



Universidad
Continental

ISSN en línea 2519-1403

Vol. 1 n.º 2

Julio-Diciembre 2016

INGENIUM

Revista de la Facultad de Ingeniería



INGENIUM

Revista de la Facultad de Ingeniería

Ingenium

Revista de la Facultad de Ingeniería

Volumen 1, número 2, julio-diciembre 2016

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

La revista *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 a 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

Celso De La Cruz Casaño

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/>

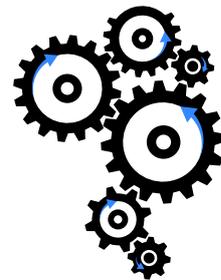
Correspondencia y canje

Dirección: Av. San Carlos 1980, Huancayo, Perú

Teléfono: (51 64) 481430, fax: (51 64) 221929

Correo electrónico: revistaingenieria@continental.edu.pe

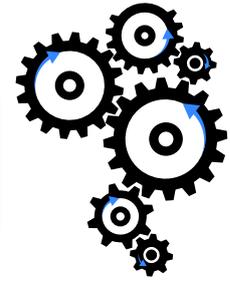
CONTENIDO



- 7 | Editorial: La realidad de la metodología de la investigación en Ingeniería
Celso De La Cruz Casaño
- 11 | Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones
Jim Orihuela Canchari, Natividad A. Sánchez Arévalo
- 24 | Análisis químico del almidón de papa para la obtención de papel higiénico
Dayana Sihara Aguilar García
- 29 | Factores ambientales y bióticos que influyen en el crecimiento poblacional de la *Orestias elegans* en Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio-Junín
Yony Boza, Marco Castillo Samaniego, Flor Gaspar Peres, Walter Goytendia Centeno, Velita Guadalupe Suarez, Liset Rojas Cordeña, Heidi Taype Otañe
- 35 | La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín
Katerine Canchapoma Palomino, Kevin Casas Soto, Aracely Palacin Oscanoa, Diana Rojas Vilcahuaman, Isis Vargas Echevarria
- 40 | Sistema teleoperado aplicado a la manipulación de residuos hospitalarios con riesgo biológico
Julio Astete Rupay, Dante Gallo Torres, Alberto Torres Hinostroza, Alex Peña Romero, Marco Sarmiento Cornejo
- 47 | Instrucciones para los autores

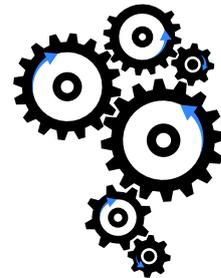


CONTENT



- 9 | Editorial: The reality of Engineering Research Methodology
Celso De La Cruz Casaño
- 11 | Structural design of rectangular tanks and applications
Jim Orihuela Canchari, Natividad A. Sánchez Arévalo
- 24 | Chemical analysis of potato starch to obtain hygienic paper
Dayana Sihara Aguilar García
- 29 | Environmental and biotic factors that influence population growth of *Orestias Elegans* in Yaropuquio, Chachachimpa and Añas Puquio-Junín
Yony Boza, Marco Castillo Samaniego, Flor Gaspar Peres, Walter Goytendia Centeno, Velita Guadalupe Suarez, Liset Rojas Cordeña, Heidi Taype Otañe
- 35 | Macroinvertebrates biodiversity as indicators of water quality in the rivers of Junín
Katerine Canchapoma Palomino, Kevin Casas Soto, Aracely Palacin Oscanoa, Diana Rojas Vilcahuaman, Isis Vargas Echevarria
- 40 | Teleoperated system applied to handling biohazard hospital waste
Julio Astete Rupay, Dante Gallo Torres, Alberto Torres Hinostroza, Alex Peña Romero, Marco Sarmiento Cornejo
- 49 | Instructions for authors





EDITORIAL

La realidad de la metodología de la investigación en Ingeniería

Dr. Celso De La Cruz Casaño
Editor

En el Perú, hay numerosos expertos en metodología de la investigación científica; no obstante, muy pocos son profesionales de ingeniería. Además, numerosos libros relacionados con la temática (por ejemplo [1], [2]) están orientados a las ciencias sociales y muy poco o nada tratan sobre problemas de ingeniería; por lo tanto, todos los conceptos de la metodología son a nivel teórico para esta disciplina. Como consecuencia, los estudiantes de ingeniería tienen dificultades en preparar un proyecto de investigación por la falta de guías y orientadores en una metodología adecuada para su carrera. Los problemas para aplicar una metodología de investigación en el área de ingeniería son diversos. A continuación, se muestran algunos de estos problemas y los criterios a considerar para superar estos inconvenientes.

El primer problema es la confusión al aplicar los instrumentos de medición, como, por ejemplo, si se evalúa la eficiencia energética de un sistema mecatrónico, no podrían utilizarse encuestas o entrevistas, sino aquellos elementos que midan la energía de entrada y el trabajo útil producido por el sistema. Estos instrumentos no se diseñan ni se validan, como se debe hacer con las encuestas y entrevistas, porque ya vienen de fábrica listos para ser utilizados en los laboratorios, sin embargo, sí se requiere seleccionar los más adecuados.

El segundo problema es la confusión en el análisis de datos. En esta etapa, normalmente interesa saber si existe correlación y si la influencia es positiva o negativa; en ingeniería, en la mayoría de los problemas, hay certeza de la existencia de correlación y si es positiva o negativa porque todo el conocimiento de física y química nos apoya; por lo tanto, la investigación debe orientarse a encontrar el modelo matemático (en base a estas disciplinas) que describa el fenómeno. Por ejemplo, Hallar la relación que existe entre el flujo de aire en un colector solar y la cantidad de energía absorbida por el aire; se sabe que a mayor flujo es mayor la transferencia de calor por convección, sin embargo, se debe determinar cuál es el modelo matemático (establecer la estructura y constantes del modelo) que describa el comportamiento del colector solar en estudio con respecto a estas variables.

El tercer problema es un trato diferente en la toma de muestras. Así, cuando deseamos conocer la resistencia de un material compuesto nuevo, se deben tomar probetas y someterlas a ensayos de tracción, flexión y compresión. En este caso las muestras son las probetas y la población es todo el material compuesto, cuya estructura está dentro de las características del material nuevo. Por lo tanto, la población es infinita. Esto es atípico en los ejemplos de los libros de metodología de la investigación.

El cuarto problema es que normalmente los ingenieros crean soluciones a problemas de ingeniería y, por lo tanto, los estudiantes de ingeniería tienden a ello. Sin embargo, la mayoría de libros de metodología de la investigación no especifica en qué etapa de la investigación se crea la solución. En ingeniería se maneja un método de investigación poco tratado en los libros: la

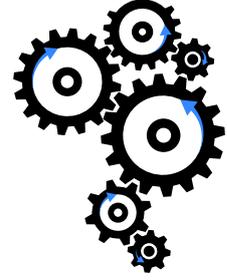


investigación tecnológica [3]-[5] o también conocida como desarrollo tecnológico. Numerosas tesis e investigaciones tratan del diseño de un prototipo, software, estructura, etc. para un caso en particular [6]-[9]. Estas tesis e investigaciones sobre desarrollo tecnológicos siguen una metodología de diseño, por ejemplo: se identifica una necesidad (el problema), se investigan las soluciones existentes de problemas relacionados, se plantean soluciones, se selecciona la respuesta más adecuada utilizando cálculos para evaluarlos, se implementa la solución en simulación o en un prototipo y se evalúa.

Es importante tomar en cuenta estos criterios al momento de aplicar una metodología de investigación para Ingeniería, a fin de evitar complicaciones y/o, en el peor de los casos, reiniciar la investigación.

Referencias bibliográficas

- [1] HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. *Metodología de la Investigación*. 5.^a ed. México: McGraw Hill, 2010.
- [2] CABALLERO, A. *Guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado*. Lima: Instituto Metodológico Alen Caro, 2006.
- [3] CEGARRA, J. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Diaz de Santos, 2004.
- [4] Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Sinacyt), en *El Peruano*, 5 de diciembre de 2015, p. 567978.
- [5] GARCÍA, Fernando. *La investigación tecnológica. Investigar, idear e innovar en ingenierías y ciencias sociales*. México: Editorial Limusa, 2009.
- [6] CHO, W., *et al.* Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demand control in a multi-residential building. *Energy and Building*, 2015, vol. 90.
- [7] DE LA CRUZ, Celso, CARDOSO, W. y FREIRE, T. A Robust Navigation System for Robotic Wheelchairs. *Control Engineering Practice*, 2011, vol.19.
- [8] GUEVARA, Diego. *Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido-viscoso en disposición diagonal*. Tesis de grado (Ing. Civil). Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
- [9] SENGUPTA, A. y BHADAURIA, S. Automated design space exploration of multi-cycle transient fault detectable datapath based on multi-objective user constraints for application specific computing. *Advances in Engineering Software*, 2015, vol. 82.



EDITORIAL

The reality of Engineering Research Methodology

Dr. Celso De La Cruz Casaño

Editor

In Perú, there are many experts on Scientific Research Methodology, however, a few of them are Engineer. Furthermore, most of the books of research methodology (for example [1], [2]) are focused to social science and contain insignificant quantity or nothing of engineering problems, thus, the methodology concepts are only in theory level in Engineering. As consequence, the engineering students have difficulties to elaborate a research project because the miss of handbooks and guides in a suitable methodology for Engineering. The problems to apply an Engineering Research Methodology are many. These problems and the criterions to consider to face them are shown as follows.

The first problem is the confusion in applying the measurement instruments, for example, if the energy efficiency is evaluated in a mechatronics system, the instruments cannot be questionnaires or interviews, they have to be instruments that measure the input energy and the usable work produced by the system; these instruments are not designed or validated, as it is made with questionnaires or interviews, because the factories supply them ready to use in the laboratories, although, they have to be selected.

The second problem is the confusion in the data analysis. In this stage, generally, the objective is to know the correlation between variables and if it is positive or negative; however, in engineering, the existence of positive or negative correlation is known in most of the problems because the knowledge of physics and chemistry sustain this, thus, the research have to be oriented to obtain the mathematic model based in physics and chemistry to describe the phenomenon. For example, obtain the relation between the air flow in a solar collector and the quantity of absorbed energy by the air; it is known for transfer heat theory that more convection heat transfer is obtained when the air flow increase, but, the mathematical model has to be identified (define structure and calculate parameters) to describe the behavior of the solar collector respect to the variables in study.

The third problem is a different treatment to take the samples. For example, when the resistance of a new composite material wants to be known, specimens of the material have to be subjected to tension, flexion and compression testing. In this case the samples are the specimens and the population are every composite material with structure between the characteristics of the new composite material. Therefore, the population is infinite. This is untypical in examples of research methodology books.

The fourth problem is that normally the engineers create its problem solutions in the field of Engineering, therefore, the engineering students tends to do that. However, most of the books of research methodology do not clarify in what stage of the investigation methodology the solution is created. A research method is used in Engineering called the Technology Research [3] - [5] or Technology Development but this theme is taken just a little in the books. Many of





the thesis and research made a design of a prototype, software, structure, and others for a particular case [6] – [9]. These thesis and research are Technology Developments that follow a Design Methodology, for example: a necessity is identified that will be the problem, a research of the current solutions of related problems is performed, solutions are proposed, the best solution is selected using calculus to evaluate them, the solution is implemented in simulation or in a prototype, and finally, the solution is evaluated.

It is important to take into account these criteria at the moment to apply a Research Methodology for Engineering, thus avoid complications and in the worst case restart the research.

References

- [1] HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. *Metodología de la Investigación*. 5.^a ed. México: McGraw Hill, 2010.
- [2] CABALLERO, A. *Guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado*. Lima: Instituto Metodológico Alen Caro, 2006.
- [3] CEGARRA, J. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Diaz de Santos, 2004.
- [4] Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Sinacyt), en *El Peruano*, 5 de diciembre de 2015, p. 567978.
- [5] GARCÍA, Fernando. *La investigación tecnológica. Investigar, idear e innovar en ingenierías y ciencias sociales*. México: Editorial Limusa, 2009.
- [6] CHO, W., *et al.* Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demand control in a multi-residential building. *Energy and Building*, 2015, vol. 90.
- [7] DE LA CRUZ, Celso, CARDOSO, W. y FREIRE, T. A Robust Navigation System for Robotic Wheelchairs. *Control Engineering Practice*, 2011, vol.19.
- [8] GUEVARA, Diego. *Diseño de un edificio apoticado con amortiguadores de fluido-viscoso en disposición diagonal*. Tesis de grado (Ing. Civil). Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
- [9] SENGUPTA, A. y BHADARIA, S. Automated design space exploration of multi-cycle transient fault detectable datapath based on multi-objective user constraints for application specific computing. *Advances in Engineering Software*, 2015, vol. 82.



DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUES RECTANGULARES Y SUS APLICACIONES

Structural design of rectangular tanks and applications

Jim Orihuela Canchari¹, Natividad A. Sánchez Arévalo²

¹ Bachiller en Ingeniería Civil, Universidad Continental
Correo electrónico: yeytjim10@hotmail.com

² Magíster en Ingeniería Civil, docente del curso Concreto Armado de la Universidad Continental
Correo electrónico: nsanchez@continental.edu.pe

Resumen. El presente artículo da a conocer el análisis y diseño de algunas de las múltiples aplicaciones de los tanques rectangulares contenedores de líquidos. El diseño de este tipo de tanques rectangulares debe garantizar, además de la adecuada resistencia, la durabilidad y la impermeabilidad para que pueda funcionar correctamente durante su vida útil. Para el análisis de las paredes de los tanques rectangulares, se emplearon metodologías basadas en el comportamiento estructural natural de las losas, unidireccional o bidireccional, las que dependen de las características geométricas y condiciones de borde en los apoyos del paño (empotrado, simplemente apoyado o combinación de estos) ante la acción de las cargas ejercidas por el agua, suelo y sobrecargas, las cuales pueden ser triangulares y/o uniformemente distribuidas.

Cuando se presenta el caso de comportamiento unidireccional, el análisis suele ser sencillo y accesible a cualquier método de análisis estructural. Sin embargo, en el caso de losas con comportamiento bidireccional, debe recurrirse a análisis basados en matemáticas avanzadas, por lo que es necesario el empleo de tablas que ofrecen resultados aproximados a la realidad, tales como: las tablas de la Asociación del Cemento Portland (PCA) [1], las tablas de Bares [2], entre otras. Para el diseño de las paredes del tanque rectangular, se ha verificado el correcto funcionamiento y se garantiza, fundamentalmente, la impermeabilidad, motivo por el cual se utilizó la metodología de diseño especificada en el ACI 350 [3], la cual toma en cuenta tres aspectos fundamentales: diseño por resistencia en etapa última; durabilidad y control de fisuras en etapa de servicio.

Para una mejor comprensión del presente, se desarrolla el diseño de un reservorio apoyado en el suelo.

Palabras clave: Resistencia; durabilidad; impermeabilidad; tablas de la PCA; tablas de Bares; control de fisuras.

Abstract. The present article shows the analysis and design of some of the multiple applications of rectangular liquid holding tanks. The design of said rectangular tanks must guarantee, beyond adequate resistance, durability and impermeability for the correct functioning during its whole use.

For the analysis of the water tank's walls, natural structural behavior based methodologies were used on the slabs, unidirectional and bidirectional, which depend on geometric properties and the sector's support conditions (recessed, simply supported or the combination of the before mentioned) by the action of the charge caused by water bodies, terrain and live charges, which can be triangular or uniformly distributed.

When the case of unidirectional behavior presents itself, the analysis tends to be simple and accessible to any method of structural analysis. Nevertheless, in case of slabs that presents bidirectional behavior, its necessary to execute advanced math based analysis, which demands the use of tables that offer approximate results, for example Portland Cement Association tables, Bares tables, among others.

For the design of the rectangular tank's walls it has been verified the correct functioning, guaranteeing primarily the impermeability, reason for which the specified design methodology of the ACI 350 [3], that considers three fundamental aspects: ultimate stage resistance design, durability and fissure control on service stage.

For better comprehension of the previous statements, a design for a ground supported reservoir will be developed.

Keywords: Resistance; Durability; Impermeability; PCA tables; Bares tables; fissure control.



I. INTRODUCCIÓN

Los objetivos del presente artículo son los siguientes:

1. Dar a conocer las diversas aplicaciones de los tanques rectangulares de concreto armado.
2. Dar a conocer el proceso de análisis y diseño estructural de los tanques rectangulares de concreto armado.

Para dicho fin se desarrollan los siguientes temas:

- Aplicaciones de los tanques rectangulares en las obras civiles.
- Análisis estructural de los tanques rectangulares.
- Métodos de diseño para tanques rectangulares basados en la *NTE E.060* [4] y el *Código Ambiental ACI 350*.
- Ejemplo del diseño de un reservorio apoyado utilizando las tablas de la PCA y basado en las recomendaciones del *ACI 350*.

II. APLICACIONES DE LOS TANQUES RECTANGULARES

En el Perú y en otras partes del mundo, existe la necesidad de almacenamiento, abastecimiento, tratamiento y conducción de agua; las obras civiles que sirven para satisfacer aquellas necesidades, generalmente, son los tanques, los cuales deben tener un proceso constructivo económico, 100 % resistentes, durables e impermeables. Esto se consigue mediante el empleo de métodos de diseño, basados en el *Código del Medio Ambiente ACI-350* [3]. Uno de los materiales de construcción que garantiza los requisitos que anteceden para el logro de tanques funcionales, y que además existe disponibilidad de mano de obra por su fácil manejo constructivo, es el concreto armado [5].

Los tanques rectangulares cumplen múltiples funciones en diversas obras de la ingeniería civil [3], las cuales contribuyen a mejorar el medio ambiente, satisfacer necesidades requeridas por los seres humanos, animales y plantas, como se mencionan a continuación:

- Almacenamiento y abastecimiento de agua potable: tanques superficiales (reservorios apoyados), tanques elevados, tanques cisterna.
- Almacenamiento y abastecimiento para riego: reservorios de almacenamiento de agua para riego.
- Con fines recreativos-deportivos: piscinas.

- Con fines productivos: estanques para cultivo de peces.
- Tratamiento de agua potable: plantas potabilizadoras.
- Tratamiento de aguas residuales: desarenadores, sedimentadores, tanque imhoff, lecho de secado, laguna de estabilización, tanque séptico.
- Conducción de aguas: puente canal, conducto cubierto.

Los tanques rectangulares se limitan a volúmenes que permitan obtener espesores económicos de sus elementos, porque sus componentes (paredes, fondo y/o tapa) trabajan a flexión y fuerza cortante, motivo por el cual se requiere que las dimensiones sean lo suficiente como para garantizar rigidez a flexión y resistencia a fuerza cortante. Cuando se sobrepasan estos espesores, será recomendable utilizar tanques con elementos curvos tipo cáscara y/o estructuras laminares, los cuales basan su comportamiento estructural en esfuerzos axiales de tracción y/o compresión, lo que permite obtener secciones de menor espesor (por ej., tanques cilíndricos o tanques intze que sirven para almacenar grandes volúmenes de agua).

III. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS TANQUES RECTANGULARES

El análisis de las paredes de los tanques rectangulares se hace teniendo en cuenta las metodologías basadas en el comportamiento estructural de las losas, unidireccional o bidireccional, las cuales dependen de las características geométricas y condiciones de borde en los apoyos del paño (empotrado, simplemente apoyado o una combinación de estos) ante la acción de las cargas estáticas ejercidas por la presión del agua, presión del suelo, cuando los tanques sean enterrados (véase Figura 1), y sobrecargas, que pueden ser triangulares y/o uniformemente distribuidas.

Para el caso de losas unidireccionales, el análisis se efectúa aplicando las metodologías clásicas existentes; en el caso de las losas bidireccionales, cuyo análisis es más complicado, se emplean tablas cuyos resultados son aproximados a la realidad, tales como: PCA, Bares, Kalmanok, entre otras.

Para el desarrollo del presente artículo, se aplican las tablas de la PCA, que son más fáciles de emplear.

Para el caso de zonas sísmicas, se analizarán los efectos hidrodinámicos del agua en interacción con los

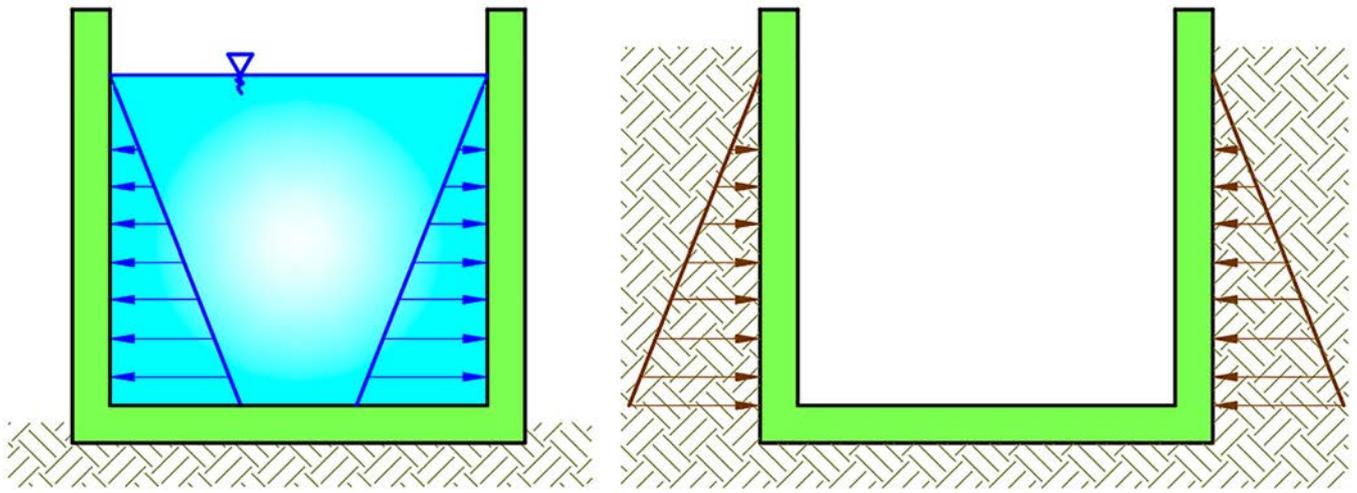


Figura 1. Presiones de agua y presiones de suelo

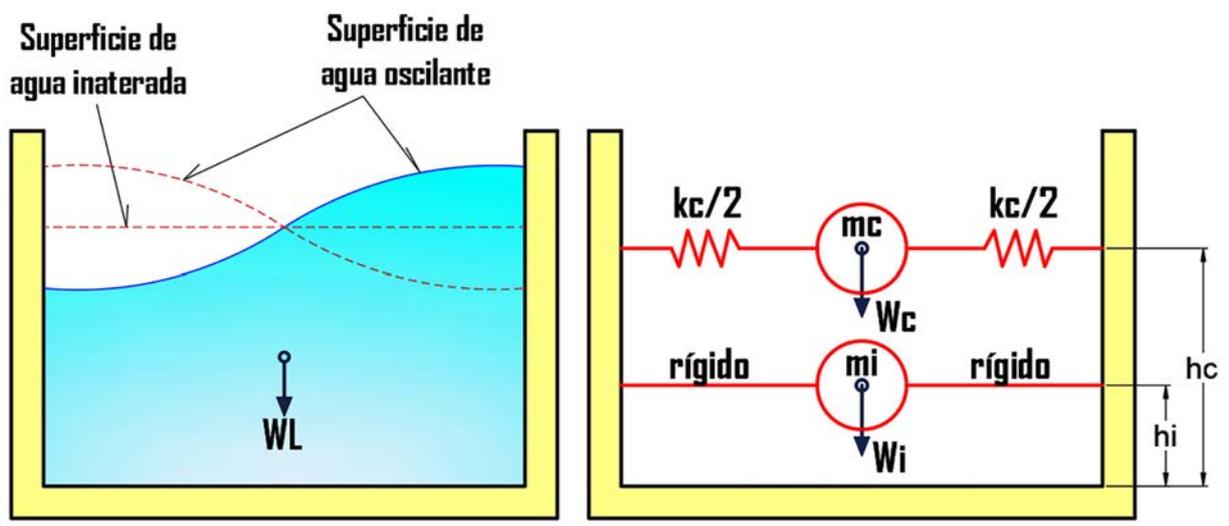


Figura 2. Sistema dinámico equivalente para tanques de agua

componentes del tanque (paredes, fondo y tapa), aun cuando Harmsen [5] y Pavón [6] no consideran relevante la acción de las fuerzas sísmicas en tanques rectangulares de dimensiones limitadas, como es usual.

George W. Housner [7] define a la masa de agua en movimiento como masa impulsiva (m_i) y masa convectiva (m_c). La masa impulsiva es la que se mueve en conjunto con la estructura; la masa convectiva es producida por la oscilación del agua (véase Fig. 2).

Las fuerzas impulsivas (W_i) y convectivas (W_c) se determinan con las expresiones desarrolladas por Housner, las cuales se encuentran también en el ACI 350.3 [8].

$$W_i = W_L \left[\frac{\tanh\left(\frac{0.866 \cdot L}{H_L}\right)}{0.866 \cdot \frac{L}{H_L}} \right]$$

$$W_c = W_L \left[0.264 \left(\frac{L}{H_L} \right) \tanh\left(3.16 \frac{H_L}{L}\right) \right]$$

Con W_i y W_c se determinan las presiones hidrodinámicas en la base de las paredes del tanque, cuyo procedimiento se muestra en el ejemplo de diseño ítem 5.3. Cabe mencionar que el tema tratado se limita a los tanques rectangulares superficiales y/o enterrados.

IV. MÉTODOS DE DISEÑO

4.1. Método de diseño por resistencia [3]

Según la NTE E.060, el Método de Diseño por Resistencia (Artículo 9.1.1) es el recomendado para diseñar estructuras de concreto armado.

Artículo 9.1.1. Las estructuras y elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones **resistencias de diseño** (ϕR_n) por



lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u$$

Donde ϕ es el factor de reducción de resistencia, menor que la unidad, que corresponda.

1. Flexión, sin carga axial $\phi = 0,90$
2. Cortante y torsión $\phi = 0,85$

Aunque en la Norma Técnica E.060 no existe un capítulo con especificaciones para el diseño de tanques, se han considerado las disposiciones del Artículo 9.2 (Resistencia requerida) y se complementa con las disposiciones del Código Ambiental ACI 350 para el diseño de estructuras contenedoras de líquidos, el cual recomienda procedimientos para el uso combinado del método de esfuerzos admisibles, con el método de la resistencia.

El ACI 350 incrementa las cargas últimas (factorizadas) obtenidas con el método de resistencia (E.060), multiplicándolas por un coeficiente de durabilidad sanitaria «S», que, dependiendo de los esfuerzos, tiene los siguientes valores:

$$S = 1.3, \text{ para flexión}$$

$$S = 1.65, \text{ para tracción directa}$$

$$S = 1.3, \text{ para cortante}$$

De esta manera, los factores de carga para el diseño estructural de los tanques son los siguientes:

- a) Para elementos estructurales sometidos a carga muerta (CM) y a carga viva (CV), la resistencia requerida es $U = 1.3 \times (1.4CM + 1.7CV)$.
- b) Para estructuras sometidas a empujes de suelo (CE), la resistencia requerida es

$$U = 1.3 \times (1.4CM + 1.7CV + 1.7 CE).$$

- c) Para estructuras sometidas a presión de líquidos (CL), la resistencia requerida (según E.060) es $U = 1.4CM + 1.7CV + 1.4 CL$; sin embargo, para CL, el ACI 350 recomienda emplear el factor 1.7 en lugar de 1.4. Entonces la combinación de carga cuando haya presión de líquidos será:

$$U = 1.3 \times (1.4CM + 1.7CV + 1.7 CL)$$

Para el caso de fuerzas sísmicas, el ACI 350 nos muestra las siguientes combinaciones, las cuales son afectadas también por el coeficiente de durabilidad sanitaria:

$$U = 1.3 \times (0.9D + 1.2F + 1.0E + 1.6H)$$

$$U = 1.3 \times (1.2D + 1.2F + 1.0E + 1.6H + 1.0L + 0.2S)$$

Donde: D = carga muerta, F = presión estática del fluido, E = cargas de sismo, H = presión del suelo, L = carga viva, S = carga de nieve.

4.2. Verificación del correcto funcionamiento del tanque bajo cargas de servicio (control de fisuras)

Los resultados obtenidos con el método de diseño por resistencia deberán ser verificados bajo cargas de servicio, según la NTE E.060

Artículo 9.1.2 Las estructuras y los elementos estructurales deberán cumplir además con todos los demás requisitos de esta Norma, para garantizar un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio.

Para prevenir fugas y garantizar la impermeabilidad que requieren los tanques, el Código Ambiental ACI 350 recomienda realizar el control de fisuras en términos de que el ancho de estas sea el mínimo posible. Este control se consigue proporcionando una adecuada distribución y verificando el espaciamiento máximo «S» de los aceros de refuerzo. Este espaciamiento máximo se evalúa en la etapa elástica, bajo cargas de servicio, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_{\max} = \frac{Z^3}{2 dc^2 fs^3}$$

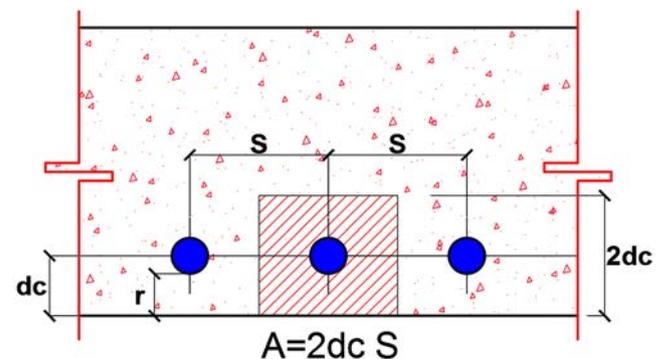


Figura 3. Esquema para el cálculo del espaciamiento máximo para control de fisuras

Donde:

$$Z = fs \sqrt[3]{dc A}$$

S = separación de las varillas en cm

$$A = 2dcS$$

dc = recubrimiento del concreto medido desde la fibra extrema de tensión, al centro de la varilla en cm.

fs = esfuerzo en el acero en condiciones de servicio, en kg/cm²

$$fs = \frac{Ms}{0.9 d As}$$

M_s = momento flector en condiciones de servicio

A_s = acero colocado

d = Peralte efectivo (en función del recubrimiento « r »)

Los valores de Z , según el ACI 350, están en función a la exposición al ambiente:

- Para condiciones normales $Z \leq 20\ 580$ kg/cm, que corresponde a rajaduras de 0,025 cm.
- Para condiciones severas $Z \leq 17\ 000$ kg/cm, que corresponde a rajaduras de 0,020 cm.

Tabla 1. Recubrimientos mínimos y peralte efectivo

Elemento	r (cm)	d (cm)
Paredes	5,0	e-6
Zapatas y losas de fondo en contacto con el suelo	7,5	h-10
Parte superior de zapatas y losas de fondo	5,0	h-6
Losa de tapa	5,0	e-6

V. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN RESERVOIRIO APOYADO CON LAS TABLAS DE LA PCA

Se diseña un reservorio con tapa, apoyado sobre la superficie del terreno, cuya función es el almacenamiento de agua potable y tiene las siguientes características:

- Dimensiones internas en planta: 4,5 x 4,5 m.
- Altura: 3,00 metros
- Capacidad: 50 m³.

5.1. Dimensionamiento de las paredes y losa de tapa del reservorio

Luz larga / luz corta = 4,5/3,0 = 1,5 < 2 => Las paredes tienen comportamiento bidireccional. Entonces, el espesor mínimo (e) de las paredes del reservorio, según ACI 350, es:

- $e = l/30 = 3/30 = 0.10$ m
- $h \geq 3.0$ m => $e_{\min} = 0.30$ m

Como las paredes del reservorio tienen una altura de 3 m, se ha utilizado el espesor mínimo de $e = 0.30$ m de acuerdo a la consideración del ACI 350 (Artículo 14.6.2).

De acuerdo al dimensionamiento, las dimensiones del reservorio son las que se muestran en la Figura 4.

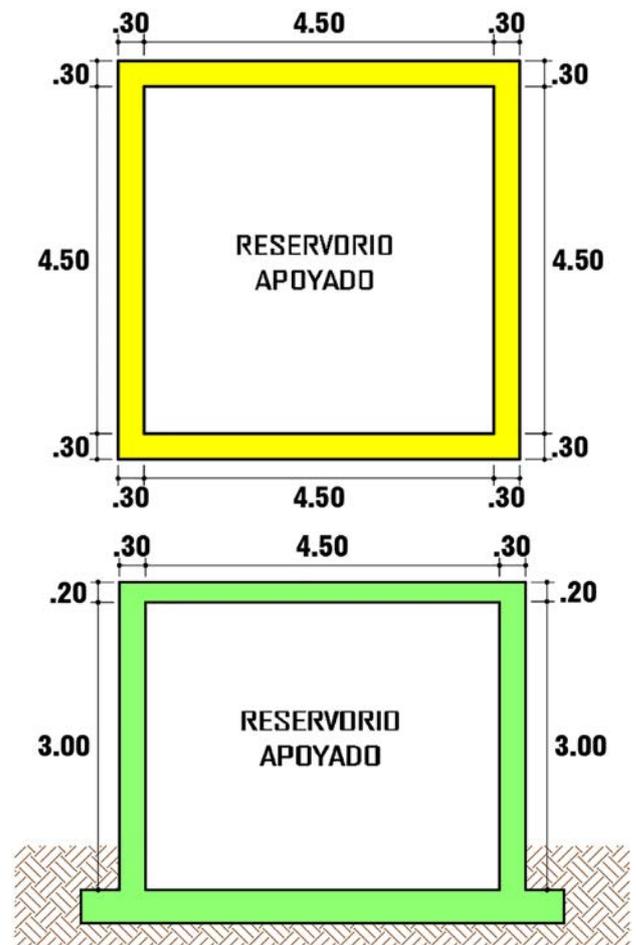


Figura 4. Dimensiones del reservorio en planta y en elevación

5.2. Determinación de las condiciones de borde en las paredes y losa de tapa del reservorio

El tanque está conformado por cuatro muros continuos entre sí; sus bordes laterales y el borde inferior con su cimentación son empotrados (ver Fig. 5).

Para el caso del borde superior, se verifican las condiciones de apoyo, teniendo en cuenta la relación de rigidez entre las paredes y la tapa. La expresión recomendada por el ACI para evaluar las condiciones de apoyo, pared-losa, mediante la relación de rigideces a flexión ($K_{\text{pared}} / K_{\text{tapa}}$), se determina como sigue:

- $K_{\text{pared}} / K_{\text{tapa}} > 8 \rightarrow$ Empotrado
- $K_{\text{pared}} / K_{\text{tapa}} < 8 \rightarrow$ Simplemente apoyado

Donde:

$$K = 4EI/L;$$

E = módulo de elasticidad del concreto;

$$I = bh^{3/12},$$

h = espesor de pared o losa tapa,

L = longitud del elemento.

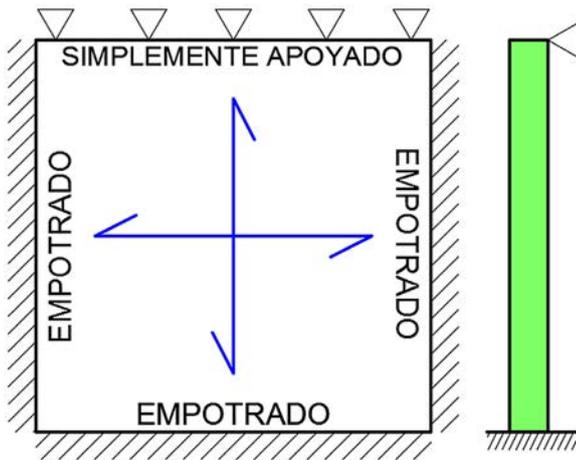


Figura 5. Condiciones de borde de las paredes y tapa del reservorio

El momento de inercia (I) se calcula para una sección de elemento de ancho $b = 1$ m.

La relación de rigideces $K_{\text{pared}} / K_{\text{tapa}} = 5.27 < 8$. Entonces, la losa de tapa se considera simplemente apoyada en las paredes del reservorio (véase Fig. 5); sin embargo, le adicionaremos en el apoyo un momento de monolitismo de $wL^2/16$ (Artículo 8.3.4 de la E.060).

Tabla 2. Cálculo de la relación de rigideces entre la pared y la tapa del reservorio

Elemento	I	K	$K_{\text{pared}} / K_{\text{tapa}}$
Pared	225 000	731,71	5,27
Tapa	66666,67	138,89	

5.3. Condiciones de carga para el análisis de las paredes del reservorio

Condición de carga única: Prueba para fugas

Como se trata de un reservorio superficial apoyado en el suelo, solo se considera la condición de carga más crítica cuando el tanque está completamente lleno. Esta consideración puede presentarse en cualquiera de los dos casos: 1) Para verificar la presencia de fugas del líquido durante el proceso constructivo y 2) Ante la probabilidad de ocurrencia de que se malogre el flotador del tanque.

Presión estática del agua (distribución triangular):

$$q_1 = \gamma H = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 3.00 \text{ m} = 3000 \text{ kg/m}^2$$

La presión dinámica del agua se determina mediante las expresiones de cálculo desarrolladas por Housner y explicadas también en el ACI 350.3.

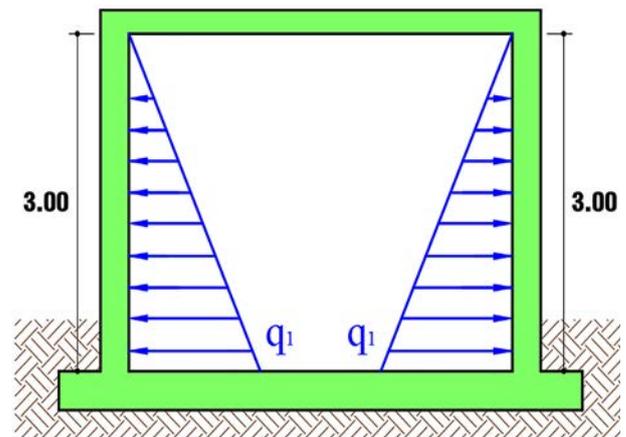


Figura 6. Condición de carga única para el diseño del reservorio

Las medidas eje a eje del reservorio, según el dimensionamiento, son:

- $L_x = L_y = B = 4,80$ m
- Altura de los muros $H = 3,00$ m
- Espesor de los muros $t_w = 0,20$ m
- Altura del líquido $H_L = 2,70$ m
- Borde libre = $0,30$ m

Teniendo en cuenta el sistema dinámico equivalente para tanques de agua propuesto por Housner (véase Fig. 2), las fuerzas dinámicas se determinan de la siguiente manera:

$$w_i = W_L \left[\frac{\tanh\left(0.866 \frac{L}{H_L}\right)}{0.866 \frac{L}{H_L}} \right] = 36852.54 \text{ kg}$$

$$w_c = W_L \left[0.264 \left(\frac{L}{H_L} \right) \tanh\left(3.16 \frac{H_L}{L}\right) \right] = 27573.72 \text{ kg}$$

Las fuerzas dinámicas laterales se determinan con los valores sísmicos: factor de zona (Huancayo) $Z = 0.35$, factor de suelo $S = 1$, factor de importancia $I = 1.3$, factor de modificación de respuesta $R_{wi} = 2.75$ y $R_{wc} = 1.0$, factor de amplificación sísmica $C_i = 0.60$ y $C_c = 0.40$:

– Fuerza producida por masa impulsiva

$$P_i = ZSIC_i \times \frac{W_i}{R_{wi}}$$

$$P_i = 0.35 \times 1.0 \times 1.3 \times 0.60 \times \frac{36852.54 \text{ kg}}{2.75}$$

$$P_i = 3658.45 \text{ kg}$$

– Fuerza producida por masa convectiva

$$P_c = ZSIC_c \times \frac{W_c}{R_{wc}}$$

$$P_c = 0.35 \times 1.0 \times 1.3 \times 0.40 \times \frac{27573.72 \text{ kg}}{1}$$

$$P_c = 5018.42 \text{ kg}$$

La presión en la base de los muros se determina en la Figura 7.

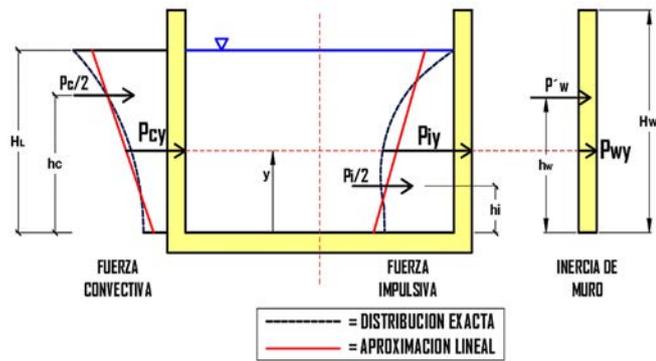


Figura 7. Fuerzas dinámicas en el tanque

Presión dinámica convectiva unitaria

$$P_{cy} = \frac{0.5P_c [4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \left(\frac{y}{H_L}\right)]}{H_L^2} = 371.03 \text{ kg/m}$$

$$p_{c(y=0)} = \frac{P_{cy}}{B} = \frac{371.03}{4.8} = 77.30 \text{ kg/m}^2$$

Presión dinámica impulsiva unitaria

$$P_{iy} = \frac{0.5P_i [4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \left(\frac{y}{H_L}\right)]}{H_L^2} = 1185.61 \text{ kg/m}$$

$$p_{i(y=0)} = \frac{P_{iy}}{B} = \frac{1185.71}{4.8} = 247.02 \text{ kg/m}^2$$

Fuerza de inercia unitaria

$$P_{wy} = \frac{ZSI_e C_i}{R_{wi}} (\varepsilon \gamma_c B t_w) / 12 = 20.87 \text{ kg/m}$$

$$p_{wy} = \frac{P_{wy}}{B} = 4.35 \text{ kg/m}^2$$

Presión hidrodinámica por efecto de la aceleración vertical:

$$p_{vy} = \ddot{u}_v q_{hy}$$

$$\ddot{u}_v = 0.4S_{DS} \left(\frac{2/3}{R_i}\right) \geq 0.2S_{DS} = 0.12$$

$$q_{hy} = \gamma(H_L - y) = 1000(2.7 - 0) = 2700 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Entonces: } p_{vy} = 0.12 \times 2700 = 324 \text{ kg/m}^2$$

La presión hidrodinámica total (Py) en la base se determina con el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados:

$$P_y = \sqrt{(P_{iy} + P_{wy})^2 + P_{cy}^2 + P_{vy}^2}$$

$$P_y = \sqrt{(247.02 + 4.35)^2 + 77.30^2 + 324^2} = 417.29 \text{ kg/m}^2$$

Una vez calculadas las presiones estáticas y dinámicas, pasamos a determinar las cargas últimas utilizando las combinaciones de carga mostradas en el ítem 3.1.

Para cargas estáticas, tenemos:

$$U = 1.7 \text{ CL}$$

$$U = 1.7 \times 3000 = 5100 \text{ kg/m}^2$$

Para cargas dinámicas, tenemos:

$$U = 1.2F + 1.0E$$

$$U = 1.2 \times 3000 + 417.29 = 4017.29 \text{ kg/m}^2$$

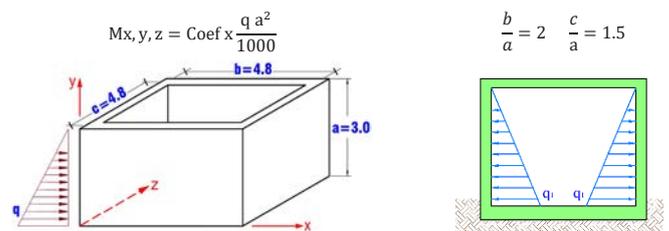
Como podemos ver la carga dinámica última es menor a la carga estática última, lo cual significa que las fuerzas sísmicas no alterarán el comportamiento de la estructura. Por lo tanto, el diseño del tanque se realizará para la acción de cargas estáticas.

5.4. Diseño por flexión de las paredes del reservorio para la condición de carga única

Para el diseño por flexión, se calculan los momentos flectores que se generan en las paredes del tanque, tanto en la dirección vertical como en la horizontal, para ello utilizamos los coeficientes de la Tabla 3, que corresponden al Caso 4 de la PCA, el cual corresponde a las condiciones de borde: 1) simplemente apoyado en el borde superior y empotrado en los bordes laterales y en la cimentación. Para ingresar a estas tablas, se requiere definir las relaciones de dimensiones largo/alto (b/a) y ancho/alto (c/a), correspondiente a cada uno de los lados que conforman las paredes del tanque. Para el diseño del reservorio, las paredes tienen dimensiones iguales para los lados largo y corto (planos X-Y e Y-Z respectivamente), es decir b = c, se obtienen así relaciones b/a = c/a = 1.6. Como las tablas de la PCA no presentan valores para estas relaciones, después de un análisis de la variación de estas tablas, para las relaciones especificadas en ellas, se ha optado por elegir a las que corresponden a relaciones de lados b/a=2.0* y c/a=1.5¹.

Caso 4

Borde superior simplemente apoyado, bordes laterales y fondo empotrados



1 Tablas mostradas en el capítulo 3 de la PCA, página 3-41.


Tabla 3. Coeficientes para el cálculo de momentos flectores en las paredes del reservorio (PCA)

		Coeficientes para Mx						Coeficientes para My						Coeficientes para Mz					
		Esq.	0,1b 0,9b	0,2b 0,8b	0,3b 0,7b	0,4b 0,6b	0,5b*	Esq.	0,1b 0,9b	0,2b 0,8b	0,3b 0,7b	0,4b 0,6b	0,5b	Esq.	0,1c 0,9c	0,2c 0,8c	0,3c 0,7c	0,4c 0,6c	0,5c
Muro largo	Borde sup.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	9	6	3	0
	0,9a	-2	1	4	6	8	8	-11	-1	2	3	3	3	1	9	8	5	3	0
	0,8a	-4	2	8	12	15	16	-20	-2	4	6	6	6	1	7	7	4	2	0
	0,7a	-6	3	11	17	21	22	-28	-3	6	8	8	8	0	5	5	3	1	0
	0,6a	-7	4	14	21	24	25	-34	-3	7	10	10	9	0	2	2	1	0	0
	0,5a**	-7	5	15	22	25	26	-36	-3	8	10	10	9	0	1	1	1	1	0
	0,4a	-7	5	15	22	25	26	-34	-2	7	9	8	8	0	4	4	3	1	0
	0,3a	-6	4	10	12	13	13	-28	-1	6	6	5	5	0	7	7	4	2	0
	0,2a	-4	1	1	-1	-2	-3	-18	0	3	2	1	1	1	8	7	4	2	0
	0,1a	-1	-6	-15	-22	-26	-27	-6	-1	-2	-4	-5	-5	1	7	5	3	1	0
Borde inf.	0	-19	-41	-54	-60	-62	0	-4	-8	-11	-12	-12	0	0	0	0	0	0	

(*) Coeficientes máximos a 0,5b (parte central) del muro largo para el cálculo de momentos verticales Mx (véase Figura 5)

(**) Coeficientes máximos a una altura 0,5a del muro largo para el cálculo de momentos horizontales My (véase Figura 5)

		Coeficientes para Mz						Coeficientes para My						Coeficientes para Mz					
		Esq.	0,1c 0,9c	0,2c 0,8c	0,3c 0,7c	0,4c 0,6c	0,5c	Esq.	0,1c 0,9c	0,2c 0,8c	0,3c 0,7c	0,4c 0,6c	0,5c	Esq.	0,1c 0,9c	0,2c 0,8c	0,3c 0,7c	0,4c 0,6c	0,5c
Muro corto	Borde sup.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	9	7	4	0
	0,9a	-2	0	2	4	5	6	-11	-3	1	3	4	4	1	7	8	6	3	0
	0,8a	-4	0	5	8	10	11	-20	-5	2	6	7	7	1	6	7	5	3	0
	0,7a	-6	1	7	12	15	16	-28	-7	3	8	10	10	0	5	5	4	2	0
	0,6a	-7	1	9	14	18	19	-34	-8	4	10	11	12	0	2	2	1	1	0
	0,5a	-7	1	10	16	19	21	-36	-8	5	10	12	12	0	0	1	1	1	0
	0,4a	-7	2	10	15	18	19	-34	-6	5	9	10	11	0	3	4	3	2	0
	0,3a	-6	2	7	11	12	13	-28	-4	4	7	8	8	0	6	7	5	3	0
	0,2a	-4	0	2	1	1	0	-18	-2	2	3	3	3	1	7	8	6	3	0
	0,1a	-1	-4	-10	-16	-20	-21	-6	-1	-1	-2	-3	-3	1	6	6	4	2	0
Borde inf.	0	-12	-31	-44	-51	-53	0	-2	-6	-9	-10	-11	0	0	0	0	0	0	

Para el cálculo de momentos de diseño, se empleará la expresión dada por la PCA, donde:

$a = 3.00$ m, $b = c = 4.80$ m y la carga debido a la presión del agua $q_1 = 3000$ kg/m².

$$M_{x,y,z} = \text{Coef} \times \frac{q a^2}{1000} = \text{Coef} \times \frac{3000 \times 3^2}{1000} = \text{Coef} \times 27 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

El ACI 350 recomienda amplificar los momentos de diseño en estructuras sanitarias, multiplicando por: 1) el factor 1,7, por efectos de empuje del agua y 2) el factor de durabilidad sanitaria $S=1,3$; de la siguiente manera:

$$M_{u_{x,y,z}} = \text{coef sanitario} \times \text{coef empuje} \times M_{x,y,z} = 1.3 \times 1.7 \times 27 \times \text{coef} = 59.67 \times \text{coef}$$

Con esta expresión se determinan los momentos máximos verticales (Mx) y horizontales (My), multiplicando por sus respectivos coeficientes presentados en la Tabla 3; con dichos valores se diseña el acero correspondiente.

En la Tabla 4 se observan momentos verticales en el muro largo (plano X-Y), los cuales son máximos en el borde inferior central para $X = 2.40$ m.

Tabla 4. Momentos Mx para diseño del acero vertical en el muro largo del reservorio para la condición de carga única

Momentos Mx-Muro largo						
x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40
y	4,80	4,32	3,84	3,36	2,88	
3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	-119,34	59,67	238,68	358,02	477,36	477,36
2,40	-238,68	119,34	477,36	716,04	895,05	954,72
2,10	-358,02	179,01	656,37	1014,39	1253,07	1312,74
1,80	-417,69	238,68	835,38	1253,07	1432,08	1491,75
1,50	-417,69	298,35	895,05	1312,74	1491,75	1551,42 *
1,20	-417,69	298,35	895,05	1312,74	1491,75	1551,42 *
0,90	-358,02	238,68	596,70	716,04	775,71	775,71
0,60	-238,68	59,67	59,67	-59,67	-119,34	-179,01
0,30	-59,67	-358,02	-895,05	-1312,74	-1551,42	-1611,09
0,00	0,00	-1133,73	-2446,47	-3222,18	-3580,20	-3699,54 *

(*) Momentos verticales máximos en el muro largo del reservorio

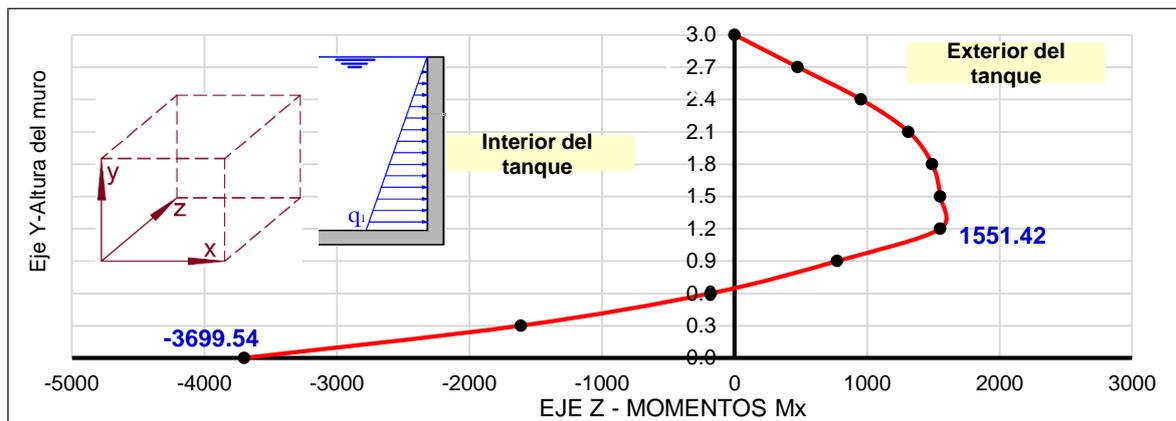


Figura 8. Diagrama de momentos verticales máximos en el muro del reservorio para la condición de carga única

En la Figura 8 se observa que el momento flector en la base del muro tracciona la cara interior en contacto con el agua, y hacia la parte central la tracción por flexión sucede hacia la cara exterior del muro del tanque con un menor valor del que sucede en la base.

Con los valores de momentos máximos de la Figura 8 se diseña el acero vertical, tal y como se muestra en la Tabla 5.

En la Tabla 6 se observan los momentos horizontales en el muro largo (plano X-Y), los cuales son máximos en los bordes del muro para una altura Y = 1.50 m, como se ilustra en la Figura 9.

En la Figura 8 se observa que el momento flector en la base del muro tracciona la cara interior en con-

tacto con el agua, y hacia la parte central la tracción por flexión sucede hacia la cara exterior del muro del tanque con un menor valor del que sucede en la base.

Con los valores de momentos máximos de la Figura 8 se diseña el acero vertical, tal y como se muestra en la Tabla 5.

En la Tabla 6 se observan los momentos horizontales en el muro largo (plano X-Y), los cuales son máximos en los bordes del muro para una altura Y = 1.50 m, como se ilustra en la Figura 9.

Con los valores de momentos máximos de la Figura 9 se diseña el acero vertical, tal y como se muestra en la Tabla 7.



Tabla 5. Diseño del acero vertical en el muro largo del reservorio para la condición de carga única

Diseño del acero vertical-Muro largo				
Base	b	100	100	cm
Peralte	h	30	30	cm
Peralte efectivo	d	24	24	cm
Momento	Mu	-3699,54	1551,42	Kg-m
	ku	6,42	2,69	
Cuantía requerida	ρ	0,0017	0,0011	
Cuantía mínima	ρ min	0,0033	0,0033	
	$4/3 \rho_{req}$	0,0023	0,0015	
Cuantía seleccionada	ρ	0,0030*	0,0030*	
As calculado	As cal	7,20	7,20	cm²
Refuerzo elegido		†1/2»	†1/2»	
Espaciamiento	s	0,176	0,176	m
Acero colocado	As col	Ø 1/2»@ 0,175	Ø 1/2»@ 0,175	
Acero colocado	As col	7,62	7,62	cm²
Refuerzo colocado en		Cara interior del tanque	Cara exterior del tanque	

* Acero vertical mínimo de acuerdo al ACI 350 artículo 14.3.2.

† Tamaño mínimo de barra de acero de acuerdo al ACI 350 artículo 7.12.2.2.

Tabla 6. Momentos M_y para diseño del acero horizontal en el muro del reservorio para la condición de carga única

Momentos M_y - Muro largo						
y \ x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40
	4,80	4,32	3,84	3,36	2,88	
3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	-656,37	-59,67	119,34	179,01	179,01	179,01
2,40	-1193,40	-119,34	238,68	358,02	358,02	358,02
2,10	-1670,76	-179,01	358,02	477,36	477,36	477,36
1,80	-2028,78	-179,01	417,69	596,70	596,70	537,03
1,50	-2148,12 *	-179,01	477,36	596,70 *	596,70 *	537,03
1,20	-2028,78	-119,34	417,69	537,03	477,36	477,36
0,90	-1670,76	-59,67	358,02	358,02	298,35	298,35
0,60	-1074,06	0,00	179,01	119,34	59,67	59,67
0,30	-358,02	-59,67	-119,34	-238,68	-298,35	-298,35
0,00	0,00	-238,68	-477,36	-656,37	-716,04	-716,04

(*) Momentos horizontales máximos en el muro largo del reservorio

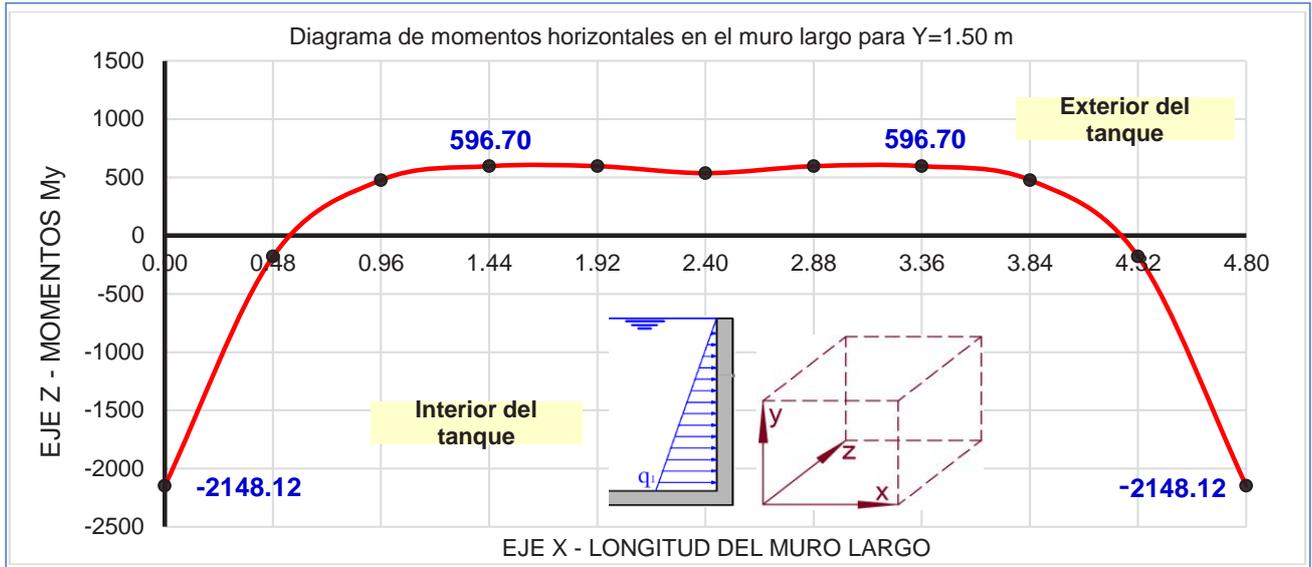


Figura 9. Diagrama de momentos horizontales máximos en el muro largo del reservorio para la condición de carga única

Tabla 7. Diseño del acero horizontal en el muro largo del reservorio para la condición de carga única

Diseño del acero horizontal-Muro largo				
Base	b	100	100	cm
Peralte	h	30	30	cm
Peralte efectivo	d	24	24	cm
Momento	Mu	-2148,12	596,70	kg-m
	ku	3,73	1,04	
Cuantía requerida	ρ	0,0010	0,0003	
Cuantía mínima	ρ_{min}	0,0033	0,0033	
	$4/3 \rho_{req}$	0,0013	0,0004	
Cuantía seleccionada	ρ	0,0030 *	0,0030 *	
As calculado	As cal	7,20	7,20	cm ²
Refuerzo elegido		† 1/2»	† 1/2»	
Espaciamiento	s	0.176	0,176	m
Acero colocado	As col	Ø 1/2»@ 0.175	Ø 1/2»@ 0,175	
Acero colocado	As col	7,62	7,62	cm ²
Refuerzo colocado en		Cara interior del tanque	Cara exterior del tanque	

* Acero horizontal mínimo de acuerdo al ACI 350, artículo 14.3.3.

† Tamaño mínimo de barra de acero de acuerdo al ACI 350, artículo 7.12.2.2.

5.5. Control de fisuras para la condición de carga única

El control de fisuras se realiza bajo cargas de servicio para verificar el espaciamiento máximo del acero de refuerzo y garantizar la impermeabilidad de las paredes del reservorio.

El máximo momento de flexión vertical empleado en el diseño es $M_{ux} = 3699.54$ kg-m, cuyo refuerzo calculado es $\emptyset 1/2'' @ 0.175$ m.

Como el diseño es en la etapa elástica, se determina el máximo momento de flexión en la etapa de servicio:

$$M_s = \frac{M_u}{1.3 \times 1.7} = \frac{3699.54}{1.3 \times 1.7} = 1674.00 \text{ kg} - \text{m}$$

El esfuerzo en el refuerzo calculado para las cargas de servicio es:

$$A_s = 7.62 \text{ cm}^2$$

$$d = 30 - 6 = 24 \text{ cm}$$

$$f_s = \frac{M_s}{0.9 d A_s} = \frac{167400}{0.9 \times 24 \times 7.62}$$

$$f_s = 1017.06 \text{ kg/cm}^2$$

Según el ACI 350 (Artículo C 10.6.4), f_s se puede tomar como el 45 % de f_y :

$$f_s = 0.45 \times 4200 \text{ kg/cm}^2 = 1890 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces, podemos trabajar con el promedio:

$$(1017.06 + 1890) / 2 = 1453.53 \text{ kg/cm}^2$$

El espaciamiento máximo para el control de grietas es:

- Para condiciones severas $z = 17000$ kg/cm ancho de fisura de 2 mm
- $d_c = r + db/2 = 5 + 1.27/2 = 5.63$ cm

$$S_{\text{máx}} = \frac{0.5 z^3}{d_c^2 f_s^3} = \frac{0.5 \times 17000^3}{5.63^2 \times 1453.53^3}$$

$$= 25 \text{ cm}$$

$25 \text{ cm} > 17.5 \text{ cm}$, por lo tanto, el espaciamiento calculado, controla el ancho de las grietas.

VI. CONCLUSIONES

1. Una manera simple para el análisis y diseño de las paredes con comportamiento bidireccional de los tanques rectangulares es con la ayuda de las tablas de la PCA, Bares, etc.
2. Para el diseño de tanques rectangulares, es importante aplicar las especificaciones del *Código Ambiental ACI 350*, lo cual se representa en la aplicación del diseño por resistencia en etapa

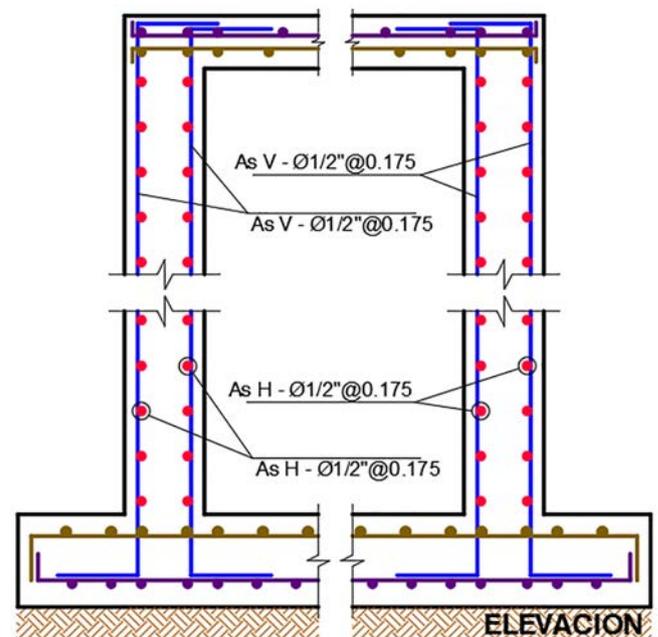
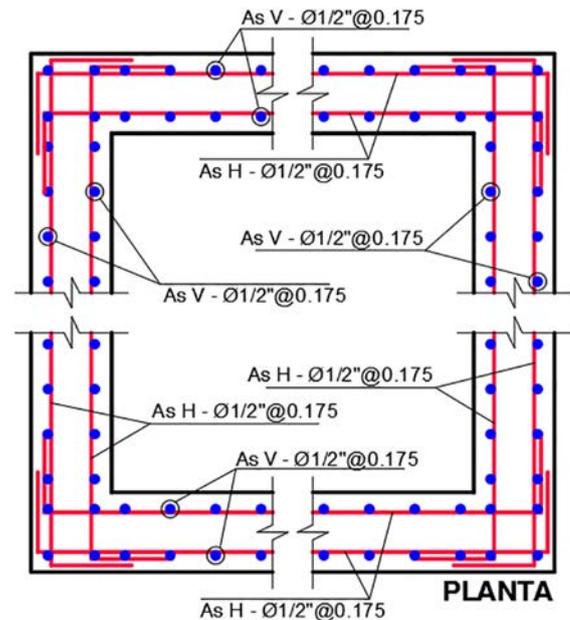


Figura 10. Detalle del acero en el reservorio

- última, amplificado por los coeficientes sanitarios (para flexión, 1,3, y para tracción, 1,65), además de la verificación del acero para el control de fisuras.
3. Un diseño eficiente de los tanques rectangulares que garanticen su resistencia, su durabilidad y la impermeabilidad contribuirá al mejoramiento del medio ambiente.
4. Para tanques superficiales de dimensiones pequeñas, las fuerzas sísmicas no son significativas para el diseño; las fuerzas que prevalecen son las estáticas.

VII. AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental por esta oportunidad.

A Kevin Lavado Sánchez por su apoyo en la traducción del resumen.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MUNSHI, J. *Rectangular concrete tanks*. Illinois, 5.^a ed. EE.UU.: Portland Cement Association, 1998.
- [2] BARES, R. *Tablas para el cálculo de placas y vigas pared*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1970.
- [3] *ACI Committee 350. Environmental Engineering Concrete Structures* (Estructuras sanitarias de concreto para el mejoramiento del ambiente), 2006.
- [4] *E.060 Norma Técnica de Concreto Armado*. Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009.
- [5] HARMSEN, T. *Diseño de estructuras de concreto armado*. 3.^a ed. Lima: Editorial PUPC, 2002.
- [6] PAVON, V. *Diseño y construcción de estructuras de concreto para contener líquidos*. Editorial Fundación ICA-Universidad Autónoma del Estado de México, 2001.
- [7] HOUSNER, G. *The Dinamic Behavior of Water Tanks*, 1963.
- [8] *ACI 350.3* (Seismic Design of Liquid Containing Concrete Structures (Diseño Sísmico de estructuras contenedoras de líquidos), 2001.



ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE PAPA PARA LA OBTENCIÓN DE PAPEL HIGIÉNICO

Chemical analysis of potato starch to obtain hygienic paper

Dayana Sihara Aguilar García¹

¹ Egresada de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial,
Universidad Continental
Correo electrónico: agarciaayana@gmail.com

Resumen. El objetivo de esta investigación es analizar y clasificar cuantitativamente y cualitativamente las características químicas de algunas variedades de papa (amarilla, blanca, ccompis, peruanita y huamantanga) e identificar la proporcionalidad de almidón que poseen según variedad y tamaño. Se aplica el diseño experimental iniciando con la medición y clasificación de las papas en tres tamaños (pequeño 1-7 μm , medianos 7-15 μm y grandes mayores de 15 μm), luego se procede al pelado y raspado de estas, se coloca la muestra en la lámina portaobjetos y se le agrega unas gotas de agua destilada y se lleva al microscopio para observar los gránulos. Luego, con la ayuda de un gotero, se deja caer una gota de lugol (tintura de yodo) a un costado del cubreobjetos, se pone el papel filtro al borde para eliminar la cantidad de agua y se coloca al microscopio para identificar la presencia de almidón. Posteriormente, utilizando un desecante adsorbente, se extrae la humedad por deshumidificación (silica gel) y se obtiene el almidón de cada variedad; de estas se resta el peso final del inicial y se calcula el porcentaje correspondiente.

Los resultados obtenidos, de acuerdo al porcentaje de almidón de papa y según su peso relativo específico, son los siguientes: En 1.2850 gr de papa amarilla hay un 85,10 % de almidón; en 1097 gr de papa blanca hallamos un 75,81 % de almidón, mientras que 1,241 gr de papa ccompis contienen un 84,50 % de almidón; 1,107 gr de papa peruanita contienen un 78 % de almidón y 1,1023 gr de la variedad huamantanga, un 77,86 % de almidón.

Se concluye que el almidón de papa está compuesto por 20 % de amilosa y 80 % de amilopectina, lo que significa que ambos pueden ser digeridos rápidamente por los microorganismos, generando así la posibilidad de fabricar un papel higiénico compostable y biodegradable.

Palabras clave: Amilosa; amilopectina; compostable; biodegradable; deshumidificación.

Abstract. The objective of this research is to analyze and classify quantitatively and qualitatively the chemistry characteristics of the potato variety (yellow, white, ccompis, peruanita and huamantanga) and identify the proportionality of starch that have according its variety and size. The experimental design was applied, beginning with the measurement and classification of the potatoes in tree sizes (small 1-7 μm , medium 7-15 μm and big, greater than 15 μm), then the peeling and rasping of this was made, the sample were put in a slide sheet and some drops of distilled water was added and it was located in a microscope to observe the granules. Then with a lugol (dye of iodine) drop is added on the side of the slide cover, after that, a filter paper is put to the side to eliminate the water and it is located to the microscope to identify the presence of starch. In the next step the humidity is extracted using a dry up absorbent (silice gel) obtaining the starch of every variety and the final weight is subtracted from the initial and the corresponding percentage is calculated.

The results of the percentage of potato starch according its relative specific weight is: the yellow potato with 1.2850 gr contains 85.10% of starch, the white potato with 1.097 gr of relative specific weight has 75.81% of starch, while the Ccompis potato of 1.241 gr has 84.50% of starch, the peruanita potato, with 1.107 gr has 78% of starch and the Huamantanga with 1.1023 gr has 77.86% of starch. It is concluded that the potato starch is composed by 20% of amilosa and 80% of amilopectina, this means that it can be digested quickly by microorganisms, thus generating the possibility to produce a hygienic paper compostable and biodegradable.

Keywords: Amylose, amylopectine, compost, biodegradable, deshumidification.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con [1], la problemática ambiental que se genera por el desecho de productos bioplásticos y el impacto de estos en el medio ambiente, a través del proceso de descomposición y degradación, es un tema de mucha importancia respecto al desarrollo sostenible, si consideramos el cambio climático que está afectando al planeta.

Desde una perspectiva de la ingeniería, el ingeniero industrial no solo diseña, controla y produce productos que satisfagan las necesidades de las personas, mediante la eficiencia para incrementar la productividad dentro de una empresa, sino que también es importante que contribuya, mediante el ecodiseño y una producción limpia, a manejar racionalmente los recursos, propicie la conservación, la recuperación, el mejoramiento y el uso adecuado de los bioplásticos a base de almidón [2], ya que producir un producto sin un previo análisis de impacto ambiental y sin considerar su ciclo de vida y el impacto que este genera a partir de su degradación, significa atentar contra el medio ambiente.

Es por ello que, mediante el desarrollo de este trabajo, se busca transmitir la importancia de introducir en la industria la utilización de nuevos recursos biodegradables que contribuyan al cuidado del medio ambiente y a la reducción de la contaminación.

Cuando la industria cambia el tradicional esquema de producir por producir, es decir se preocupa por el impacto que un producto pueda generar en el futuro, es un indicador de que la empresa está cambiando su política ambiental, se orienta a ser una empresa ecoamigable, término que se atribuye a la relación amigable de la producción y el medio ambiente. Una empresa se convierte en ecoamigable cuando aplica un ecodiseño en todo el proceso productivo, desde el diseño del mismo hasta la obtención del producto final [3].

En la literatura científica hemos encontrado algunos proyectos similares al que estamos presentando, por ejemplo, el trabajo del ingeniero Fernando Gilberto Torres García denominado «Desarrollo de envases y embalajes de plásticos biodegradables y compostables para la mejora de la competitividad agroindustrial» y el documento del científico Lingyan Kong

[4] «Almidón para vendajes absorbibles» (2012), en ambos se mencionan los materiales analizados para la obtención del almidón, como la cáscara de frutas, granos y legumbres, con la intención de sustituir al plástico e innovar en la fabricación de un producto biodegradable y biocompostable.

El objetivo de esta investigación es analizar y clasificar cuantitativamente y cualitativamente las características químicas de algunas variedades de papa (amarilla, blanca, ccompis, peruanita, huamantanga) e identificar la proporcionalidad de almidón que poseen según variedad y tamaño, expresado en micrometros, así como también analizar el proceso de mineralización mediante la fabricación de papel higiénico artesanal y corroborar la biodegradabilidad.

Los resultados obtenidos, mediante el análisis cuantitativo y cualitativo de las variedades de papa (amarilla, blanca, ccompis, peruanita, huamantanga) y según al peso relativo específico de cada variedad, son: En 1.2850 gr de papa amarilla hay un 85,10 % de almidón; en 1.097 gr de papa blanca hallamos un 75,81 % de almidón, mientras que un 1.241 gr de papa ccompis contiene un 84,50 % de almidón; 1.107 gr de papa peruanita contiene un 78 % de almidón y 1.1023 gr de la variedad huamantanga, un 77,86 % de almidón. Se concluye que la variedad papa amarilla contiene almidón en mayor proporcionalidad.

Asimismo, de acuerdo con el análisis de la clasificación de los granos (proceso granulométrico), se observa que la composición de los granos de almidón de papa está compuesta por 20 % de amilosa y 80 % de amilopectina, lo que significa que los enlaces químicos orgánicos de la amilosa y amilopectina favorecen a que el proceso de degradación microbiana sea positivo para las bacterias y los microorganismos.

II. DESARROLLO

Método

El diseño del proyecto es mixto, descriptivo-experimental, tal como se muestra en la Figura 1. Se distribuye en dos procesos, el primero para determinar el porcentaje de almidón de cada variedad de papa y el segundo para conocer las características químicas del almidón de papa que determinen la posibilidad de que el almidón pueda sustituir a la celulosa, materia prima actual en la producción de papel higiénico.

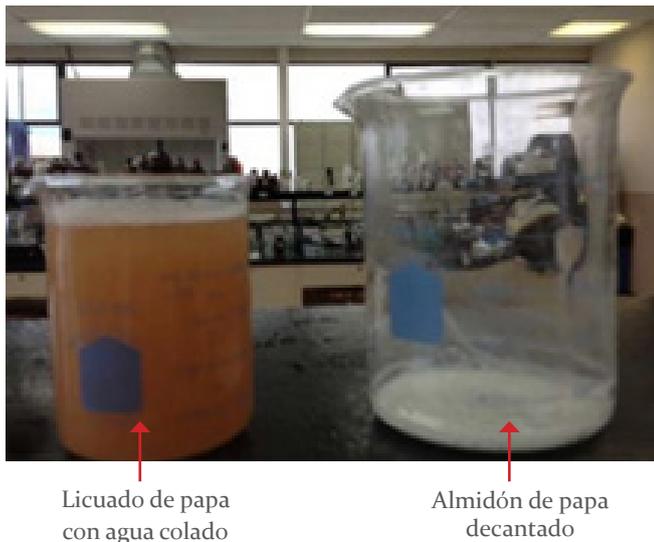


Figura 1. Procesos experimentales

Proceso 1: Determinación del porcentaje de almidón de las variedades de papa: amarilla, ccompis, blanca, huamantanga y peruanita. Este procedimiento fue calculado con relación a su peso específico relativo (véase Tabla 1).

Para cada proceso experimental se utilizó cinco variedades de papa: amarilla, 1285 kg; blanca, 1097 kg; ccompis, 1241 kg; peruanita, 1107 kg y huamantanga, 1102 kg.

Para el primer proceso se utiliza el método de Singh y Singh, descrito en [5], el cual inicia con el pelado de la papa, luego se licúa para homogenizar, posteriormente se extrae la humedad, mediante el proceso de deshumidificación, y utilizando un desecante adsorbente (silica gel) se obtiene el almidón de cada variedad (ver Tabla 1).

Tabla 1. Análisis del almidón de papa

Variedad de papa (nombre común)	Peso específico relativo (kg)
Amarilla	1.2850
Blanca	1.0966
Ccompis	1.2406
Peruanita	1.1072
Huamantanga	1.1023

El segundo proceso consiste en determinar la cantidad de gránulos, para ello se utilizó el método de Kejl Dahl, que inicia de la siguiente manera: Se miden las papas y se clasifican en tres tamaños, medidos en micrómetros (μm): pequeño (de 1-7 μm),

mediano (de 7-15 μm) y grande (mayor a los 15 μm), tal como se muestra en la Figura 2, luego se procede al pelado y raspado de la papa, se pone la muestra en una lámina portaobjetos y se agregan unas gotas de agua destilada, posteriormente se cubre y se lleva al microscopio para observar los gránulos; con la ayuda de un gotero, se deja caer una gota de lugol (tintura de yodo) a un costado del cubreobjetos y se pone el papel filtro al borde para eliminar la cantidad de agua y se lleva nuevamente al microscopio. Finalmente, en un vaso de precipitado se coloca el polvo de papa y se le agrega lugol para observar nuevamente los granos de almidón (ver Tabla 2). Este procedimiento, de tareas repetitivas, permite que se puedan corroborar los datos registrados.

Tabla 2. Clasificación de la papa por tamaño

Pequeño μm a 7,5 μm	Mediano 7,5 μm a 15 μm	Grande > 15 μm
--	---	------------------------------



Figura 2. Almidón de papa seco

III. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Se ha tomado como población a las siguientes variedades de papa: amarilla, blanca, ccompis, peruanita y huamantanga.

Muestra: La muestra de papa corresponde a las variedades mencionadas según su tamaño, medido en micrómetros.

- Pequeños de 1 a 7,5 μm
- Medianos de 7,5 a 15 μm
- Grandes mayores a 15 μm

Técnicas e instrumentos

Técnicas

Para obtener información necesaria y comprobar la hipótesis planteada, se utilizaron las siguientes téc-

nicas de recolección de datos: Imágenes micrográficas y Fichas de registro.

Instrumentos

Se ha utilizado el programa Excel para procesar la información registrada en las fichas de experimentación de laboratorio.

Equipos e insumos utilizados

Equipos: Balanza electrónica y microscopio

Descripción de especímenes y sustancias

Las sustancias utilizadas para obtener el almidón de las cinco variedades de papa son:

- **Agua destilada:** Es aquella cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H₂O y a la cual se le han eliminado las impurezas e iones mediante destilación.
- **Lugol:** Es una disolución de yodo molecular. Este producto se emplea frecuentemente como desinfectante y antiséptico para la desinfección de agua en emergencias y como un reactivo para la prueba del yodo en análisis médicos y de laboratorio [6].
- **Desecante adsorbente:** Se utiliza un desecante que no produzca cambios físicos ni químicos.

IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

De acuerdo a la estructura, el almidón está formado por una proporción del 20 % de amilosa y 80 % de amilopectina (Figura 3). La amilosa representa el 20 % del almidón y es importante en el almacenamiento de energía; la amilopectina es un componente de la capa externa de los gránulos del almidón, lo que significa que puede ser digerido rápidamente por los microorganismos.

Para determinar la cantidad de gránulos respecto al tamaño de la papa, se obtuvo como resultado que el 15,91 % del tamaño de la papa está comprendido entre 1 a 7,5 μm , el 49,55 % de 7,5 a 15 μm , y un 34,55 % es grande (ver Tabla 3 y Figura 5). Se evidencia, entonces, que el tamaño también es importante para determinar la cantidad de gránulos de almidón.

El porcentaje de almidón de papa en las distintas variedades, obtenido según su peso relativo específico, es el siguiente: hay 85,10 % en la papa amarilla; 75,81 % en la papa blanca; 84,50 % en la papa ccompis, 78 % en la papa peruanita y un 77,86 % en la variedad huamantanga (ver Tabla 4 y Figura 4).

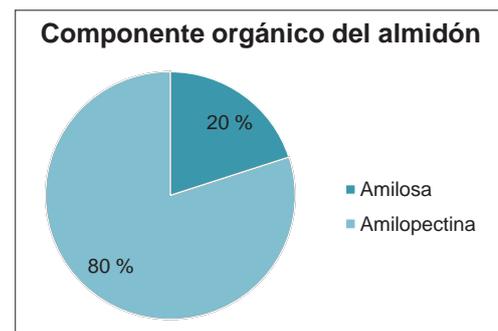


Figura 3. Porcentaje de polisacáridos del almidón de papa

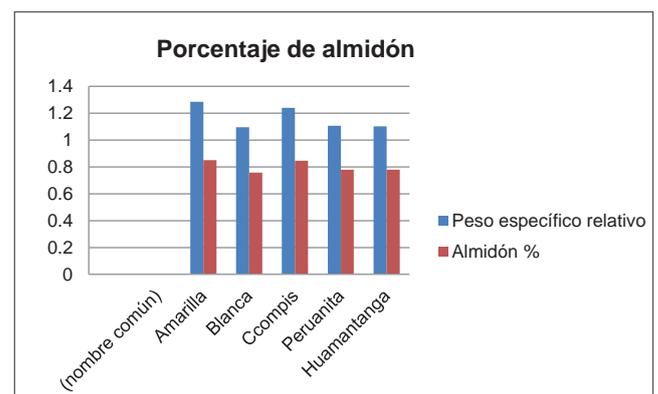


Figura 4. Porcentaje de almidón por cada variedad de papa

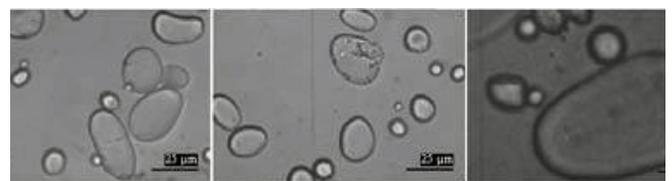


Figura 5. Micrografía del almidón de papa a) x400; b) x400; c) x1000 (mp)

Tabla 3. Porcentaje de gránulos según tamaño

Pequeño de 1 a 7,5 μm	Mediano de 7,5 a 15 μm	Grande > 15 μm
15,91 %	49,55 %	34,55 %

Tabla 4. Porcentaje de almidón en relación al peso relativo

Variedad de papa (nombre común)	Peso específico relativo	Almidón %
Amarilla	1,2850	85,10
Blanca	1,0966	75,81
Ccompis	1,2406	84,50
Peruanita	1,1072	78,00
Huamantanga	1,1023	77,86



V. CONCLUSIONES

- La papa amarilla y la papa Ccompis contienen mayor porcentaje de almidón.
- El almidón está compuesto por 20 % de amilosa y 80 % de amilopectina, lo que significa que puede ser digerido rápidamente por los microorganismos, permite así la posibilidad de fabricar un papel higiénico compostable y biodegradable.
- En trabajos futuros se estudiarán la capacidad productiva y la eficiencia del papel higiénico biodegradable en la región Centro del Perú.

VI. AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, mi *alma mater*, que a través de la Unidad de Investigación y el Dr. Celso De La Cruz Casaño hacen posible la difusión de este artículo; a Wilfredo Bulege por el apoyo brindado para participar en el Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Industrial 2013, donde ocupe el primer lugar con la presentación de este proyecto; al investigador Luis Fernando Suarez Salas y a Felipe Néstor Gutarra Meza por el apoyo en las gestiones para el uso del laboratorio; a Marina García Jara y Glicerio Aguilar, quienes apoyaron constantemente este proyecto, a Richard Aguilar y Sheila Aguilar.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LEI PEI, M.S. y W. WEI. Bioplásticos-Consideraciones ambientales [en línea]. *InTech*, 2011. [Consulta: 5 mayo 2013]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com/revista/bioplasticos/32#6912>.
- [2] LOAYZA, J., M. PÉREZ, y S. MEZA. Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. *Diseño y Tecnología* [en línea]. 2013, vol. 16, nro. 1, pp. 1. [Consulta: 5 junio 2013]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v16_n1/pdf/a13v16n1.pdf.
- [3] VAN HOOFF, B. *Producción más limpia*. México: Alfaomega, 2008.
- [4] NCYT Amazings (Noticiasdelaciencia.com). Almidón para ventajitas absorbibles [en línea]. *Amazings: Noticias de la Ciencia y la Tecnología*. 2012 [consultado el 17 de agosto del 2017]. Disponible en: <http://noticiasdelaciencia.com/not/4340/almidon-para-ventajitas-absorbibles/>
- [5] ZÁRATE-POLANCO, L.M. *et al.* Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la Papa* [en línea], 2014, 18 (1), 1-24. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en <http://www.ojsbolivia.org.bo/index.php/apal/article/viewFile/585/564>.
- [6] MARTIN-SANCHEZ, M., M.T. MARTIN SANCHEZ y G. PINTO. Reactivo de lugol: Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas. *Educación química* 2013, 24 (1), pp. 31-36. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 0187-893X.



FACTORES AMBIENTALES Y BIÓTICOS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA *Orestias Elegans* EN YAROPUQUIO, CHACACHIMPA Y AÑAS PUQUIO-JUNÍN

Environmental and biotic factors that influence population growth of *Orestias Elegans* in Yaropuquio, Chacachimpa and Añas Puquio-Junín

Yony Arias Boza¹, Marco Castillo Samaniego¹, Flor Gaspar Peres¹,
Walter Goytendia Centeno¹, Velita Guadalupe Suarez¹, Liset Rojas
Cordeña¹, Heidi Taype Otañe¹

¹ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental,
Universidad Continental
Correo electrónico: 46392930@continental.edu.pe

Resumen. Se presenta un estudio sobre los factores ambientales y bióticos que influyen en el crecimiento poblacional de la *Orestias elegans* en Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio-Junín, zonas en las que el conocimiento sobre dichos factores es escaso, asimismo desconocen el género en mención. Se utilizó información relacionada a Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio, a través de la revisión bibliográfica y el recorrido de campo bajo un protocolo de monitoreo [1] en 3 puntos aleatorios; esta herramienta de investigación se utilizó para identificar mejor los factores ambientales y bióticos que afectan el crecimiento de la *Orestias elegans*. De los tres puntos de monitoreo solo se encontró un ejemplar de *Orestias elegans* en la loma de Chacachimpa, debido a la presencia de especies introducidas, las cuales compiten con las especies nativas por el alimento y el hábitat y/o son depredadas por las especies foráneas, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), por ejemplo, distribuida en casi todos los ríos y lagunas altoandinas del país [2]. La actividad antropogénica (actividad ganadera, agricultura, aguas residuales y residuos sólidos) es otro factor ambiental que influye de forma negativa y significativa en el crecimiento poblacional de la especie.

Palabras clave: *Orestias elegans*; Yaropuquio; Chacachimpa; Añas Puquio; factores ambientales; factores bióticos.

Abstract. Information on environmental and biotic factors that influence population growth in *Orestias elegans* Yaropuquio, Chacachimpa and Añas Puquio-Junin is presented, in which, knowledge about these factors, and knowledge of the gender in question are limited. Information related to Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio, through literature review and a field trip was also conducted under a monitoring protocol [1] in 3 random points were used, this research tool was used to better identify environmental factors and biotic affecting the growth *Orestia spp*. In the monitoring points it will only be found in the Loma de Chacachimpa one *Orestias elegans*, due to the presence of introduced species, which compete with native species for food, habitats and/or are preyed upon by foreign species; such is the case of the «rainbow trout» (*Oncorhynchus mykiss*) distributed in almost all rivers and highland lakes in the country [2]. Another environmental factor is anthropogenic activity (livestock, agriculture, wastewater and solid waste) significantly influences the population growth of the species negatively, was observed in the course of Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio.

Keywords: *Orestias elegans*; Chinchaycocha Lake; environmental factors; biotic factors.



I. INTRODUCCIÓN

El altiplano andino posee una reducida diversidad íctica, debido a razones históricas y ecológicas [3]; tiene sólo tres géneros de especies nativas: *Orestias*, *Astroblepus* y *Trichomycterus*, y un total de unas 58 especies descritas. El género *Orestias elegans* es endémico de los lagos de gran altitud y de los ríos tributarios de los Andes del Perú [4].

Estas especies endémicas han estado siendo afectadas por la introducción de especies foráneas en algunas zonas, es el caso de la trucha [5], por ejemplo. Dichas especies fueron introducidas con el fin de mejorar la pesca comercial; sin embargo, han generado cambios en las cadenas tróficas de la zona al modificar la diversidad de los ecosistemas naturales. La competencia y la depredación pueden ser las causas, entre otros factores, como la sobrepesca y la alteración del medio, de la disminución de la población de *Orestias elegans*.

Además de la *Orestias elegans*, otras especies han disminuido significativamente su población a causa del poblamiento de los ríos y lagunas con especies foráneas, los impactos ambientales y la explotación de recursos.

Esta investigación está dirigida a una especie de *Orestias spp*, conocida comúnmente en la zona como chalgua, que habita en la Reserva Nacional de Junín. Los habitantes de la zona manifiestan que años atrás la población de *Orestias elegans* era más numerosa.

No se han realizado trabajos previos de investigación sobre esta especie; por lo tanto, nuestra investigación es pionera y abordará los factores que podrían estar afectando al desarrollo de la chalgua.

Por ello, para realizar el estudio de los factores, se hará una recolección inicial en tres puntos:

- Primer punto, en Yaropuquio,
- Segundo punto, en el río Chacachimpa y
- Tercer punto, en Añas puquio.

II. OBJETIVO

Determinar los factores ambientales y bióticos que influyen en el crecimiento poblacional de la *Orestias elegans* en Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio-Junín.

III. METODOLOGÍA

Para identificar mejor los factores ambientales y bióticos que afectan al crecimiento de la *Orestias elegans*, se ha ejecutado la investigación mediante una revisión bibliográfica y el recorrido de campo, bajo un protocolo de monitoreo [1] en 3 puntos aleatorios.

Yaropuquio fue el primer punto de monitoreo, allí no se encontró ejemplares de *Orestias elegans*, el agua estaba estancada y había mucho sedimento. En Chacachimpa, segundo punto de monitoreo, donde el agua sí fluía, se encontró siete ejemplares de *Orestias elegans* [6], de diferentes tamaños, lo cual nos indica que en este tipo de hábitat sí es posible el desarrollo de esta especie. En Añas Puquio, tercer punto de monitoreo, tampoco se encontró *Orestias elegans*, pero sí truchas (Figura 1).

Los métodos utilizados para la captura de la especie en estudio fueron, en primer lugar, el arrastre con red [7], el cual no fue efectivo, debido a la alta vegetación presente en la zona, y, en segundo lugar, la pesca con jamos [8], más eficaz, pues permitió la captura de especímenes. No obstante, recomendamos utilizar la pesca eléctrica para la zona en mención [9].

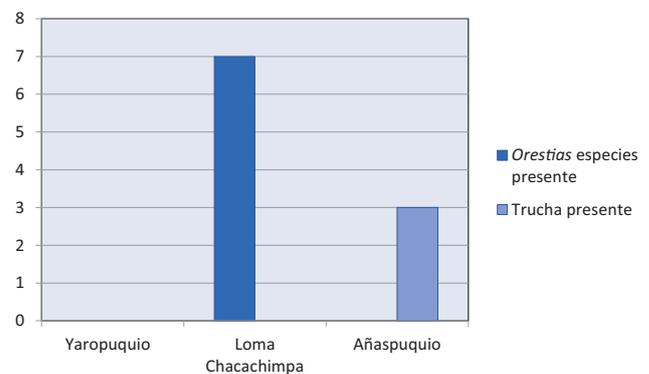


Figura 1. Cantidad de especies encontradas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El género *Orestia elegans* abarca una gran cantidad de especies que se encuentran distribuidas en las vertientes andinas del Perú. Específicamente, en Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio encontramos a la *Orestia elegans*, también se registró en la subcuenca del lago Chinchaycocha gran proliferación de truchas, dichas especies no son naturales de

la zona y depredan el alimento con el que se sustenta la *Orestia elegans*

Los ambientes acuáticos donde fueron encontradas dichas especies están entre 4100 y 4150 msnm, esto nos quiere decir que no se muestra una variabilidad climática significativa. En la Tabla 1 se muestran los lugares donde se halló a las especies.

Dicho hallazgo fue en presencia de lluvia, los ejemplares vistos estuvieron asociados a macrófitas acuáticas enraizadas y sumergidas, denominadas cabellos de sirena y cola de zorro; los ríos tienen una extensión de 3,28 m, 4,51 m y 6,33 m, con una profundidad de 0,549 m a 0,79 m, los bofedales tienen un pH neutro hasta alcalino de 7,67 a 9,03, respectivamente.

Tabla 1. Datos del muestreo en Yaropuquio, Chacachimpa y Añaspuquio (23-abr.-2016)

Características	Yaropuquio 8:15 a. m.	Loma Chacachimpa 10.30 a. m.	Añaspuquio 12.50 p. m.
Altitud	4141 msnm	4127 msnm	4125 msnm
Investigadores	ASW, ALF, UC	ASW, ALF, UC	ASW, ALF, UC
Vegetación acuática especie dominante	Cabello de sirena	Cola de zorro	Cola de zorro
Temporada	lluvias	lluvias	lluvias
% de vegetación	50	90	40
pH	7,67	7,99	9,03
Temp. (H ₂ O)	9,4	11,8	12,9
Salinidad (ppm)	210	189	215
Ancho (m)	6,33	4,51	3,28
Profundidad (m)	0.79	0.68	0,549
% de piedra	0	18%	24
% de arena	0	2	15
% de limo	10	35	6
<i>Orestias</i> presentes	0	7	0
Truchas	0	0	3

La *Orestia elegans* se halló en la zona de Loma Chacachimpa, ubicada a 4127 msnm, con 90 % de vegetación, enraizada y sumergida; una temperatura de 11,8 y pH de 7,99. El ppm de salinidad del lugar fue menor al de los otros lugares (189); se evidencia la presencia de piedras al 18 %, arena al 2 %, limo al 35 % e inexistencia de arcilla.

Debido al poco número de individuos presentes, en la exploración de la relación morfológica y variabilidad ambiental, se verifica que no hay diferenciación entre machos y hembras.

La distribución del género *Orestia elegans* lleva a interrogantes sobre su presencia poco frecuente en Yaropuquio, Chacachimpa y Añas Puquio, aun cuando las características ecológicas de los ambientes acuáticos son similares a aquellos en que se desarrolla de manera frecuente.

Las pulsaciones hídricas en el Altiplano con contracciones (fases áridas causadas por glaciaciones) y expansiones de los cuerpos de agua que ocurrieron hace unos 4 millones de años explicarían la gran variabilidad morfológica que existe dentro del género de *Orestia*, podría tratarse de que ocurrieron tantos intercambios genéticos entre poblaciones acuáticas [10].

La diversidad de especies ictícolas de los ríos de la sierra está estrechamente relacionada con la altitud y la temperatura, además de la pendiente y la velocidad de la corriente, para lo cual los peces han desarrollado adaptaciones especiales [11].



Figura 2. Yaropuquio

Hay presencia de endemismo en las diversas cuencas. Los géneros más representativos para las zonas andinas, debido a su amplia distribución en esta región (desde los 4000 msnm) y su endemismo, son los géneros (grupos taxonómicos) *Orestias*, *Astroblepus* (*Astroblepidae*) y *Trichomycterus* (*Trichomycteridae*), con 40, 16 y 15 especies, respectivamente [2].

La merma de estas especies en los cuerpos de agua es cada vez más significativa, debido a la presencia de especies introducidas, las cuales compiten con las es-



peces nativos por alimento y el hábitat, asimismo son depredadas por las especies foráneas, tal es el caso de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) [2].

Así mismo las diferencias morfológicas que se encontraron en la especie es por un ambiente con mucha vegetación, es decir es un lugar con disponibilidad de alimentos.



Figura 3. subcuena del lago Chinchaycocha



Figura 4. Búsqueda de la especie

En la zona de Añaspuquio, a unos 4125 msnm, con una vegetación del 40 % y un pH alcalino de 9,03 se hallaron algunos ejemplares de truchas.

A inicios de la década de 1970, la trucha arcoíris, tanto como depredador como competidor, fue implicada en la extinción de la *Orestias*, la especie de mayor talla del género [12]. El pejerrey, por su parte, al alcanzar una talla cercana a los 20 cm de longitud se alimenta principalmente de individuos de *Orestias* y

ha provocado la disminución de la densidad poblacional de al menos tres especies del género [12].

En Yaropuquio no hubo presencia de *Orestia elegans* ni truchas, a pesar de que los rasgos ecológicos ambientales de Loma Chacachimpa, donde se encontró los ejemplares de *Orestia elegans*, son similares a los de Yaropuquio y Añaspuquio.

Así mismo las diferencias morfológicas del individuo encontrado muestran una gran plasticidad de la especie por la condición ambiental, no se pudo tomar las medidas de la *Orestia elegans* encontrada. Por ejemplo, los ejemplares de lagunas son más anchos y altos, probablemente porque se encuentran en un ambiente más estable y tienen óptimas condiciones para el aumento de su tamaño y reproducción. Por el contrario, los peces de ríos y bofedales son de cuerpo alargado propios de un ambiente de estrés [10].

Los anteriores resultados sugieren que es necesario profundizar el conocimiento sobre la distribución de las especies *Orestia elegans*, pues las escasas capturas registradas podrían sugerir que su distribución está restringida.

Los resultados de este trabajo han sido objeto de la elaboración de este artículo.

Sin embargo, esta biodiversidad puede verse afectada por la siembra de especies exóticas de peces y otros impactos antrópicos que tienen lugar en el lago (por ejemplo, la sobrepesca, la contaminación, etc.). La introducción de especies foráneas puede generar grandes cambios, distribución de los hábitats, alteraciones de la cadena alimentaria y cambios en los ecosistemas (Townsend, 1996). Por lo tanto, es crucial entender la estructura de la cadena alimenticia y las relaciones tróficas para asesorar el potencial impacto ecológico causado por la introducción de las especies exóticas [13].

La sensibilidad de un organismo a las perturbaciones antrópicas varía en función de la especie, del momento de su ciclo vital, de la población considerada y del tipo, duración e intensidad de la perturbación. El vertido de aguas residuales y la escorrentía superficial pueden contener una amplia gama de sustan



en una circunstancia temporal y geográficamente determinada, es decir la información recogida se ha efectuado de manera independiente.

Existe relación entre los factores ambientales, como la vegetación acuática y la corriente del río, y los factores bióticos, como la presencia de las truchas en el mismo hábitat de las *Orestias elegans*. Los resultados nos demuestran que donde hay presencia de truchas no se halló a las challhuas.

La presente investigación efectuada en Yaropuquio, Chacachimpa y Añaspuquio es de vital importancia para futuros estudios sobre la especie *Orestias elegans*. A la fecha existe poquísima información que nos permita determinar su desarrollo y proliferación en los cuerpos de agua que conforman su hábitat.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SÁNCHEZ, A. *Guía de muestreo*. Madrid: Pirámide, 1993.
- [2] CHOCANO, Luisa. Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Revista Digital Universitaria*, 2005, 6 (8).
- [3] PARENTI, Lynne. *A Taxonomic revision of the An-deans Killifish genus Orestias (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae)*. New York: American Museum of Natural History, 1984.
- [4] WURTSBAUGH, Walden y Ralf TAPIA. *Mortalidad en masa de peces en el lago Titicaca (Perú-Bolivia)*. Carolina del Norte: Fish Soc., 1988.
- [5] HANEK, Gunard. *La pesquería en la Amazonia peruana: Presente y futuro*. Amazonas: FAO, 1982.
- [6] HORNER, Javier. *Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar Coipsa*. La Paz: CIDAN, 2002.
- [7] BUSCHMANN, Alejandro y Carlos ASTUDILLO. *Pesca de arrastre*. Santiago: Oceana, 2004.
- [8] ROSS, Erick, J. JUMENEZ y J. DÍAZ. *Artes, métodos e implementos de pesca*. San José: Fundación MarViva, 2004.
- [9] SOSTOA, A, D. GARCÍA y E. GARCÍA. *Protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna*. Madrid: URS, 2005.
- [10] DE LA BARRA, E. *et al.* Los peces del género *Orestias* en la puna meridional de Bolivia. *Artículos científicos-Técnicos*, 2009.
- [11] HALLFFTER, G. *La diversidad biológica en Iberoamérica III*. México: Nueva serie, 1998.
- [12] VILLWOCK, W. Consecuencias de la introducción de peces exóticos sobre las especies nativas del lago Titicaca. *Ecología en Bolivia*. 1994, 49-56.
- [13] DE SOSTOA, Adolfo, et al. *Estudio de las comunidades de especies nativas de peces del lago Titicaca: Caracterización ecológica y su uso como bioindicadores del estado de conservación*. Puno: 2011.
- [14] MUSCHICK, Moritz Adrian Indermaur, Walter Salzburger. Convergent Evolution within an Adaptive Radiation of Cichlid Fishes. *Current Biology* Volume 22, Issue 24, 18, 2012, pp. 2362-2368.



LA BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS DE JUNÍN

Macroinvertebrates biodiversity as indicators of water quality
in the rivers of Junín

Katerine Canchapoma Palomino¹, Kevin Casas Soto¹, Aracely Palacin
Oscanoa¹, Diana Rojas Vilcahuaman¹, Isis Vargas Echevarria¹

¹ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental,
Universidad Continental
Correo electrónico: 47698933@continental.edu.pe

Resumen. La presente investigación tuvo como objetivo analizar la biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en los ríos de Junín. Para evaluar la calidad de agua de los tres sitios de muestreo: río Añaspuquio, río Yaropouquio y río Loma Chacachimpa, ubicados en el distrito de Junín, provincia de Junín, se calculó el índice biótico EPT. En el sitio 1 y 3 la calidad de agua es regular, con puntajes de 26 y 23, respectivamente, la calidad de agua en el sitio 2 es mala, tiene un puntaje de 20 [1]. Según el Índice Biológico Hilsenhof, en los sitios 1 y 2 la calidad de agua es media, con un grado de contaminación orgánica media probable, y en el sitio 3 la calidad de agua es buena con un grado de contaminación orgánica alta considerablemente probable. Se evaluó el porcentaje del índice de EPT, que contempla, principalmente, a las poblaciones de *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, consideradas como indicadores de aguas limpias; en el sitio 1 el porcentaje fue de 36,45 %, hecho que determina que las aguas son moderadamente limpias; en el sitio 2 de 0 %, lo que determina que las aguas no son limpias y en el sitio 3 fue de 67,96 %, lo cual nos indica que el agua es limpia.

Palabras clave: Macroinvertebrados, ríos, recursos hídricos, calidad del agua.

Abstract. The present research had as objective analyze the biodiversity of macroinvertebrates as indicators of water quality in the rivers of Junín. In order to evaluate the water quality of the three sampling sites, the Añaspuquio, Yaropouquio and Loma Chacachimpa rivers, located in the district of Junín, province of Junín, it was calculated the EPT biotic index where it was found that in the Site 1 and 3 the water quality is regular with scores of 26 and 23 respectively, for the 2 site the water quality is poor with a score of 20 [1]. As for the water quality assessment according to the Hilsenhof Biological Index Sites 1 and 2 water quality is mean with a mean probably degree of organic contamination. And site 3 water quality good with substantially high degree of organic contamination. The EPT % index was evaluated, which mainly considers the populations of *Ephemeroptera*, *Plecoptera* and *Trichoptera*, which are considered of the class as indicators of clean waters and at site 1 the percentage was of 36,45% which determines us That the water is moderately clean, site 2 was 0 % which determines that the poorly clean water and site 3 was 67.96 % which determine the water is clean.

Keywords: Macroinvertebrates, rivers, water resources, water quality.



I. INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación de las sociedades humanas en las últimas décadas. Por esta razón, existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas acuáticos y estudiar sus cambios en el tiempo, mediante criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas.

A finales de la década de 1970, los análisis químicos fueron los métodos más usuales para evaluar la calidad de agua, aunque no eran tan eficaces para detectar cambios en las condiciones naturales de los ríos cuando son el resultado de perturbaciones no puntuales de origen difuso. Ante esta situación, se decide recurrir a los métodos biológicos, cuyo uso en el monitoreo de los cuerpos de agua ha tenido un gran auge en las dos últimas décadas, convirtiéndose en una herramienta valiosa [2].

La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes. En términos generales, se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse la condición ambiental de su hábitat natural. De modo que es posible usar algunas características o propiedades estructurales y funcionales de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma comparativa el estado de la biota acuática, cuya condición es reflejo del estado ecológico del cuerpo de agua [3].

El uso de macroinvertebrados acuáticos (MAIA) constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua. Es necesario, para un adecuado control y conservación de un ecosistema que «un especialista del agua (ecólogo acuático), que al igual que un especialista clínico, conozca los métodos y los equipos que le permitan hacer una evaluación más certera del cuerpo en estudio» [4].

II. OBJETIVO

Objetivo principal

Analizar la biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín.

Objetivos específicos

- Identificar las familias de macroinvertebrados en los ríos del distrito de Junín.
- Señalar los parámetros de calidad de agua en los ríos del distrito de Junín.
- Identificar las amenazas de contaminación de los ríos en el distrito de Junín.

III. METODOLOGÍA

Se utilizó el método descriptivo para efectuar la investigación, asimismo se hizo la revisión bibliográfica de las *Guías de macroinvertebrados*, los *Protocolos de muestreo* y la *Guía de Bioindicadores de Quillcay* [5] con el fin de conocer los antecedentes previos. Las variables físico-químicas *in situ* analizadas para cada punto de muestreo son la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto; además se tomaron muestras de agua en cada estación para analizarlas en el laboratorio y determinar los sólidos totales.

La investigación se efectuó en tres puntos: el primero en el río Añaspuquio, a una altura de 4125 msnm; el segundo en el río Yaropuquio, ubicado a una altura de 4141 msnm, y el tercero en el río Loma Chacachimpa, a una altura de 4127 msnm. En los tres lugares la vegetación ribereña está compuesta por ichus (*Stipa ichus*).

También se han realizado las siguientes actividades: Reconocimiento del área de trabajo, uso de los trajes adecuados para ingresar al río, ubicar los 100 m de transepto para el muestreo, tomar 11 muestras aleatorias a contra corriente en el transepto elegido con una red surber, poner cada muestra dentro de un balde con agua (1 balde para las 11 muestras), tamizar las muestras del balde y poner en bolsas herméticas con alcohol al 90 %, vaciar el contenido de la muestra en la bandeja de clasificación cuadrículada, separar las familias y contar la cantidad de individuos y anotarlos para registrar una base de datos.

Se conservó a los individuos en frascos de vidrio con alcohol al 90 %, luego se asignó las puntuaciones del *Andean Biotic Index* (ABI) [1] para las familias de macroinvertebrados acuáticos de los Andes tropicales, distribuidos desde los 2000 msnm hasta el límite con las nieves perpetuas. Se calculó el índice de riqueza ETP (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*).

IV. RESULTADOS

Análisis de macroinvertebrados por zonas estudiadas

El uso de los bioindicadores a nivel de comunidad requiere la transformación de los datos (presencia o abundancia de los diferentes taxones) en alguna expresión sintética de los mismos, como el número total de taxones o la diversidad, entre otras. A estas expresiones se les llama comúnmente métricas y pueden ser cualitativas (por ejemplo, número total de taxones) o cuantitativas. Esta última categoría incluye a las que usan datos semicuantitativos (como, por ejemplo, rangos de abundancia o la abundancia relativa) o las que operan con datos de abundancia absoluta (como individuos por metro cuadrado o individuos recolectados por unidad de tiempo [6]).

La mayor parte de las métricas aplicadas al estudio de los macroinvertebrados utilizan como factor clave la tolerancia de los diferentes taxones a una perturbación determinada, normalmente la contaminación orgánica. De este modo, la relación entre el número de organismos tolerantes a la contaminación y los intolerantes a ella es un recurso habitual en las métricas usadas.

Además de las métricas que miden características estructurales, también es posible obtener datos de la funcionalidad de la comunidad de organismos, de manera que podamos derivar características del sistema relacionadas con la perturbación que estudiamos. Por ello, un buen equilibrio entre calidad de los resultados y tiempo requerido para obtenerlos se da utilizando como nivel taxonómico la familia y el orden. Por lo tanto, su uso a este nivel es el que se recomienda en muchos de los protocolos de estudio de los países que los utilizan como indicadores de calidad biológica de forma reglamentada [1].

En las tablas 1, 2 y 3 se presentan los sitios muestreados, se clasifican a los organismos por orden, familia, cantidad y su sensibilidad o tolerancia a la contaminación.

Se encontró un total de 91 macroinvertebrados en los 3 ríos. En el sitio 1 se halló la mayor cantidad de especímenes: 32 macroinvertebrados y 22 del orden Trichoptera.

Tabla 1. Diversidad y cantidad de macroinvertebrados encontrados en Añaspuquio-SHCH

Orden	Familia	Cuenta
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaleilidae</i>	5
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	22
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	1
<i>Basommatophora</i>	<i>Physide</i>	2
<i>Haplotaxida</i>	<i>Aelosomatidae</i>	1

Tabla 2. Diversidad y cantidad de macroinvertebrados encontrados en Yaropuquio-SHCH

Orden	Familia	Cuenta
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaleilidae</i>	7
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	1
<i>Haplotaxida</i>	<i>Aelosomatidae</i>	3
<i>Veneroidea</i>	<i>Sphaeridae</i>	14
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	2

Tabla 3. Diversidad y cantidad de macroinvertebrados encontrados en Loma Chacachimpa

Orden	Familia	Cuenta
<i>Basommatophora</i>	<i>Planorbidae</i>	12
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	10
<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	1
<i>Veneroidea</i>	<i>Sphaeridae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	8

El orden *Trichoptera* se divide en tres subórdenes: *Annulipalpia*, *Spicipalpia* e *Integripalpia*. Los nombres de estos subórdenes hacen referencia a caracteres relacionados con las partes bucales de los adultos, los cuales son diagnósticos para las familias. Sin embargo, también se pueden encontrar diferencias entre las larvas y sus construcciones a nivel de suborden. Los *Annulipalpia* comprenden familias con larvas que se movilizan ágilmente, mediante el uso de propatas anales bien desarrolladas y que construyen refugios fijados al sustrato (Familias *Ecnomidae*, *Hydropsychidae*, *Philopotamidae*, *Polycentropodidae* y *Xiphocentronidae*) [6].

Los *veneroidea* generalmente viven en aguas frías, a una temperatura menor de 10 °C, oxigenados con una saturación mayor de 70 % y de baja turbidez. Se les distingue por el discoide u oval (altura de 3,2 mm de longitud y 4 mm), su borde delantero corto



y bajo, la espalda alta y truncada; los umbones redondeados e inflados antes de la mitad de longitud; presencia de lino relativamente delgada; periostraco translúcido de color marrón claro y finamente plisado; internamente sus puntos (puntuaciones) son negros ligeramente violáceos o diseñados, distribuido solo o agrupado en parches más grandes, generalmente se encuentran en la región distal de umbones, que puede ser visto por transparencia fuera de la cáscara, especialmente en especímenes juveniles. Este macroinvertebrado presenta mayor sensibilidad a aguas contaminadas [5].

En Loma Chacachimpa (sitio 3) se encontraron 42 macroinvertebrados y 12 del orden *Basommatophora*, organismos característicos de aguas moderadamente contaminadas. Esta especie vive en lugares fríos, como altiplanos y lagunas. Las medidas de los *Basommatophora* son en mm, su color es un café translúcido; tienen una abertura oval redondeada, casi no desviada del plano de la espira y sutilmente más ancha que alta, con bordes de la abertura cortante [5].

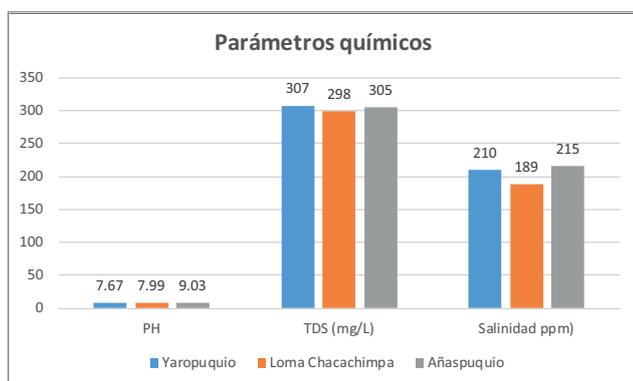


Gráfico 1. Parámetros químicos por lugar

V. CALIDAD DE AGUA

Mediante el índice biótico EPT, se evaluó la calidad de agua de los tres lugares en estudio. Los sitios 1 y 3 obtuvieron puntajes de 26 y 23 respectivamente, su calidad de agua es regular; para el sitio 2, el puntaje es de 20, su calidad de agua es mala [1].

Según el Índice Biológico de Hilsenhoff, que mide la calidad de agua, los sitios 1 y 2 presentan una calidad media, con un grado de contaminación orgánica media probable; la calidad del agua es buena en el sitio 3, con un grado de contaminación orgánica alta considerablemente probable.

El índice de EPT (%) contempla, principalmente, a las poblaciones de *Ephemeroptera*, *Plecóptera* y *Trichóptera*, considerados como indicadores de aguas limpias. Según este índice, el sitio 1 arroja un porcentaje de 36,45 %, evidencia así que las aguas son moderadamente limpias; en el sitio 2 el porcentaje fue de 0 %, determina que las aguas son pobremente limpias, y en el sitio 3 el porcentaje fue de 67,96 %, las aguas son muy limpias.

Tabla 4. Índices de calidad de agua de zonas estudiadas

Muestras	Puntaje	Calidad	% de EPT	Índice biológico de Hilsenhoff
Añaspuquio-S1	26	Regular	36,45	5,21
Yaropuquio-S2	20	Mala	0,00	5,64
Loma Chacachimpa-S3	23	Regular	67,96	5,96

En cuanto a las variables fisicoquímicas de los ríos, se encontró que el PH en Yaropuquio y Loma Chacachimpa oscila entre el 7,67 y el 7,99, que es moderadamente neutro, y en Añaspuquio, 9,03, que es muy básico. Yaropuquio tiene valores más altos de sólidos totales: 307 (mg/L); mientras que Añaspuquio tiene valores altos de salinidad 215 (ppm).

VI. DISCUSIÓN

Según Rivera (2004), los fondos arenosos albergan pocas especies, con pocos individuos por especie; los fondos pedregosos suelen ser más ricos, en especial cuando las rocas son grandes. Cuando hay vegetación, la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la fauna de otros sustratos.

El sitio 1 presentó la mayor cantidad de géneros exclusivos, posiblemente porque la vegetación ribereña en esta zona está compuesta por bofedales y pastizales; además, se encuentra dentro de un área protegida por SERNANP, que se vio afectada por actividades antrópicas aledañas a los ríos.

En comparación con los otros dos sitios estudiados, se constata que en esta zona la abundancia de macroinvertebrados es mayor, debido a que posee una vegetación ribereña. En ese sentido, se explica la exclusividad de algunos organismos, por ejemplo, del orden *Tricoptera* encontrados en Añaspuquio, dado

que esta zona es conservada. Algunos organismos como el *Veneroida* (propio de Yaropuquio) y el *Ba-sommatophora* son tolerantes a la contaminación; en general, son organismos característicos de aguas moderadamente contaminadas.

La composición de macroinvertebrados en los diferentes periodos se determinaría con una investigación exhaustiva de un año para determinar si hay diferencias significativas en distintas temporadas climáticas.

Según los resultados de los índices Biótico andino y EPT, la calidad del agua de los sitios 1 y 3 es similar; sin embargo, la del sitio 2 es diferente, debido, posiblemente, a que esta última estación es la única donde hay ganadería en zonas aledañas a la vegetación ribereña.

Los trabajos [4] y [7] sugieren que, a pesar de que con el Índice Biótico Andino es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones entre sitios, este no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad del agua.

La concentración de oxígeno generalmente es alta y constante en ríos andinos, por ello éste no suele ser un factor limitante.

VII. CONCLUSIÓN

- En conclusión, según el Índice Biológico Hilsenhoff, la calidad de agua en los sitios 1 y 2 es media, con un grado de contaminación orgánica media probable. En el sitio 3 la calidad de agua es buena con grado contaminación orgánica alta considerablemente probable.
- El Índice biótico EPT, el Índice Biológico Hilsenhof y las características fisicoquímicas son los parámetros que se utilizaron para

determinar la calidad de agua. En Añaspuquio la calidad de agua es regular; en Yaropuquio es mala y en Loma Chacachimpa, buena.

- Se identificó que Las amenazas identificadas en las tres zonas son la práctica de la ganadería (por ejemplo, se las vacas toman el agua de los ríos) y la agricultura, con el uso inadecuado de fertilizantes, insecticidas y herbicidas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] RIOS, B., R. ACOSTA, N. PRAT. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 2014, 62.
- [2] ODNUPLAY-FAO. *Guías para la determinación de requerimientos de agua*. Roma: 2006.
- [3] ROMERO, F.H., MANZO, C. NIETO, C. Y M. ORCE. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnetica*, 2002, Vol. 21.
- [4] TERCEDOR, ALBA. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de aguas en los ríos. Simposio de Andalucía. Andalucía: 1996.
- [5] LOAYZA MURO, Raúl. *Guía de Bioindicadores de Quillcay*. 2003.
- [6] ARCHANGELSKY, M. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán (Argentina)*. Capítulo 6. Coleoptera, s.l.: Universitaria de Tucumán, 2001.
- [7] DE JUANA, J.M. *Energía renovable para el desarrollo*. Madrid: Thomson, 2003.



SISTEMA TELEOPERADO APLICADO A LA MANIPULACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS CON RIESGO BIOLÓGICO

Teleoperated system applied to handling biohazard hospital waste

Julio Astete Rupay¹, Dante Gallo Torres¹, Alberto Torres Hinostroza¹, Alex Peña Romero¹, Marco Sarmiento Cornejo¹

¹ Ingeniería Mecatrónica, Universidad Continental
Correo electrónico: 77660805@continental.edu.pe

Resumen. Los residuos sólidos son un problema social y ambiental que está latente. Su clasificación es un método muy práctico para su recolección, manipulación y tratamiento, esto es indispensable para efectuar una correcta gestión y subsanar el problema. Los residuos de tipo biológico son un caso especial porque pueden afectar de diversas formas la salud de quienes los manipulan, originando un gasto mayor a las empresas para garantizar la seguridad y el bienestar de su personal. Este proyecto plantea una solución que ataca directamente al problema del contacto directo y la mala manipulación de dichos residuos que limitan su tratamiento y generan un riesgo al usuario, además da una opción de erradicar los altos gastos que generan.

Se presenta un «Sistema teleoperado para la manipulación de residuos de riesgo biológico», con el cual se puede realizar la labor de manipulación a distancia en tiempo real y precisión durante el proceso. Este proyecto se basa en la tecnología del control teleoperado y se apoya en un brazo robótico para el contacto directo, que posee sensores para la recolección de datos que se transfieren a un ordenador, el cual procesa, ordena y logra la optimización del proceso. Se busca que el operador desempeñe su labor de manera segura y eficaz.

Palabras clave: Tecnología de teleoperado; brazo robótico; sensores.

Abstract. The solid wastes are a social and environmental problem and its classification is a very practical method for collection, handling and processing, it is essential to have proper management and mend the problem. The biological waste type is a special case because they can affect in various ways the health of those who manipulate the material, which results in higher spending to ensure safety and staff welfare. This project proposes a solution that directly attacks the problem of direct contact and poor handling of such waste that limit its treatment and became a risk to the user, also it gives an option to eradicate the high costs they generate.

Therefore, a «teleoperated system applied to hospital waste handling with biohazard» is presented; This may make the work of handling in real-time and accuracy during the process, this project is based on the technology of teleoperated control and relies on a robotic arm for direct contact, which will possess sensors to collect data to be transferred to a computer to process and short and thereby achieve process optimization. The project aims to enable the operator to carry out their work safely and effectively.

Keywords: Teleoperated technology; robotic arm; sensors.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos es una problemática general y la ingeniería no es ajena a ella, ya que puede plantear amplias soluciones al respecto, sobre todo en el manejo, tratamiento y/o manipulación de los residuos hospitalarios, actividad que debe realizarse de forma muy cuidadosa.

Según el *Manual de Difusión técnica* (DIGESA), los residuos hospitalarios son aquellos residuos de establecimientos de atención de salud y afines, es decir, residuos resultantes de la práctica médica, enfermería, dental, veterinaria o actividades similares, y residuos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes o de proyectos de investigación [1]. Por el riesgo que implica el manejo de estos residuos, se planearon sistemas de gestión de residuos hospitalarios [2], [3].

Los robots teleoperados [4] son utilizados para operar en entornos peligrosos y el operador del robot siempre estará en una zona segura, donde no corre ningún riesgo.

Ortiz Pámanes presentó en la Universidad Autónoma de México la tesis «Teleoperación de un manipulador de 5 grados de libertad utilizando Plataforma Virtual». Las funciones de la plataforma consisten en establecer, monitorear y supervisar la comunicación del robot manipulador con otros dispositivos de captura de posición y orientación espacial, como un mecanismo maestro instrumentado, acelerómetro o unidades inerciales. Su objetivo fue:

Teleoperar al manipulador: Alcanzar el movimiento interactivo, coordinado y semiautomático (teleoperado; en tiempo real; en línea) de las articulaciones del robot prototipo (funciones y requerimientos de control supervisado), y monitorear el desempeño [5].

El objetivo del presente trabajo es implementar un sistema teleoperado en tiempo real para la manipulación y el control de residuos y evitar los riesgos para las personas que lo manipulen.

II. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis general

El sistema teleoperado manipula eficientemente los residuos hospitalarios con riesgo biológico.

Hipótesis específica

- El sistema teleoperado identifica y transporta correctamente los residuos con riesgo biológico.

- Los brazos robóticos funcionan simultáneamente con la estructura móvil y la interfaz diseñada.
- El sistema de posicionamiento y estabilidad funciona eficientemente y es controlado por cámaras y sensores.
- La interfaz diseñada aporta eficiencia al sistema.
- Evita el manejo y la manipulación directa de los residuos con riesgo biológico por parte del personal.

III. MARCO TEÓRICO

El sistema teleoperado está compuesto por:

1. Estructura

- 1.1. **Brazo robótico:** Sistema mecánico cuya finalidad es replicar la función de un brazo humano; generalmente, se requiere de un sistema de control para su operación. Este al igual que un brazo humano posee movimientos de traslación, desplazamiento lineal y, en caso de ser articulado, un movimiento rotacional.

El origen de la palabra robot es eslavo, proviene de *robot*, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada. El escritor checo Karel Capek (1890-1938) utilizó el término por primera vez en 1921. El brazo robótico se ideó con el objetivo de diseñar una máquina flexible, adaptable al entorno y de fácil manejo; actualmente tiene usos industriales y médicos, en las conocidas cirugías robóticas. Llegan a formar parte de un sistema aún más complejo llamado robot.

- 1.2. **Chasis:** El chasis es la estructura que brinda el soporte y rigidez al vehículo; en el caso de componentes electrónicos, es el mecanismo sobre el cual se montan los componentes electrónicos.

El chasis en la actualidad forma parte de todos los productos automovilísticos y es parte esencial en la construcción de los sistemas móviles.

- 1.3. **Sensores:** Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

2. Interfaz

Conjunto de dispositivos que permiten la interacción del operador con el sistema de teleoperación, así como con los monitores de video o cualquier otro dispositivo que permita al operador mandar información al sistema y recibir información del mismo.



La interfaz usada se clasifica dentro de las interfaces para control supervisado. En estas interfaces se da toda la información necesaria para que el operador sienta el máximo de telepresencia en el sitio remoto, hacen utilización de dispositivos ópticos con realimentación de fuerza y torque, dispositivos de realidad virtual, como guantes, lentes, trackers, todo lo que pueda servir para que exista el grado máximo de telepresencia.

3. Control

Proceso estructurado y de manejo de un sistema, para acreditar su correcto funcionamiento, así como el monitoreo necesario.

La manipulación de residuos con riesgo biológico está compuesta por:

3.1 Tipos de residuos

a) Residuos biosanitarios

- 1.1.1. Material en contacto con secreciones y fluidos corporales de los pacientes.
- 1.1.2. Restos de alimentos de pacientes infectados.
- 1.1.3. Dispositivos empleados en administración de nutrición parenteral.
- 1.1.4. Todos los frascos de plástico de medicamentos.
- 1.1.5. Medios de cultivo, previa desactivación.

b) Residuos cortopunzantes

Material que podría causar algún tipo de corte o penetración, por ejemplo, agujas sin capuchón, láminas de bisturí, lancetas, máquinas de afeitar, entre otros similares a los mencionados.

c) Residuos anatomo-patológicos

Placentas, amputaciones, gasas arteriales, liners, bolsa de sangre residual, drenaje de abscesos. «Partes y fluidos corporales que se remueven durante cirugías y necropsias.

d) Residuos fármacos citotóxicos

Restos de medicamentos citotóxicos y/o elementos que han tenido contacto directo con ellos.

e) Químicos de mercurio

El mercurio existe en varias formas: elemental (o metálico), inorgánico (al que la gente se puede

de ver expuesta en ciertos trabajos) y orgánico (como el metil-mercurio que penetra en el cuerpo humano por vía alimentaria).

3.2. Transporte

El transporte del robot se da mediante la adaptación del sistema de los «carros seguidores de línea» para que su ruta de transporte sea eficiente y no haya necesidad de un operador para el control de esta. También es posible adaptar al robot al sistema de «Los robots identificadores de obstáculo», para que tenga una ruta sin problemas. Para ambos casos, si el ambiente tiene escaleras, las ruedas pueden ser del tipo oruga para acreditar con esto un transporte eficiente.

La empresa MICROLOG por primera vez, en el año 2006, creó un carro seguidor de línea negra.

IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Disminuye en forma significativa el riesgo al que se expone el personal que labora en la manipulación de residuos que puedan causar algún tipo de daño a su salud, lo que resulta conveniente porque les brinda una mejor calidad de vida.
- Elimina el riesgo de brote de algún tipo de enfermedad o pandemia, ya que el personal que manipula los desechos de riesgo biológico no estará en contacto directo con ellos.
- Disminuye el estrés y la fatiga del personal, causados por el uso de implementos necesarios (guantes, mascarillas, mamelucos especiales, etc.) para la manipulación de los residuos, lo que resulta en un mejor desempeño y productividad.
- Reduce, en forma significativa, los gastos que ocasionan la manipulación tradicional de los residuos hospitalarios, ya que se produce un cambio en el proceso y la manipulación de los mismos, así como en el uso de los implementos requeridos.
- El proyecto cuenta con una interfaz hombre-máquina de fácil utilización, indispensable para la asimilación del operador.

Desventajas

- Limitaciones tecnológicas
- Los lugares en los que puede actuar el robot se encuentran limitados por las características físicas y mecánicas del proyecto.

- Mal manejo de los hospitales para la organización de sus desechos hospitalarios.

V. COMPONENTES DEL SISTEMA TELEOPERADO

1. Estructura

- Chasis con llantas
- Actuadores lineales
- Plancha de aluminio
- Base para la batería
- Guantes de brazo completo
- Brazo robótico

2. Electrónica

- Acelerómetros MPU 6050
- Arduino Mega 2560
- Sensor de distancia de ultrasonido HC-SR04
- Cámara IP
- Sensor PIR HC-SR501
- Batería de 12v Bsla-1208-Cpb
- Módulo Wi-Fi Esp8266
- Joystick palanca de mando para PC
- Otros
 - Puente h
 - Electroimán
 - Imán de neodimio
 - Reguladores de voltaje de 12v, 9v y 3.3v
 - Juegos de cables utp
 - Memoria flash

3. Software

- Software para medir la distancia con sensor ultrasónico
- Software para la recepción de datos de los acelerómetros con giroscopios
- Software para la recepción de datos y control de la cámara Wi-Fi
- Software para el control de los actuadores lineales
- Software para recepción de datos de los pulsadores de la mano
- Software para la recepción de datos del sensor PIR

- Software para recepcionar y mandar información por el módulo Wi-Fi
- Software para recepcionar datos del jhosting
- Software para el control del puente H
- Software para el control del electroimán
- Software para el uso de la memoria flash

Tabla 1. Datos técnicos

Cámara	
Calidad de imagen	Óptima Tamaño: VGA
Tiempo de retraso en la transmisión de la imagen	0,7 -1 segundo

Sensores	
PIR HC-SR501	Detección de movimiento de 109° aproximadamente
Ultrasonido HC-SR04	Alcance máximo en vacío de 3 metros

Brazo 6DOF	
Servomotores MG996	Fuerza de 15 kg x cm
Carga máxima en la garra	2,14 kg

Chasis	
Motorreductores de 12V	Tracción 4x4
Carga máxima	5 kg

VI. GESTIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS

El manejo integral de los residuos hospitalarios debe constituir una de las prioridades del Programa de Gestión de Calidad de cualquier organización sanitaria.

Los residuos sólidos hospitalarios (RSH), particularmente aquellos con características infecciosas u otras peligrosas, representan un riesgo para la salud de los operadores, la comunidad en su conjunto y el ambiente.

En la gestión integral de residuos sólidos hospitalarios (GIRH) juega un papel fundamental el personal asistencial, que es el que básicamente genera los residuos. Por tanto, es clave concienciar al personal asistencial sobre la importancia de la correcta GIRH, tanto desde la gestión económica como de la pre-



vención de riesgos laborales, así como en el impacto medioambiental.

Las principales vías de penetración de contaminantes biológicos en el cuerpo humano son:

Vía respiratoria: Por inhalación de las sustancias tóxicas se encuentran en el ambiente difundidas o en suspensión (gases, vapores o aerosoles).

Vía dérmica: Por contacto con la piel. En muchas ocasiones no se evidencian erupciones ni alteraciones notables en esta.

Vía digestiva: A través de la boca, esófago, estómago y los intestinos, por el hábito de ingerir alimentos, bebidas o fumar en el puesto de trabajo.

Vía parenteral: Por contacto con heridas que no han sido protegidas debidamente. Cuando la sustancia tóxica pasa a la sangre, ésta la difunde por todo el organismo con una rapidez que depende de la vía de entrada y de su incorporación a la sangre.

VII. FACTIBILIDAD DE PROYECTO

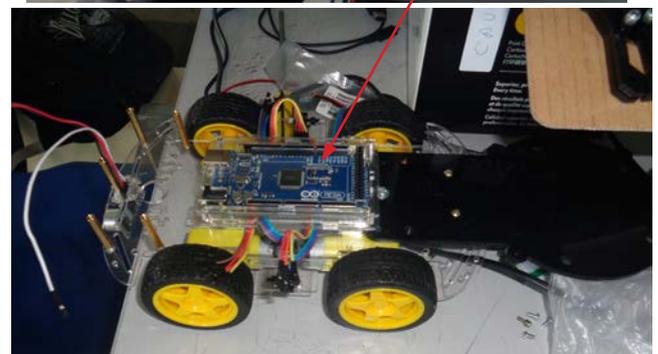
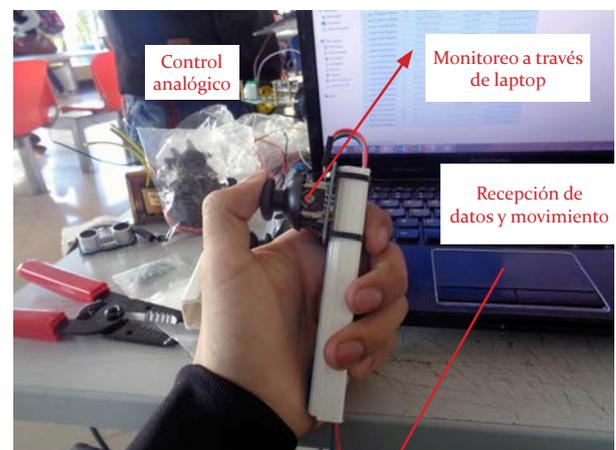
Se puede afirmar que la creación del sistema teleoperado propuesto es factible de realizar, puesto que el proyecto ya tiene sus semejantes como el «Relay», un pequeño robot que responde a pedidos en hoteles de California. La escala que usaremos para desarrollar nuestro prototipo es la adecuada para simular el funcionamiento real de este, ya que trabajarlo como prototipo es más viable que hacerlo en escala real.

Su uso en hospitales no es muy alejado de la realidad, puesto que, como ya lo mencionamos, en algunos hoteles, recepciones, cafés, entre otros, ya se utiliza esta tecnología para el trabajo requerido de cada uno.

Si hablamos de su transporte, pues no es algo muy complejo de asimilar ni de idear, ya que existe el famoso «obstáculo-espacio», el cual nos habla de un sensor para que el sistema pueda distinguir un obstáculo a priori y conseguir un espacio por el cual dirigirse posteriormente, sino también existen otros métodos, como, por ejemplo, el mapeo en el robot para así poder hacer de su transporte algo factible, o usar la teoría de los famosos seguidores de línea, para idear un plan de transporte.

VIII. RESULTADOS

- El proceso de control se realiza en dos medios: de acción y de control. El medio de acción es el espacio donde opera o realiza sus labores el robot, y el medio de control es el espacio en el cual el operario monitorea las condiciones y el estado del robot. Por ende, cuando hablamos de acción se estará haciendo referencia al robot, y cuando se hable de medio de control nos referiremos a la cabina de monitoreo y control.
- El robot consta de una parte estructural, electrónica y software. La estructura solo brinda el soporte, la estabilidad es parte esencial para la locomoción.



- En cuanto al funcionamiento, este se vale de una serie de sensores, los cuales sirven para tener un desplazamiento en el entorno adecuado y una buena respuesta ante el medio de control. El sensor HC-SR04 provee información de los obstáculos en su trayecto, datos que son utilizados para dos acciones, la primera la del accionamiento de los motores para el cambio de dirección y evadir el obstáculo y la segunda para la identificación y determinación de posibles amenazas y obstáculos inamovibles para el robot. Las medidas que se toman para este caso dependen de la cabina de control.



- La cámara Wi-Fi complementa la función anterior enfocándose en el segundo modo de uso de la información recibida por el sensor HC-SR04; su uso inalámbrico combina la función de monitoreo por video digital, el cual es proyectado al operador en la cabina. El modo de uso se da a través de una red LAN. Su uso depende de un medio de conexión Wi-Fi, para ello se complementa con el módulo Wi-Fi Esp8266, el cual incluye lo que se requiere para acceder a un punto de conexión Wi-Fi, se explota su capacidad de enviar información y de registro de datos.
- El sensor PIR o sensor piroeléctrico infrarrojo es un elemento pasivo con el cual pasamos a una selección específica del obstáculo que se presenta; en este caso, hablamos de un obstáculo humano, el medio de acción requiere de una correcta diferenciación entre un objeto inerte (residuos) y un ser humano, tomamos el calor corporal como punto de diferenciación entre estos dos.

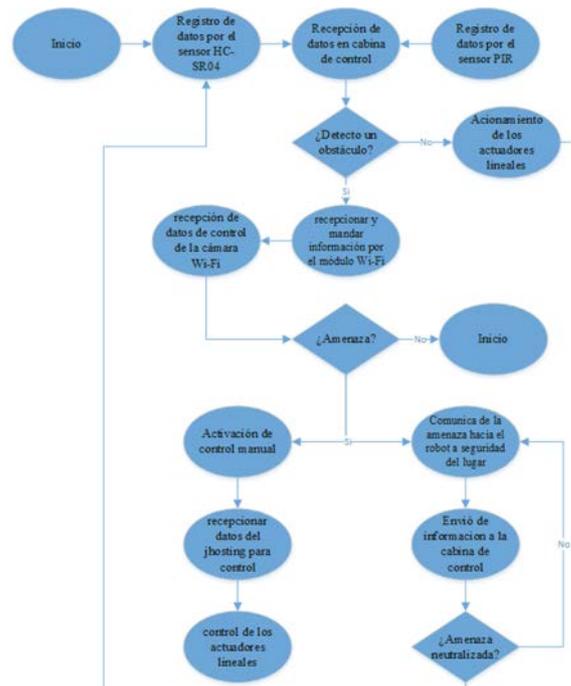


Cámara

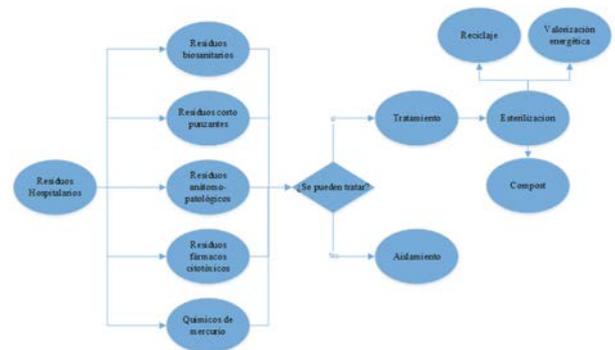
Sensores (PIR y ultrasonido)

- El modo de control requiere de un software, el cual integra las funciones de uso de los sensores mencionados según el proceso (ver Apéndice 1).
- Utilizar un software acompañado de cámaras y sensores para controlar un sistema es lo más apropiado, ya que permite la visualización del sistema en 360° para así evitar fallos en el control, y no estar propenso a diversos errores que por este se puedan producir.

Apéndice 1



Apéndice 2



- Es notorio que el sistema teleoperado que proponemos es altamente productivo y de gran ayuda para la prevención y reducción de daños o riesgo para el personal o afines de este.

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- La operación del sistema es idónea para lo requerido, pero no da respuesta inmediata ante una amenaza. La respuesta de la cámara IP con la conexión Wi-Fi limita el tiempo de respuesta ya que ésta presenta un retraso de entre 0,7 a 1 segundo en enviar la información.
- Se ha realizado una modificación en cuanto al posicionamiento de los sensores PIR, ya que necesitamos cubrir 360° para el registro de una presencia (ver Apéndice 2).





- La respuesta de los sensores, tanto del HC-SR501 como el HC-SR04, es inmediata y dentro del tiempo requerido para la evasión de obstáculos y libre locomoción en el entorno; la respuesta es transitoria y se hace una selección de prioridad entre los datos que toman ambos sensores, priorizando los del HC-SR04.
- En cuanto al medio de control el «Joystick Palanca de mando para PC» brinda una ergonomía y una facilidad de manejo de robot.
- La batería de 12v Bsla-1208-Cpb cumple bien su función de alimentación y requiere una carga de entre 6 a 7 horas.

X. CONCLUSIONES

- Se pudo comprobar la eficiencia en la manipulación de los residuos hospitalarios con riesgo biológico por parte del sistema teleoperado propuesto. La interfaz diseñada brinda la eficiencia que se requiere al sistema.
- Los brazos implementados son soportados sin esfuerzo por la estructura, además de poder sostener los recipientes de desechos para su desplazamiento.
- Los brazos robóticos funcionan simultáneamente con la estructura móvil y la interfaz, la respuesta de ambas es idónea para su operación, permitiendo fluidez de respuesta entre operario y sistema.
- El sistema teleoperado es muy eficiente en sus funciones, evita el riesgo y por ende su manipulación directa por parte del personal, ya que desempeña bien su función de transporte de los residuos biológicos.

XI. RECOMENDACIONES

Para el buen trabajo y rendimiento del proyecto, se recomienda lo siguiente:

- Es fundamental hacer el diseño antes del prototipo en sí.
- Se debe de tomar en cuenta a la población al que está dirigido el proyecto a fin de tener un diseño estructurado y más confiable para su creación,

viendo todas las falencias posibles a las que el proyecto está sujeto.

- En su aplicación es de suma importancia advertir los riesgos posibles de que el robot no cumpla su trabajo, es decir que se vea afectado por factores externos como el agua y algún tipo de ácido que sea no muy beneficioso.
- Es necesario hacer un listado de softwares, así como tipos de controladores para el sistema, con el objetivo de contrastar las variaciones de estos.

XII. AGRADECIMIENTOS

A la E.A.P. de Ingeniería Mecatrónica, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, por el apoyo económico brindado para el desarrollo de este proyecto.

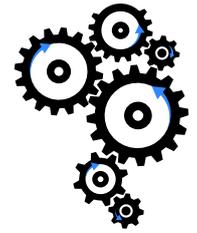
A los docentes Peña Romero, Alex Rodolfo y Sarmiento Cornejo, Marco Antonio por guiarnos con sus conocimientos.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DIGESA. *Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú*. Manual de Difusión Técnica N° 01. [En línea] Noviembre de 2006. <http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>.
- [2] CENAQUE. *Gestión Integral De Residuos Hospitalarios*. [En línea] Noviembre de 2010. http://www.cenaque.org.uy/documentos/gest_residuos.pdf.
- [3] MARMOLEJO, L.F., C.A. MADERA, P. TORRES. Gestión de los residuos sólidos en hospitales locales del norte del valle del Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2010, 28 (1).
- [4] NUÑO, E. y L. BASAÑEZ. *Teleoperación: técnicas, aplicaciones, entorno*. [En línea] 28 de abril de 2004. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/570/IOC-DT-P-2004-05.pdf?sequence=1>
- [5] PÁMANES, O., D. ALBERTO. *Teleoperación de un Manipulador de 5 grados de libertad*. [En línea] Agosto de 2014. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4381/Tesis.pdf?sequence=1>.



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.

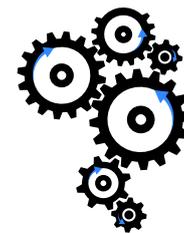
Apéndices, Opcional

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.