino; estableciendo un medio de comunicación entre el sistema de control y el puente y controlado con un celular Galaxy S8.

Las ventajas que ofrece son:

Viabilidad-tecnológica

Gran velocidad de transmisión de datos según la frecuencia que se trabaje 2,4 Ghz; mayor alcance de transmisión en promedio de los 100 m a campo abierto, seguridad en la conexión debido a su encriptación de datos (WPS2).

Viabilidad-técnica

Tiene una interfaz de fácil programación e instalación.

Para el prototipo a escala, se utilizará el módulo Bluetooth dado que las distancias entre el sistema de teleoperación y el puente en estas pruebas serán cortas.

El puente requiere de sensores para medir el nivel del río y dar aviso del riesgo para sus transeúntes; para tal caso, se utilizará el sensor ultrasónico sin contacto. A diferencia de otros sensores, presenta cualidades de medición que no necesitan estar en contacto con el agua para brindarnos los datos medidos, además se puede utilizar a canal abierto.

El sistema de seguridad se implementará con la «Alarma Audio-Visual», que cuenta con una sirena (*buzzer*) y un diodo LED para dar aviso de emergencia.

III. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

En la Figura 1 se muestra el diseño del puente tipo tijera, en *Solidworks*, desplegado en un 50 %; solo se movió el primer eje de la base en 90°. El puente totalmente desplegado se muestra en la Figura 2; para llegar a esta posición, el segundo eje de la base tiene un movimiento de 90° y realiza un giro total de 180°, y el eje que une a las dos partes del puente (tercer eje) tiene un movimiento de 180°. Una vez desplegado totalmente, el puente se desacopla del carro y queda instalado y listo para que circulen los vehículos.

El primer eje cumple la función de montar y desmontar el puente sobre el carro. Debido a que el puente se separa del carro, se utilizan dos microcontroladores: el primero montado en el carro para manejar los servos del primer y segundo ejes, y el segundo montado en el puente para manejar el motor reductor del tercer eje y la sirena de alarma. Ambos microcontroladores se comunican por módulos Bluetooth.

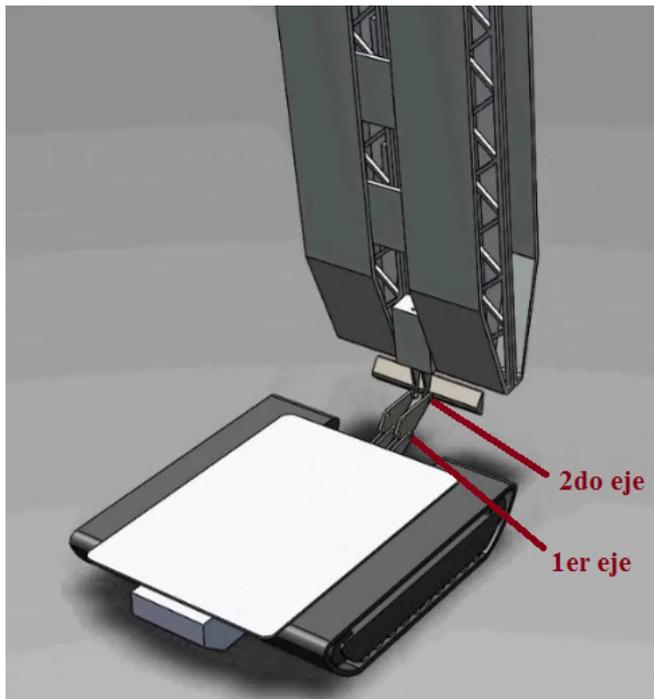


Figura 1. Diseño del puente en Solidworks. Puente desplegado a un 50 %.

Fuente: Elaboración propia.

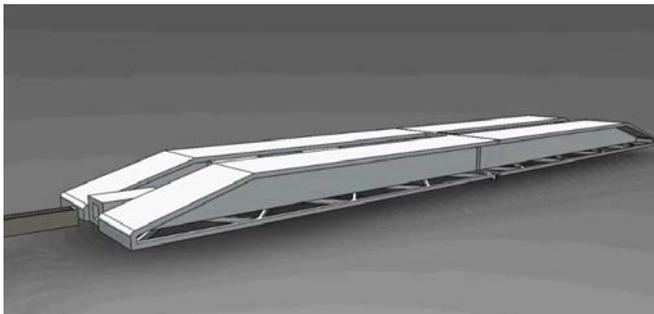


Figura 2. Puente desplegado al 100 %.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del torque de los servomotores para el despliegue del puente

Para el caso del primer eje del puente, donde la fuerza necesaria es el esfuerzo que tiene que cargar, es decir la masa de todo el puente (0,528 kg), la longitud de cada mitad es de 23,5 cm. Se requiere el mayor toque en el primer eje cuando el puente está totalmente replegado.

Cálculo del torque máximo del primer eje: cuando se inicia el despliegue del puente.

Torques producidos:

Torque 1 = (Fuerza x distancia al centro de gravedad)

Torque 1 = (0,528 kg x 23,5 x 0,5 cm)

Torque 1 = 6,2 kgf.cm

Para el caso del segundo eje del puente, donde la fuerza necesaria es el esfuerzo que requiere para cargar todo el puente (0,528 kg), se necesita el mayor toque en el segundo eje cuando el puente está totalmente desplegado; en este caso el centro de gravedad se encuentra en la mitad del puente.

Cálculo del torque máximo del segundo eje, cuando se inicia el repliegue del puente:

Torques producidos:

Torque 2 = (Fuerza x distancia al centro de gravedad)

Torque 2 = (0,528 kg x 23,5 cm)

Torque 2 = 12,4 kgf.cm

Para el caso del tercer eje del puente, donde la fuerza necesaria es el esfuerzo que requiere para cargar la mitad del puente (0,239 kg), la longitud de cada mitad es de 23,5 cm.

Cálculo del torque máximo del tercer eje: cuando la segunda mitad del puente se encuentra horizontal.

Torques producidos:

Torque 3 = (fuerza x distancia al centro de gravedad)

Torque 3 = (0,239 kg x 23,5 x 0,5 cm)

Torque 3 = 2,8 kgf.cm

Selección de los servomotores

El servo Futaba S5050-Digital Micro Servo Hi-Speed/Torque w/Micro Plug:

Datasheet:

Torque:

4.8 V: 211.00 oz-in (15.19 kg-cm)

6.0 V: 264.00 oz-in (19.01 kg-cm)

Running Current: 650mA

Tiene la responsabilidad del mayor torque, es decir del segundo eje. El torque requerido es inferior por lo que el sistema funciona normalmente.

El servo MG996R High Torque-Metal Gear Dual Ball Bearing Servo

Datasheet:

Torque:

9.4 kgf-cm (4.8 V),

11 kgf-cm (6 V)

Running Current: 500mA

El torque es menor que los primeros servos, por lo tanto, se utilizará para el primer eje. El torque requerido es inferior por lo que el sistema funciona normalmente. El tercer eje será movido por un mo-



torreductor de 6 voltios, de torque de 2 kg-cm. Sin embargo, para aumentar el torque se utiliza un juego de poleas, se incrementa el torque en 3.7 veces.

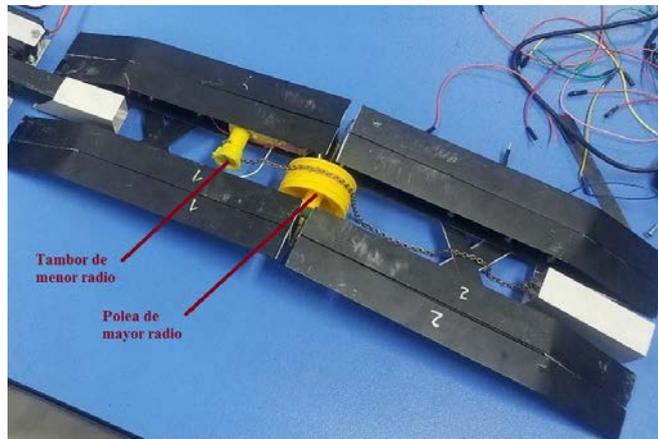


Figura 3. Juego de poleas para incrementar el torque el tercer eje.

Cálculo del consumo de corriente del sistema

En la Tabla 1 se observa el consumo de corriente del sistema montado en el carro, se consideran las corrientes nominales de cada componente; el consumo total es de 2.47 amperios. La Tabla 2 muestra el consumo de corriente del sistema montado en el puente, que consume 0.159 amperios.

Tabla 1. Consumo de corriente del sistema en el carro

Ítem	Componente electrónico	Cantidad	Consumo (mA)	Consumo Total (mA)
1	Arduino Mega	01	90	90
2	Servo Futaba S5050	02	650	1300
3	Servo MG996R	02	500	1000
4	Bluetooth	02	40	80
Total				2470

Tabla 2. Consumo de corriente del sistema en el puente

Ítem	Componente electrónico	Cantidad	Consumo (mA)	Consumo Total (mA)
2	Arduino Nano	1	19	19
5	Motorreductor de 6V	1	100	100
6	Bluetooth	1	40	40
Total				159

IV. IMPLEMENTACIÓN

Entrada

Sensor ultrasónico

Mide la distancia por medio de ultrasonidos, por ello será usado como un sensor que medirá la distancia a la que se encuentra en nivel del agua para el sistema de seguridad. Está colocado estratégicamente dentro de la estructura del puente, casi a la mitad del puente, y, según las condiciones de programación, envía una señal al controlador (ARDUINO MEGA 2560), de tal manera que, si el nivel medido pasa del umbral, se envía un sonido de alerta por intermedio del buzzer.

Software de interface hombre-máquina

La entrada de datos al sistema es la aplicación desarrollada en el software APP INVENTOR en la que se incluyen botones táctiles apk, estos enviarán señales discretas de manera inalámbrica por medio del bluetooth «MAESTRO» y recibirá dicha señal discreta por medio de un bluetooth «ESCLAVO» conectado al controlador que estos proporcionarán una señal discreta que comandará cada uno de los actuadores según sea la programación para el traslado, colocación y despliegue del puente.

Comunicación

Bluetooth

El módulo de comunicación es el bluetooth. Al enviar las diferentes señales discretas provenientes del pulso de las diferentes botoneras táctiles apk, estas serán transmitidas de forma inalámbrica por un celular con sistema operativo Android y serán recibidas por un bluetooth, configurado como «Maestro», colocado en el circuito del carro que también cuenta con un segundo módulo bluetooth, configurado como «esclavo», que envía los datos al arduino nano montado en el puente por medio de otro módulo bluetooth.

Control

Arduino Mega 2560

Es una plataforma de código abierto, usada en este proyecto como un sistema de control y procesamiento de señales; tiene como entradas a la aplicación y al bluetooth esclavo y como salidas a los diferentes actuadores, servomotores, que, de acuerdo a las diferentes condiciones que se le dio en el algoritmo lógico con respecto a las entradas, puedan decidir y





enviar señal discreta a la salida para que pueda accionar los diferentes actuadores según cumplan la condición del algoritmo.

Arduino Nano

Es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328, utilizada en este proyecto con el propósito de cumplir ciertos requerimientos de control para actuadores como: motor DC, buzzer y los leds de acuerdo a ciertas condiciones que se generan en las variables del algoritmo de control procedentes de las entradas como: sensor ultrasónico HC-SR04, aplicación apk, etc.

Actuadores

En esta fase del proyecto se utilizaron varios actuadores, tales como, diodos emisores de luz, motores DC, servomotores y un *buzzer*, los cuales actúan según se cumplan las condiciones del algoritmo de control para el que fue programada.

Programación

Carro

En la programación del carro se usaron las librerías «Servo» para el control de los servomotores y el *SoftwareSerial* para conectar dos bluetooth a un solo arduino.

Puente

El circuito colocado en el puente debe sincronizarse con el circuito del carro al momento de ensamblar el puente. Por eso se utiliza la librería *SoftwareSerial* para obtener los datos mediante el módulo bluetooth. Este circuito también debe encargarse de leer los datos del sensor ultrasónico y analizar los datos obtenidos para activar la alarma audiovisual.

Software de interface hombre-máquina

Para la programación de la aplicación, se usó la plataforma online MIT App Inventor 2, ya que proporciona un sistema de programación con bloques para acelerar el diseño de la aplicación.

En la Figura 4 se muestra la pantalla del aplicativo, la cual brinda las opciones de avanzar, retroceder, girar a la derecha y a la izquierda y parar el carro. También, muestra el estado de conexión del sistema de comunicación y los botones para replegar y desplegar el puente.



Figura 4. Aplicativo de interface hombre-máquina.

V. RESULTADOS

Las pruebas del prototipo se realizaron sobre unas mesas; primero se probó el movimiento del carro con el puente replegado (Figura 5). Utilizando el aplicativo del celular, el carro fue movido hasta el punto que representa la orilla del río, luego, se eligió la opción de despliegue del puente. El puente automáticamente realiza las secuencias de despliegue siguientes: el primer eje se mueve 90° ; el segundo eje se mueve 90° junto a el tercer eje que se mueve 180° . Finalmente, cuando el puente está completamente desplegado, se desacopla el puente del carro (Figura 6).

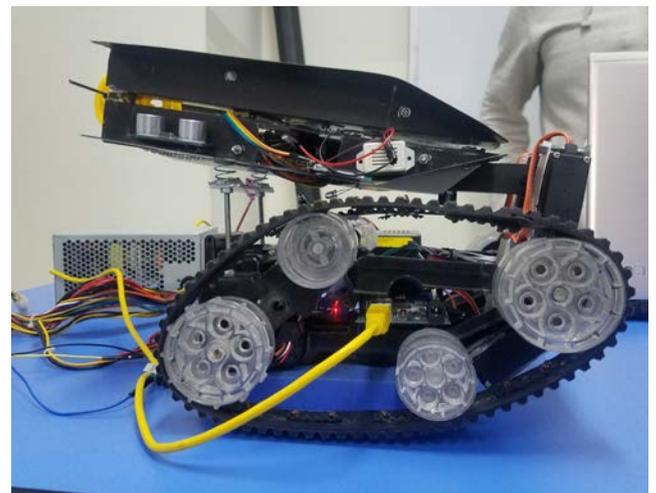


Figura 5. Carro con el puente totalmente replegado.



Figura 6. Puente desplegado y desacoplado del carro

A pesar del buen funcionamiento del prototipo, hay algunos puntos por mejorar, como la sincronización en el despliegado del puente, para ello el segundo eje debe girar a la mitad de la velocidad del tercer eje, a fin de evitar esfuerzos adicionales innecesarios en los motores cuando el tercer eje se mueve más rápido de lo necesario. Una mayor velocidad en el tercer eje ocasiona que el centro de masa se aleje del segundo eje y así genera un mayor torque en el segundo eje.

El proceso de repliegado del puente es en orden inverso al despliegado.

También se observó que el primer eje cumple la función fundamental de acomodar el puente sobre el carro, tal como se había considerado en el diseño.

VI. CONCLUSIONES

- El puente móvil para huaycos es viable para situaciones de emergencia como desbordes de ríos, brinda protección al operador y a los vehículos y personas que transitan sobre el puente.
- El control implementado por medio de bluetooth, teléfono celular y microcontroladores Arduino brindó los resultados esperados.
- Los cálculos de los actuadores del sistema mecánico fueron adecuados porque no presentaron trabas, calentamiento o averías en las pruebas.

- El mecanismo con tres ejes es el adecuado para el despliegado y repliegado del puente.
- La sincronización del segundo y tercer eje es necesario para evitar sobreesfuerzos en los actuadores.
- Como trabajo futuro se propone la realización del diseño mecatrónico del sistema a escala real.

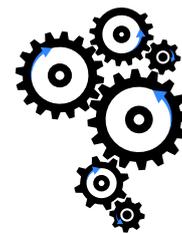
VII. REFERENCIAS

- [1] BIANCONI, M.S., O. APANGO y H. RAMÍREZ. Puente portátil peatonal desmontable para emergencias. *Legado de Arquitectura y Diseño*, núm.18, 2015.
- [2] APANGO, O. *Diseño y evaluación de sistemas estructurales modulares para puentes vehiculares*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma del Estado de México, 2012.
- [3] ESTRUCH, C. *Nuevo concepto de Puente de vigas hinchables ligero, modular y portátil*. [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Catalunya, 2016.
- [4] GARCÍA, C., y A. SORROZA. *Armas para una III guerra del Golfo*. Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos.
- [5] WIKIPEDIA. M60 AVLB. Actualizado el 25 de junio de 2017 [Fecha de consulta 22 de noviembre de 2017]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/M60_AVLB.





INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES



PROCEDIMIENTO PARA PUBLICAR UN ARTÍCULO

Etapa de revisión

Enviar un correo electrónico a revistaingenieria@continental.edu.pe con asunto «Envío de artículo a la revista Ingenium». Su artículo será revisado por el editor de la revista quien revisará si el artículo se adecúa a los temas de ingeniería que publica la revista. Luego, se enviará a tres revisores especialistas en el tema del artículo, quienes darán sugerencias para mejorar el artículo y su visto bueno para la publicación. Dos aceptaciones son suficientes para publicar el artículo en la revista *Ingenium*.

Etapa final

Se debe enviar el artículo con la respuesta a las correcciones sugeridas por el editor y los tres revisores, mencionando si se realizó la corrección y en qué parte del artículo, o si no se realizó la corrección justificando esta decisión.

Copyright

Un copyright debe acompañar a la versión final del artículo. Este debe ser rellenado por el investigador principal al momento de enviar la versión final del artículo. Los autores son responsables de obtener cualquier autorización adicional para publicar el artículo en el caso de estar utilizando material confidencial.

Políticas de la editorial

No enviar a la revista versiones de artículos que hayan sido publicados en otro lugar. Los artículos deben tener importantes mejoras de trabajos previos publicados. No publicar datos o resultados preliminares. El autor es responsable por obtener permiso de todos los coautores y todos los consentimientos requeridos de patrocinadores antes de someter el artículo. Se debe citar trabajos previos relevantes.

Al menos dos revisores son requeridos para cada artículo sometido.

La longitud del artículo debe ser proporcional con la importancia, o apropiadamente a la complejidad del trabajo. Por ejemplo, una obvia extensión de trabajos previos publicados posiblemente no sea apropiado para publicación o puede ser adecuadamente tratado en tan solo algunas cuantas páginas.

Dado que la repetición de los resultados son requeridos para un avance en la ciencia y tecnología, los artículos sometidos para publicación deben proveer suficiente información para permitir a los lectores ejecutar similares experimentaciones, implementaciones o cálculos y utilizar los resultados reportados.

Aunque no todo necesita ser develado, un artículo debe contener información nueva, útil, y ampliamente descrito. Por ejemplo, una composición química no necesariamente será reportada si el propósito principal del artículo es introducir una nueva técnica de medida. Los autores deben esperar ser cuestionados por el revisor si sus resultados no están sustentados con datos adecuados y detalles críticos.

Sobre el contenido del manuscrito

Resumen

El resumen debe expresar la importancia de su investigación de una manera lógica y concisa. El resumen es una sinopsis del estudio original que apunta el problema de la investigación, las informaciones y métodos utilizados para abordar este problema, la solución propuesta de ser el caso y su conclusión.

Solo debe presentar puntos clave sin exceder la longitud de 300 palabras. Se deben utilizar oraciones completas y en tercera persona. Se utiliza Nomenclatura estándar y se debe evitar abreviaciones. No se citan literaturas.

Palabras clave

Se requiere cinco palabras claves separadas por puntos y comas.

Introducción

La introducción establece los objetivos del trabajo y provee adecuados antecedentes del trabajo, evitando literatura detallada, encuestas o un resumen de resultados.

Desarrollo

- Describir claramente los métodos y las pruebas realizadas y, de ser posible, realizar una comparación sobre ventajas, desventajas y limitaciones respecto a otros métodos existentes. Se debe entender por método a cualquier método científico o cualquier método tecnológico, este último puede ser el método utilizado para solucionar un problema, generar una innovación, generar un nuevo algoritmo, etc.
- Incluir los cálculos y/o modelos matemáticos que sustenten la investigación propuesta.
- Para todas las siglas utilizadas, deberá aclararse su significado desde su primera aparición en el trabajo.
- Evitar el uso de nombres comerciales ni el lugar de la institución o dependencia donde fue reali-

zada la investigación, salvo que sean estrictamente necesarios para la explicación de la misma.

- Discusión y análisis de resultados
- Se presentarán con una secuencia lógica procurando resaltar las observaciones importantes.
- Se describirán los resultados de las pruebas sin interpretar o hacer juicios de valor.

Conclusiones

Además de las conclusiones derivadas de la investigación, se pueden incluir datos para una posible investigación futura.

Agradecimientos

Se recomienda incluir la fuente de financiamiento para la investigación.

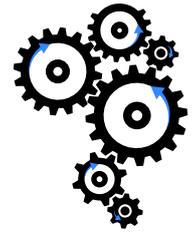
Apéndices Opcional

Referencias

En la plantilla del artículo se puede encontrar ayuda adicional sobre el formato de las figuras, ecuaciones, referencias, etc.



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS



PROCEDURE TO PUBLISH AN ARTICLE

Stage review

Send an email to revistaingenieria@continental.edu.pe with subject «Sending Ingenium magazine article.» Your article will be reviewed by the magazine editor who will review if the item is suited to engineering issues which publishes the journal. Then he send to three reviewers specialists in the subject of the article, who will give suggestions to improve the article and its approval for publication. Two acceptances are sufficient to publish the article in the journal Ingenium.

Final stage

You must ship the item with the answer to those suggested by the editor and the three reviewers corrections, mentioning whether the correction was made and where in the article, or if the correction was not made to justify this decision.

Copyright

A copyright must accompany the final version of the article. This should be completed by the principal when you submit the final version of Article researcher. The authors are responsible for obtaining any additional authorization to publish the article if you are using confidential material.

Editorial Policies

Do not send the magazine versions of articles that have been published elsewhere. Items must have significant improvements of previous work published. No published data or preliminary results. The author is responsible for obtaining permission of all coauthors and all required consents from sponsors before submitting the article. Should cite relevant prior work.

At least two reviewers are required for each article submitted.

The length of the article should be proportionate to the importance, or appropriately to the complexity of the work. For example, an obvious extension of previous work published may not be appropriate for publication or can be adequately treated in only some few pages.

Since the repetition of the results are required for progress in science and technology articles submitted for publication must provide sufficient information to allow readers to perform similar experiments, implementations or calculations and use the reported results.

Although not everything needs to be revealed, an article must contain new, useful, and widely described information. For example, a chemical composition will not necessarily be reported if the main purpose of the article is to introduce a new measurement technique. Authors should expect to be questioned by the reviewer if their results are not supported with adequate data and critical details.

On the content of the manuscript

Summary

The abstract should express the importance of their research in a logical and concise manner. The summary is a synopsis of the original study that addresses the problem of research, information and methods used to address this problem, the proposed solution to be the case and its conclusion.

Please show key points without exceeding the length of 300 words. They must use complete sentences and in the third person. Standard nomenclature is used and should be avoided abbreviations. No literatures cited.

Keywords

five keywords separated by commas are required.

Introduction

The introduction sets out the objectives of the work and provide adequate background work, avoiding detailed literature survey or a summary of results.

Development

Clearly describe the methods and testing and if possible a comparison of advantages, disadvantages and limitations compared to other existing methods. It should be understood by any scientific method method or any technological method, the latter may be the method used to solve a problem, generate innovation, generate a new algorithm, etc.

Include calculations and / or mathematical models that support the proposed research.

For all the acronyms used, it should be clarified its meaning since its first appearance at work.

Avoid the use of trade names and place of the institution or agency where the research was conducted, unless they are strictly necessary for the explanation of it.

Discussion and analysis of results

They will be presented in a logical sequence seeking to highlight the important observations.

the test results without interpreting or making value judgments will be described.

Conclusions

In addition to the findings from research, they may include data for possible future investigation.

Thanks

It is recommended to include the source of funding for research.

Appendices, Optional

References

In the item template you can find additional help on the format of the figures, equations, references, etc.

