



**IngE<sup>e</sup>niería**  
*y sus alcances*  
Revista de Investigación

VOLUMEN 8 - NÚMERO 20

ENERO - ABRIL 2024

ISSN: 2664 - 8245

ISSN L: 2664 - 8245



CET-BOLIVIA®



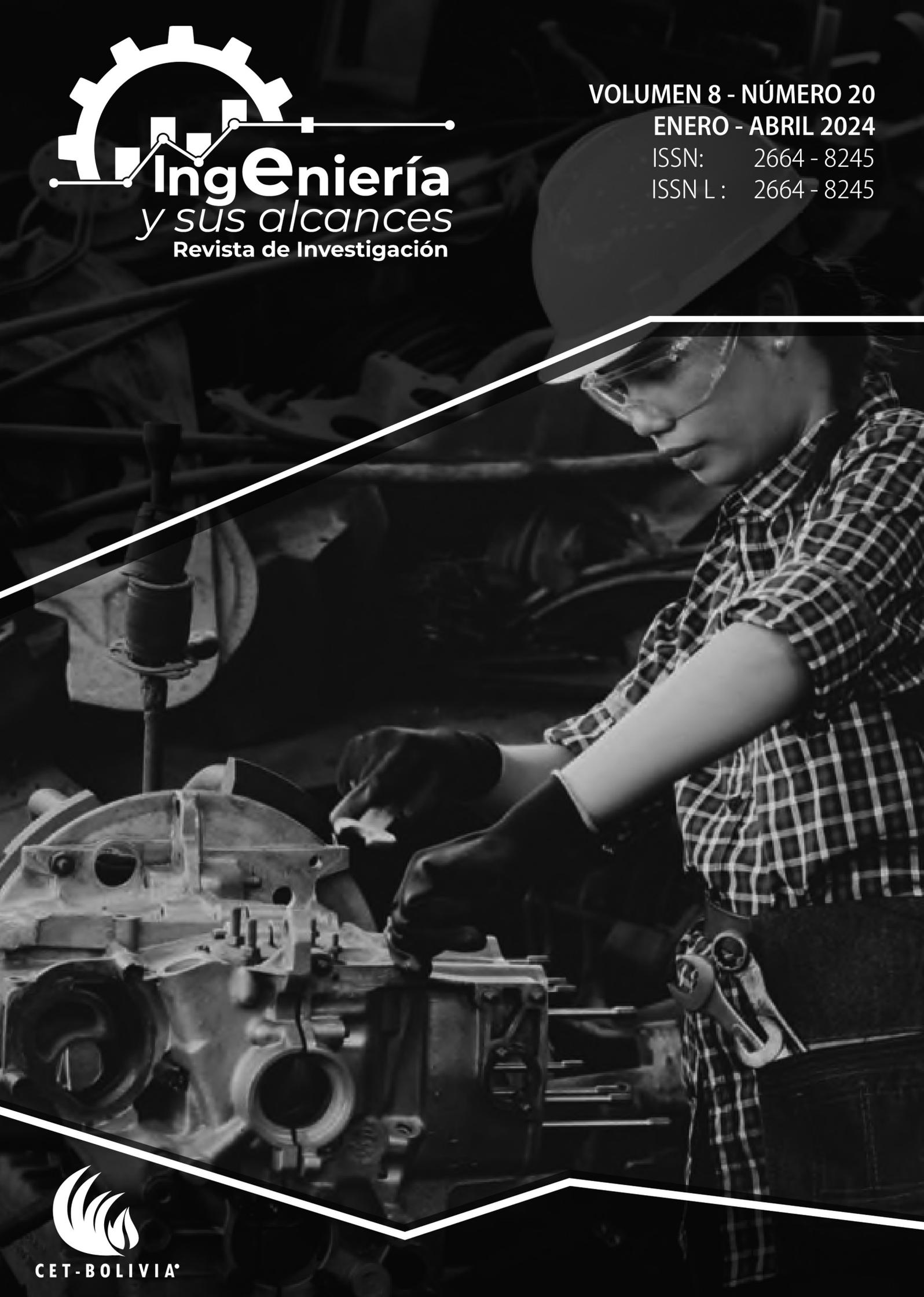
**IngE<sub>n</sub>iería**  
*y sus alcances*  
Revista de Investigación

VOLUMEN 8 - NÚMERO 20

ENERO - ABRIL 2024

ISSN: 2664 - 8245

ISSN L: 2664 - 8245



CET-BOLIVIA®

## CONTACTO

### Dirección postal

Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia  
Avenida Huayna Potosí N° 48  
Nuevos Horizontes III, Ciudad de El Alto  
La Paz - Bolivia  
Código Postal: 15000

### Contacto principal

**Dr. Feibert A. Guzmán P.** /Editor  
Correo electrónico: editor@revistaingenieria.org

### Contacto de asistencia

**Ing. Freddy Sánchez**  
Correo electrónico: soportesistemas@cetbolivia.org

### Información legal

ISSN: 2664-8245  
ISSN-L: 2664-8245

**Periodicidad:** Cuatrimestral

## AUTORIDADES

- Lic. David Max Olivares Alvares Msc., Director de Proyecto América
- Dr. José Lázaro Quintero Santos, Director Adjunto - Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
- Dr. Iván Javier Villamar Alvarado, Director Adjunto - Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia
- Lic. Edgar Olivares Alvares, Director de Posgrados
- Msc. Pedro Misacc Naranjo Bajaña, Director Administrativo
- Lic. Doris Lisbeth Villalba Fermín Msc., Directora de la Unidad de Publicaciones

## Equipo Editorial

### EDITOR/EDITOR

Dr. Feibert A. Guzmán P.  
Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia, Bolivia

### CONSEJO EDITORIAL / EDITORIAL BOARD

- ING. Guido Rosales Uriona, Yanapti SRL, Bolivia
- PhD. Grether Real Pérez, Ing., Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
- MSC. Carlos Carrion Rodríguez, CIP GmbH EEUU / Universidad Central del Ecuador, Ecuador
- Ing. Jorge Luis Martínez Valencia, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- PhD David Ernesto Marón Domínguez, Centro de Estudios Matemáticos, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba

## **COMITÉ CIENTÍFICO / SCIENTIFIC COMMITTEE**

- Dra. Elisa Inés Benítez, Universidad Tecnológica Nacional y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
- Ing. Guillermo A. Corres, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina
- PhD Fernando Del Vecchio, Universidad de las Américas, Ecuador
- Dr.-Ing. Gonzalo Salinas-Salas, Universidad de Talca, Chile
- PHD. (C) Gustavo Alonso Acosta Amaya, MSC., Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Colombia
- PhD Andrés Barrios Rubio, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia
- PhD María Ocampo Villegas, Universidad de la Sabana, Colombia
- PhD Andrés Escobar Mejía, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

## **EVALUADORES PARES / PEER REVIEWERS**

- Msc. Ing. Jovanny Rafael Duque, Institución Universitaria –ITSA, Colombia
- MSC. Mauricio Holguín Londoño, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- M.SC. Alejandro Duque Gómez, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- Msc. Rubén Iván Bolaños, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- PhD. César Augusto Quinayás Burgos, Universidad Antonio Nariño, Colombia
- MSC. Jovanny Rafael Duque, Institución Universitaria – ITSA, Colombia
- ING. Camilo Andrés Zapata Castillo, Potencia y Tecnologías Incorporadas, S.A.
- MSC. Paola Andrea De Antonio Boada, Universidad de Boyacá, Colombia
- MSc. PhD. (C) Mauricio Holguín Londoño, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- MSC. Rocio Del Rosario Ramos Rodríguez, Universidad del Norte- Colombia
- MSC. Luis Leonardo Camargo Ariza, Universidad de Magdalena- Colombia
- Dr. Jorge Gómez Rojas, Universidad de Magdalena- Colombia
- Ing. Byron Medina Delgado, Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia
- MSC. (C) Juan José Largo Fernández, Experto en Tecnología e Innovación Social y Educativa, Colombia
- MSc. Ricardo de Jesús Botero Tabares, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Colombia
- PhD. Jeimy J. Cano Martínez, Universidad del Rosario en Colombia.
- MSc. Jesús Estrada De La Hoz, Universidad del Norte Barranquilla, Colombia
- Dr. Davel Eduardo Borges Vasconcellos, Universidad de Camagüey, Cuba
- PhD Arlys Michel Lastre Aleaga, Universidad Tecnológica Equinoccial, Cuba
- Msc. Ing. Eduardo Javier Díaz Chicaiza, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
- Lic. Luis Manuel Alonso Águila, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
- Lic. José Martín Muñoz Salcedo, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
- Magister Henry Nelson Aguilera Vidal, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

- Ing. Geovanni Padilla Mora, Dirección General de Aviación Civil, Ecuador
- PhD. Enrique Gea Izquierdo, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Medicina, Ecuador
- MSC. Alan Arias Hernández, Universidad Tecnológica De Pereira, Colombia
- Dr. Guillermo Jarquín López, Instituto Politécnico Nacional, Argentina
- Dr. Jorge Sosa Pedroza, Instituto Politécnico Nacional, Argentina
- Dr. J. Félix Vázquez Flores, Instituto Politécnico Nacional, Argentina
- PhD. Verónica Delgado Cantú, Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- Dr. Rubén Salas Cabrera, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México
- Dr. José Genaro González Hernández, Universidad Tecnológica de Altamira / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México
- MSc Julio César Martínez Gámez, Universidad Tecnológica de Altamira, México
- Dr. Julio César Montiel Flores, Universidad De Guanajuato, Campus Celaya-Guanajuato- México
- Ing. Juan Reynaldo Oliva Córdova, SILCOM VolP & Security Services, Perú
- Dra. Carmen Luisa Vásquez Stanescu, Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela

## **EQUIPO TÉCNICO TÉCNICO / TECHNICAL TEAM**

### **Diseñadora**

Lcda. Betsabe Pari Quiñones

### **Diagramadora**

Lcda. Alba Gil

### **Traductores**

Dr. Emilio Arévalo

## **POLÍTICA**

### **Enfoque y Alcance**

### **Misión**

La Revista de Investigación de **Ingeniería y sus Alcances**, tiene como propósito lograr la difusión y divulgación de los avances y resultados de las investigaciones científicas en el área de Ingeniería de las universidades de Bolivia y todo el continente iberoamericano, bajo un enfoque multidisciplinario debido a la amplitud de su campo, manteniéndose en el contexto nacional e internacional.

## Alcance

La Revista de Investigación de **Ingeniería y sus Alcances**, es un nuevo medio de divulgaciones científicas representadas por las diferentes ramas como lo es la Industrial, Sistema, Electrónica, Civil, Petroquímica, Marítima, entre otras. Creada por el Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia, bajo la modalidad de acceso abierto. Esta revista busca posicionarse en los principales portales de indización, a través de las investigaciones científicas de calidad que se publicarán en ella. Posee además, un alcance internacional, y se mantiene abierta a todos los docentes e investigadores, y demás miembros de la comunidad de científica especializada en el área de ingeniería.

La Revista **Ingeniería y sus Alcances**, es una publicación periódica de aparición cuatrimestral, en español, arbitrada bajo el sistema de doble ciego; es una revista de acceso abierto. Tiene como propósito lograr la difusión y divulgación de los avances y resultados de las investigaciones científicas y humanísticas en todo el campo de la ingeniería.

La revista está dirigida a investigadores, docentes, estudiantes y demás personas involucradas en el quehacer científico. Los artículos recibidos por la Revista **Ingeniería y sus Alcances** serán revisados, arbitrados y aceptados, según los resultados arrojados de la evaluación por pares para su posterior edición y publicación.

El proceso de edición de la Revista **Ingeniería y sus Alcances**, se encuentra sometido bajo las normas y los estándares de control de calidad, garantizando la originalidad, pertinencia y actualidad de los artículos aceptados y publicados a través del establecimiento de principios de ética y políticas de detención de plagio.

## Políticas de sección

**Artículos de revisión.** El artículo de revisión se trata de un estudio detallado, selectivo y crítico que integra la información esencial en una perspectiva unitaria y de conjunto. Es un tipo de artículo científico que sin ser original recopila la información más relevante de un tema específico. Su finalidad es examinar la bibliografía publicada y situarla en cierta perspectiva. Debe describir la metodología que se empleará para el análisis o sistematización de la información, criterios de inclusión y exclusión, entre otras. Este artículo no debe exceder de 6000 palabras, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas deberán ir numeradas y estar escritas a espacio y medio.

**Investigación o colaboraciones.** Bajo este rubro, los trabajos deberán contemplar criterios como el diseño pertinente de la investigación, la congruencia teórica y metodológica, el rigor en el manejo de la información y los métodos, la veracidad de los hallazgos o de los resultados, la discusión de resultados, conclusiones, limitaciones del estudio y, en su caso, prospectiva. La extensión de los textos deberá ser de 15 cuartillas mínimo y 25 máximo, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas deberán ir numeradas y estar escritas a espacio y medio.

**Intervenciones educativas.** Deberán contar con un sustento teórico-metodológico encaminado a mostrar innovaciones educativas. La extensión de estos trabajos es de 15 cuartillas mínimo y 25 máximo, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas irán numeradas y se escribirán a espacio y medio.

**Reseñas de libros.** Deberán aproximarse de manera crítica a las ideas, argumentos y temáticas de libros especializados. Su extensión no deberá exceder las tres mil palabras, calculadas con el contador de Word, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas irán numeradas, con interlínea de espacio y medio.

**Reseña de revistas.** Se referirán revistas nacionales o internacionales cuya temática sea de interés para la comunidad científica. Deben estructurarse con: Título, resumen en inglés y español, descripción del área temática, tipo de artículo y periodicidad, editorial, Institución, país, localización. Máximo 2 páginas.

**Reseña de tesis y trabajos de grado.** Se referirán trabajos de investigadores de las universidades. Deben estructurarse con: título, autor (es), resumen del trabajo de investigación en español inglés (abstract) con las palabras claves, tipo de tesis (Doctoral, Maestría), tutor, departamento, universidad, fecha de aprobación. Máximo 2 páginas.

**Reseña de páginas web, blogs y otros documentos electrónicos.** se referirán a trabajos o referencias de trabajos publicados en Internet que sean de interés para el campo académico e investigativo. Deben estructurarse en: título, autor (es) de la revisión, breve información sobre el contenido, especificación de dirección(es) electrónicas y los aportes que justifican dicha referencia. Máximo 4 páginas.

**Eventos.** Los docentes e investigadores que asistan a eventos académicos nacionales o internacionales divulgarán las ponencias, conferencias, foros, simposios entre otras actividades que se hayan sido presentadas o por presentar en un evento. El archivo debe ir estructurado de la siguiente manera: objetivos, resultados, conclusiones y propuestas generados en los mismos. Deben señalar datos de identificación: nombre del evento, lugar fecha y objetivos. También forman parte de esta sección, la promoción y difusión de jornadas, congresos, reuniones y conferencias nacionales e internacionales de interés para los lectores. Máximo tres cuartillas.

## Proceso de evaluación por pares

El tiempo estimado desde la aceptación del trabajo por los evaluadores hasta la publicación se estima de tres (3) meses. La Revista **Ingeniería y sus Alcances** del CET, se reserva el derecho de sugerir modificaciones formales a los artículos que sean aceptados para su publicación. Todos los textos enviados deben regirse por las Normas APA *para la presentación de artículos*.

Este sistema de control de calidad se desarrolla durante todo el proceso editorial de la revista en formato digital, de la siguiente manera:

Inicia con el proceso de recepción de las propuestas de artículos que realiza el (los) autor (es). Seguidamente, el artículo es evaluado de forma rigurosa por el Comité Editorial previendo que posea los parámetros de estructura claridad de los objetivos, coherencia de las ideas, pertinencia de la metodología, solidez de los resultados y discusión, conclusiones y referencias, en función de garantizar la pertinencia, originalidad del aportes, rigurosidad científica y la ética en el proceso editorial, reservándose el comité el derecho de remitir a expertos en la temática planteada.

Posteriormente, se asignarán dos pares externos a la institución editora, nacionales o internacionales, como evaluadores del artículo bajo la modalidad doble ciego, y en caso de presentarse desacuerdo en los conceptos, se asignará un tercer par evaluador para dirimir los desacuerdos; son ellos quienes realizarán observaciones y emitirán una dictamen en términos de: (a) Aceptado para publicación, (b) Pendiente de publicación, o (c) No se acepta para publicación.

Finalmente, el artículo es publicado en el número correspondiente al que se encuentre estructurado en función de temas actuales y pertinentes. Es por ello, que la propuesta de artículos es ingresada a nuestro sistema respondiendo a los parámetros establecidos por el Comité Editorial.

En el proceso de arbitraje se tienen en cuenta los siguientes criterios:

1. Cumplimiento de las normas del manual de publicaciones de la American Psychological Association (APA).
2. Pertinencia de la temática con el área de cobertura de lo publicado en por la Revista **Ingeniería y sus Alcances**.
3. Aporte de nuevos conocimientos teóricos y prácticos sobre la temática trabajada.
4. Rigurosidad y objetividad con la temática abordada.
6. Uso adecuado, claro y coherente del idioma escrito.
7. Actualización y vigencia del respaldo referencial informado (cinco últimos años).

### **Normas de entrega**

El autor deberá descargar del sitio web de la revista, llenar y adjuntar a su contribución el formato único que integra la siguiente información:

- Solicitud de evaluación del artículo. La declaración de autoría individual o colectiva (en caso de trabajos realizados por más de un autor); cada autor o coautor debe certificar que ha contribuido directamente a la elaboración intelectual del trabajo y que lo aprueba para ser evaluado por revisores pares a doble ciego y, en su caso, publicado. Declaración de que el original que se entrega es inédito y no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación. Datos: nombre, grado académico, institución donde labora, domicilio, teléfono, correo electrónico editor@revistadeingenieria.org
- Currículo resumido del autor que no exceda de 5 líneas, en hoja aparte.
- El trabajo y los documentos solicitados arriba se enviarán a la dirección electrónica Los trabajos deberán presentarse en tamaño carta, con la fuente Times New Roman de 12 puntos, a una columna, y en mayúsculas y minúsculas. El título deberá ser en trilingüe (español, inglés y portugués) y no podrá exceder las 15 palabras.
- Toda contribución deberá ir acompañada de un resumen en español que no exceda de 150 palabras, con cinco a seis palabras clave que estén incluidas en el vocabulario controlado del IRESIE, más la traducción de dicho resumen al inglés (abstract) con sus correspondientes palabras clave o key words y Portugués Resumo (obsérvese la manera correcta de escribir este término).

- Las palabras clave se presentarán en orden alfabético. Todos los trabajos deberán tener conclusiones.
- Los elementos gráficos (cuadros, gráficas, esquemas, dibujos, fotografías) irán numerados en orden de aparición y en el lugar idóneo del cuerpo del texto con sus respectivas fuentes al pie y sus programas originales. Es decir, no deberán insertarse en el texto con el formato de imagen. Las fotografías deberán tener mínimo 300 dpi de resolución y 140 mm de ancho.
- Se evitarán las notas al pie, a menos de que sean absolutamente indispensables para aclarar algo que no pueda insertarse en el cuerpo del texto. La referencia de toda cita textual, idea o paráfrasis se añadirá al final de la misma, entre paréntesis, de acuerdo con los lineamientos de la American Psychological Association (APA).
- La lista de referencias bibliográficas también deberá estructurarse según las normas de la APA y cuidando que todos los términos (& In, New York, etcétera) estén en español (y, En, Nueva York, etcétera).
- Todo artículo de revista digital deberá llevar el DOI correspondiente, y a los textos tomados de páginas web modificables se les añadirá la fecha de recuperación. A continuación se ofrecen algunos ejemplos.

### **Libro**

Skinner, B. F. (1971). *Beyond freedom and dignity*. Nueva York, N. Y.: Knopf.

Ayala de Garay, M. T., y Schwartzman, M. (1987). *El joven dividido: La educación y los límites de la conciencia cívica*. Asunción, pa: Centro Interdisciplinario de Derecho Social y Economía Política (CIDSEP)

### **Capítulo de libro**

Helwig, C. C. (1995). Social context in social cognition: Psychological harm and civil liberties. En M. Killen y D. Hart (Eds.), *Morality in everyday life: Developmental perspectives* (pp. 166-200). Cambridge, ru: Cambridge University Press.

### **Artículo de revista**

Gozálvez, V. (2011). Educación para la ciudadanía democrática en la cultura digital. *Revista Científica de Educomunicación* 36(18), 131-138.

### **Artículo de revista digital**

Williams, J., Mark G., y Kabat-Zinn, J. (2011) *Mindfulness: Diverse perspectives on its meaning, origins, and multiple applications at the intersection of science and dharma*. *Contemporary Buddhism* 12(1), 1-18. Doi: 10.1080/14639947.2011.564811

## Fuentes electrónicas

Sistema Regional de Evaluación y Desarrollo de Competencias Ciudadanas (2010). Sistema Regional de Evaluación y Desarrollo de Competencias Ciudadanas. Recuperado de: [http://www.sredecc.org/imagenes/que\\_es/documentos/SREDECC\\_febrero\\_2010.pdf](http://www.sredecc.org/imagenes/que_es/documentos/SREDECC_febrero_2010.pdf)

Ceragem. (n. d.). Support FAQ. Recuperado el 27 de julio de 2014, de: <http://basic.ceragem.com/customer/customer04.asp>

## Política de acceso abierto

La Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances**, en su misión de divulgar la investigación y apoyar el conocimiento y discusión en los campos de interés proporciona acceso libre, inmediato e irrestricto a su contenido de manera libre mediante la distribución de ejemplares digitales. Los investigadores pueden leer, descargar, guardar, copiar y distribuir, imprimir, usar, buscar o referenciar el texto completo o parcial de los artículos o de la totalidad de la Revista, promoviendo el intercambio del conocimiento global.

La Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances**, se acoge a una licencia Creative Commons (CC) de Atribución – No comercial – Compartir igual, 4.0 Internacional: “El material creado puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original”.

Para más información: <http://co.creativecommons.org/tipos-de-licencias/> Las licencias CC se basan en el principio de la libertad creativa con fines académicos, científicos, culturales. Las licencias CC complementan el derecho de autor sin oponerse a este.

## Derechos de autor

Al enviar los artículos para su evaluación, los autores aceptan que transfieren los derechos de publicación a la Revista de Investigación de Ingeniería y sus Alcances, para su publicación en cualquier medio. Con el fin de aumentar su visibilidad, los documentos se envían a bases de datos y sistemas de indexación, así mismo pueden ser consultados en la página web de la Revista: <http://revistaingenieria.org> Por último, la Revista se acoge en todo lo que concierne a los derechos de autor, al reglamento de propiedad intelectual del Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia, el cual se encuentra en la siguiente dirección: <https://www.cetbolivia.org>

## Principios éticos y buenas prácticas

Los artículos publicados en la Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances**, son sometidos al cumplimiento de los principios éticos contenidos en las diferentes declaraciones y legislaciones sobre propiedad intelectual y derechos de autor específicos del país donde se realizaron el estudio. Por tal motivo, los investigadores o autores de los artículos aceptados para publicar y que presentan resultados de investigaciones, deben descargar y firmar la declaración de originalidad, de cesión de derechos y de cumplimiento total de los principios éticos y las legislaciones específicas.

## Antiplagio

Todos los artículos sometidos a revisión en Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances** son inspeccionados por una disciplinada política antiplagio que vela por la originalidad de los artículos. Para ello se utilizan distintos servicios especiales que analizan los textos en busca de coincidencias gramaticales y ortotipográficas, lo que garantiza que los trabajos sean inéditos y que cumplan con los estándares de calidad editorial que avalen producción científica propia.

Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances** como publicación que busca excelencia a nivel internacional, se inspira en el código ético del Comité de Ética de Publicaciones (COPE), dirigido a editores, revisores y autores.

## RESPONSABILIDADES DE LOS AUTORES

Los autores de los artículos enviados a la Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances** certifican que el trabajo es original e inédito, que no contiene partes de otros autores ni de trabajos ya publicados por los autores. Además, confirman la autenticidad de los datos y que no han sido alterados.

- El autor no debe publicar artículos en los que se repitan los mismos resultados en más de una revista científica u otra publicación académica o de otro carácter. La propuesta simultánea a múltiples revistas científicas de un mismo trabajo es considerada éticamente incorrecta y reprobable.
- El autor debe suministrar siempre la correcta indicación de las fuentes y aportes a los que se hace mención en el artículo.
- Los autores garantizan la inclusión de las personas que han contribuido de manera científica e intelectual en la conceptualización y la planificación del trabajo como en la interpretación de los resultados y en la redacción del mismo. Al mismo tiempo se jerarquiza el orden de aparición de los autores de acuerdo a su nivel de responsabilidad e implicación.
- En caso de que el Consejo Editorial lo considere apropiado, los autores de los artículos deben poner a disposición también las fuentes o datos en los que se basa la investigación, que puede conservarse durante un período razonable de tiempo después de la publicación y posiblemente hacerse accesible.
- Todos los autores están obligados a declarar explícitamente que no hay conflictos de intereses que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas. Los autores también deben indicar cualquier financiación de agencias y/o de proyectos de los que surge el artículo de la investigación. Cuando un autor identifica un error en su artículo, deberá inmediatamente informar a los editores de la revista y proporcionar toda la información necesaria para realizar las correcciones pertinentes. La responsabilidad del contenido de los artículos publicados en la Revista de **Investigación de Ingeniería y sus Alcances** es exclusiva de los autores.

## COMPROMISOS DE LOS REVISORES

La revista de Ingeniería y sus Alcances se ampara para la revisión de artículos bajo el sistema de evaluación por pares de doble ciego, el cual consiste en que dos expertos en la materia sobre la que trata un trabajo evalúan el mismo. El sistema de doble ciego, además, significa que los expertos no conocen la identidad del autor o autores del trabajo, ni viceversa. Los revisores asumen el compromiso de realizar una revisión crítica, honesta, constructiva y sin sesgo, tanto de la calidad científica como de la calidad literaria del escrito en el campo de sus conocimientos y habilidades.

- El revisor que no se sienta competente en la temática a revisar o que no pueda terminar la evaluación en el tiempo programado, deberá notificar de inmediato a los editores. Los revisores se comprometen a evaluar los trabajos en el menor tiempo posible para respetar los plazos de entrega, dado que en la Revista **Ingeniería y sus Alcances** los límites de custodia de los manuscritos en espera son limitados e inflexibles por respeto a los autores y sus trabajos.
- Cada manuscrito asignado debe ser considerado como confidencial. Por lo tanto, estos textos no se deben discutir con otras personas sin el consentimiento expreso de los editores. Impugnables.
- La revisión por pares debe realizarse de manera objetiva. Los revisores están obligados a dar razones suficientes para cada una de sus valoraciones, utilizando siempre la plantilla de revisión. Los revisores entregarán un informe crítico completo con referencias adecuadas según protocolo de revisiones de la Revista **Ingeniería y sus Alcances** y las normativas públicas para los revisores; especialmente si se propone que el trabajo sea rechazado. Están obligados a advertir a los editores si partes sustanciales del trabajo ya han sido publicadas o están bajo revisión para otra publicación.
- Para garantizar que el proceso de revisión sea lo más objetivo, imparcial y transparente posible, la identidad de los autores se suprime antes de ser enviados los trabajos a revisión por pares. Si se da el caso de que por alguna razón se ha visto comprometida la identidad de los autores, sus filiaciones institucionales o algún otro dato que ponga en riesgo la anonimidad del documento, el revisor debe notificar de inmediato a los editores.

## Visibilidad

Financiada por el Centro de Estudios Transdisciplinario de Bolivia (CET-Bolivia)  
Publicada bajo la licencia Creative Commons

## Autoarchivo

Una vez se disponga del documento en PDF editado, el autoarchivo se deposita en los sistemas de información:

- Open Journal System (OJS).
- Repositorio del Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia.

## CONTENIDO

---

### EDITORIAL

13

---

### INVESTIGACIONES

**Sistema Web progresivo de comercio electrónico con pasarela de pagos online.**

Progressive Web Trading System Electronic with online payment gateway.

*Sistema web progressivo de comércio email con pasarela de pagos online.*

**Edwin Patricio Logro Masabanda**

15

---

**Modelo de Aprendizaje Profundo para identificar plagas en la producción de quinua.**

Deep Learning Model to identify pests in quinoa production.

*Modelo de Deep Learning para identificar pragas na produção de quinua.*

**José Amilcar Cayllante Tapia**

31

---

**Índices de calidad de suelo en Sistemas Convencional y Agroforestal de la Estación Experimental Sapecho.**

Soil quality indices in Conventional and Agroforestry Systems of the Sapecho Experimental Station.

*Índices de qualidade do solo em Sistemas Convencionais e Agroflorestais da Estação Experimental Sapecho.*

**Carlos Eduardo Choque Tarqui; Melany Gutiérrez Hurtado, y Celso Ticona Quispe**

49

---

**Modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A.**

Planning and programming model for the production of the company MATEC S

*Modelo de planejamento e programação da produção da empresa MATEC S.A.*

**José Enrique Luna Sandoval**

60

---

### CURRÍCULO DE AUTORES

71

## Editorial

La tecnología impulsa el desarrollo de la ingeniería, optimizando procesos en diversos campos. Los ingenieros, con su conocimiento y habilidades, aprovechan las tecnologías para construir nuevos saberes y ampliar las fronteras de esta área. La Revista Ingeniería y sus Alcances, en su edición Número 8, Volumen 20, presenta con entusiasmo cuatro publicaciones sobre diferentes tipos de tecnologías aplicadas a la optimización del funcionamiento de las instituciones. Esta selección de manuscritos abarca temas de gran interés en el campo de la ingeniería, invitando a los lectores a explorar las últimas investigaciones y avances en esta área.

En primer lugar, presentamos la investigación de Edwin Patricio, Logro Masabanda, dirigida a desarrollar un sistema de software destinado al control de ventas e inventarios de productos ferreteros en la Empresa Logro, al Sur de Quito, con la finalidad de contribuir a la mejora de los procesos de ventas e inventarios y como aporte al desarrollo tecnológico a esta organización y a la comunidad a la que brinda sus servicios. La investigación fue del tipo proyectiva y se tituló: “Sistema Web progresivo de comercio electrónico con pasarela de pagos online”.

En segundo lugar, avanzando en la innovación tecnológica para la agricultura les presentamos el artículo denominado: “Modelo de Aprendizaje Profundo para identificar plagas en la producción de quinua” en la Asociación de Productores Agropecuarios de Jopopamba, donde José Amilcar Cayllante Tapia, con la finalidad de identificar las plagas en los cultivos y ofrecer una herramienta útil para esta institución, a través de la construcción del modelo de aprendizaje profundo y la aplicación móvil.

En tercer lugar, José Enrique, Luna Sandoval, diseñó un modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A. del Grupo Eduardo. El enfoque seleccionado fue mixto, tipo proyectiva. El investigador logró simular el modelo de planificación, ofreciendo herramientas de gestión para varios departamentos de manera simultánea, de esta forma, poner en marcha este diseño, reporta variedad de beneficios a la empresa.

## Editorial

Finalmente, cerramos este volumen con un interesante estudio denominado: “Índices de calidad del suelo en Sistemas Convencional y Agroforestal de la Estación Experimental Sapecho” dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, en el que un equipo conformado por Carlos Eduardo, Choque Tarqui, Melany, Gutiérrez Hurtado y Celso, Ticona Quispe llevaron a cabo su investigación con el objetivo de determinar los índices de calidad del suelo (ICS) en sistemas convencional y agroforestal entre 2016 y 2022. Con un enfoque cuantitativo, ofrece una metodología innovadora para estudiar las características físicas del suelo y su calidad como recurso natural esencial para la agricultura.

Desde este escenario, despedimos esta edición satisfechos del trabajo realizado; todo en aras de seguir enriqueciendo y actualizando los saberes de la ingeniería. Igualmente, los invitamos a seguir participando en los próximos números para dar a conocer sus hallazgos de investigación y consolidar nuestra comunidad científica.

Estamos seguros de que estos artículos les brindarán información valiosa y les ayudarán a mantenerse actualizados con las últimas tendencias en la ingeniería.



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i20.114>



 Dr. Feibert A. Guzmán P  
Editor Revista de Investigación Ingeniería y sus  
**ALCANCES**





# Sistema Web progresivo de comercio electrónico con pasarela de pagos online

Progressive Web Trading System Electronic with online payment gateway

Sistema web progressivo de comércio email con pasarela de pagos online

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i20.115>

**Edwin Patricio Logro Masabandas** 

edwin.logro@iatec.com

Universidad Adventista de Bolivia. Cochabamba, Bolivia

Artículo recibido 14 de noviembre 2023 / Aceptado 13 de diciembre 2023 / Publicado 10 de enero 2024

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de desarrollar un sistema de software destinado al control de ventas e inventarios de productos ferreteros en la empresa LOGRO. Para llevar a cabo este trabajo, se utilizó el enfoque cuantitativo, tipo proyectiva, con un diseño no experimental. Para la implementación de este software, se emplearon las herramientas de desarrollo: Framework Laravel 8 para la codificación del sistema, y plantillas Ecommerce para la creación de la interfaz del Administrador y del Cliente. Se empleó Laravel Blade para diseñar dichas interfaces. Para la base de datos del sistema, se optó por MySQL como gestor de bases de datos. Se concluye que, mediante la construcción de este software se contribuye a la mejora de los procesos de control de ventas e inventarios. También, se espera con este software, realizar un aporte al desarrollo tecnológico de esta institución y a la comunidad a la que sirve y brinda sus servicios.

**Palabras clave:** Comercio electrónico; Pagos online; Sistema Web

## ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of developing a software system aimed at controlling sales and inventories of hardware products in the company LOGRO. To carry out this work, a quantitative, projective and evaluative approach was used, with a non-experimental design. For the implementation of this software, development tools were used: Laravel 8 Framework for system coding, and Ecommerce templates for creating the Administrator and Client interface. Laravel Blade was used to design these interfaces. For the system database, MySQL was chosen as the database manager. It is concluded that, by building this software, we contribute to the improvement of sales and inventory control processes. Also, it is expected with this software to make a contribution to the technological development of this institution and the community it serves and provides its services.

**Key words:** E-commerce; Online payments; Web System

## RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de desenvolver um sistema de software voltado ao controle de vendas e estoques de produtos de hardware na empresa LOGRO. Para a realização deste trabalho foi utilizada uma abordagem quantitativa, projetiva e avaliativa, com desenho não experimental. Para a implementação deste software foram utilizadas ferramentas de desenvolvimento: Laravel 8 Framework para codificação do sistema e templates de Ecommerce para criação da interface Administrador e Cliente. Laravel Blade foi usado para projetar essas interfaces. Para o banco de dados do sistema, o MySQL foi escolhido como gerenciador de banco de dados. Conclui-se que, ao construir este software, contribuimos para a melhoria dos processos de vendas e controle de estoque. Além disso, espera-se com este software contribuir para o desenvolvimento tecnológico desta instituição e da comunidade que serve e presta os seus serviços.

**Palavras-chave:** Comércio eletrônico; Pagamentos online; Sistema Web

## INTRODUCCIÓN

El comercio electrónico E-Commerce, es un sector en constante crecimiento, y las empresas de todo el mundo están buscando formas de mejorar sus operaciones y ofrecer una mejor experiencia de compra a sus clientes. según Picazo, et al., (2014) definen el comercio electrónico (CE) como un proceso de automatizar la compra y venta de bienes y servicios, mediante la utilización de una aplicación informática para satisfacer las necesidades de los clientes y las empresas. Una de las tendencias más importantes en el CE es el uso de sistemas web progresivos, que son aplicaciones web que se pueden utilizar en cualquier dispositivo, desde ordenadores de sobremesa hasta dispositivos móviles. Esto los hace ideales para empresas que desean ofrecer una experiencia de compra fluida a sus clientes, independientemente del dispositivo que utilicen. Otra tendencia a nivel mundial en el comercio electrónico es el uso de pasarelas de pagos online, porque permiten a los clientes pagar sus compras de forma segura y sencilla.

En un estudio que antecede a la presente investigación realizado por Castro y Gómez (2021) titulado “aplicación Web progresiva de un Marketplace utilizando el Framework angular para promocionar el consumo de productos orgánicos en la ciudad de Guayaquil”, en el estudio se plantea el desarrollo de una nueva plataforma de tipo Marketplace que permita introducir el comercio electrónico en el sector de productos orgánicos como solución a las limitaciones de los negocios en sus procesos de venta, provocadas

por la pandemia, y a la baja oferta de este tipo de productos por internet, tomando como caso de estudio a pequeños productores o microempresarios que participan en la feria agrícola "BonaTerra" al norte de la ciudad de Guayaquil. A través de las metodologías de investigación cuantitativas y cualitativas dirigidas hacia vendedores y consumidores se identificaron los requerimientos de funcionalidad que fueron adaptados a la propuesta para satisfacer sus necesidades. Cuyos resultados fueron positivos ya que tanto el diseño, la usabilidad y facilidad, fue aceptada para uso frecuente. Concluyendo que la utilización del Market place ofrece una oportunidad para los negocios, para adaptarlos a la nueva realidad del mundo digital, y estableciendo una nueva forma de comunicación directa y eficiente con sus clientes.

Tal es el caso, de la presente investigación, pues ofrece nuevas tecnologías que facilitan los procesos de ventas e inventario y la entrada al mundo digital, así como una mejora en la experiencia del cliente, por lo novedoso de un sistema web progresivo de comercio, con pasarela de pagos on line, el cual también proveerá de mayor oferta y promoción de sus productos.

Otro precedente a la investigación es la realizada por Rodas en (2017) titulada: Efecto del Comercio Electrónico en el Proceso de Comercialización de Artesanías en la Empresa Industrias Prada, cuyo objetivo es determinar el efecto en el proceso de comercialización a través del uso del comercio electrónico en la empresa Industrias Prada. Con apoyo del diseño cuasi

experimental del enfoque cuantitativo con pre y post prueba, espaciados en un periodo de tiempo de cinco meses. Los resultados reflejan que no hubo variación significativa en cuanto al nivel ventas en el periodo analizado, pero sí hubo una variación positiva significativa respecto a la cobertura de publicidad que se incrementó exponencialmente, teniéndose este registro en la cantidad de visitas visualizadas en la herramienta google analytics. Para finalizar podemos puntualizar que este incremento en la cobertura publicitaria y de acceso a la empresa Industrias Prada, a través del portal web, incidió en el incremento de sus utilidades por la captación de nuevos clientes. Esta investigación confirma que implementar otras opciones en el sistema de ventas, inventario y publicidad es importante para las organizaciones, porque provee una experiencia satisfactoria a los clientes además de otorgar a la empresa un salto a las nuevas tecnologías.

Por lo anterior, es relevante realizar el presente estudio, para ello se llevó a cabo con el objetivo de desarrollar un sistema de software destinado al control de ventas e inventarios de productos ferreteros en la empresa LOGRO. Para la implementación de este software, se utilizaron las siguientes herramientas de desarrollo: el Framework Laravel 8 se empleó para la codificación del sistema, se aplicaron plantillas Ecommerce para diseñar la interfaz tanto del Administrador como del Cliente, y se utilizó Laravel Blade para la creación de dichas interfaces. En cuanto a la base de datos del sistema, se optó por MySQL como gestor de bases de datos.

El sistema ofrece una serie de funcionalidades clave. El administrador tiene la capacidad de registrar los productos de fabricación interna y los suministrados por diversos proveedores. También puede supervisar los niveles de stock mínimo y máximo de los productos. Además, se ha integrado la opción de realizar pagos en línea a través del servicio de PayPal. En un sentido similar, el usuario puede consultar y revisar las compras que haya realizado.

Con atención a esto, Lombardo, et.al., (2020) sustentan, que las aplicaciones Web trabajan con bases de datos que permiten procesar y mostrar información de forma dinámica para el usuario.

Hay que hacer notar que, el sistema también incluye una funcionalidad para gestionar la facturación electrónica, que será remitida tanto al Servicio de Rentas Internas (SRI) como al correo electrónico del cliente correspondiente. Por último, se proporciona la capacidad de generar informes de ventas y otros datos requeridos por las partes interesadas.

Bajo estas premisas, esta investigación se lleva a cabo en La empresa LOGRO, es de origen ecuatoriano y comenzó sus operaciones en 2012. Está ubicada en la parroquia de Cutuglagua, al sur de Quito, y tiene una experiencia de 8 años en el mercado ferretero. Su principal actividad es la fabricación y distribución de productos ferreteros. Con el tiempo, la empresa ha ampliado su catálogo, fabricando 23 productos propios y comercializando 271 artículos para ferreterías y obras de construcción. Actualmente, atiende a diversas regiones del Ecuador, incluyendo la

costa (Santo Domingo) y la sierra (Ambato, Quito, Latacunga, Ibarra y Riobamba).

Durante sus operaciones, se han identificado áreas de mejora. Los procedimientos actuales utilizados para el control de inventarios generan información incorrecta sobre el stock de productos. Además, se observa una gran cantidad de registros de notas de pedidos realizados de forma manual, lo que a veces conduce a pérdidas de información. También se nota que el proceso de entrega de facturas generadas manualmente para el cierre de ventas provoca inconsistencias en los datos y retrasos en el cumplimiento de obligaciones tributarias ante el Servicio de Rentas Internas (SRI).

Ante lo anterior planteado, Pérez y Tejada (2020) dejan en claro que el comercio electrónico ha cobrado fuerza las organizaciones han optado por cambiar el modelo tradicional de negocio revaluando y replanteando la supervivencia en el mercado basándose en la transformación digital convirtiéndose en el camino para lograrlo.

Por consiguiente, los procedimientos manuales ineficientes utilizados en el proceso de ventas y control de inventarios de la empresa LOGRO requieren una gestión de tiempo ineficiente y, en ocasiones, producen información incorrecta sobre el stock de productos actual. En este contexto, se propone el desarrollo de un sistema web progresivo de comercio electrónico con integración de facturación electrónica para abordar estos desafíos.

## MÉTODO

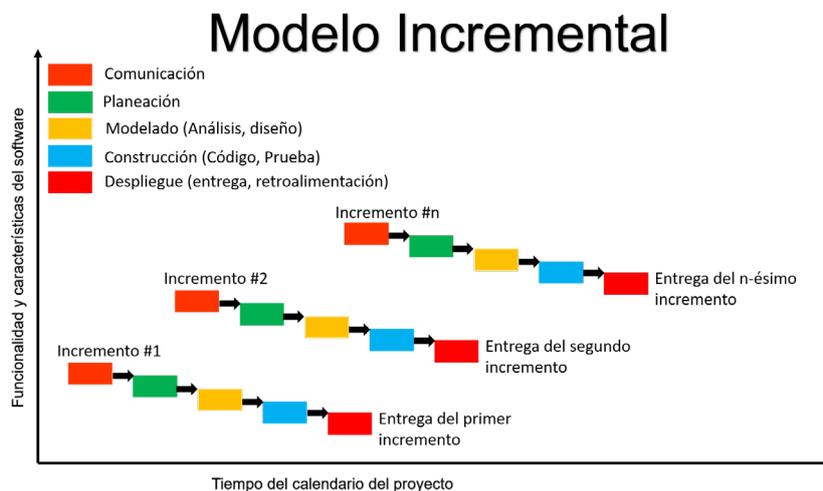
Para poder desarrollar el software, la investigación se orientó en el paradigma positivista bajo el enfoque cuantitativo, según Hernández et al. (2014) confirman que, en los estudios de tipo cuantitativos, el conocimiento hipotético debe ser objetivo, es tipo aplicada según Grajales (2000) busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. Es proyectiva siguiendo a Hurtado (2015) elaboración de una propuesta y su finalidad, es resolver una necesidad de tipo práctico, en este caso de un grupo social en un área particular del conocimiento, ya que esta propuesta consiste en hallar la solución de un problema práctico, el cual abarca nuevas formas de actuación, en este caso, desarrollar un sistema de software destinado al control de ventas e inventarios de productos ferreteros en la empresa LOGRO. El diseño es no experimental, Alan y Cortéz (2018) ya que el investigador describe todo el proceso del sistema web, sin compararlo con otro.

Para la construcción de este producto, se consideraron los siguientes módulos: autenticación de usuarios y carrito de compras, ventas e inventarios de productos ferreteros, pagos en línea a través de PayPal con facturación electrónica y generación de informes. Con el sistema desarrollado, es posible registrar productos de fabricación y de distintos proveedores, verificar el stock mínimo, crear cuentas de usuario para autenticación en la tienda en línea, realizar pagos

en línea a través de PayPal, verificar compras, confirmar la llegada de productos, descargar e instalar una aplicación en dispositivos móviles y gestionar facturación electrónica.

Igualmente, se eligió el modelo incremental para el desarrollo del proyecto, debido a su adecuación para proyectos pequeños y medianos, y la posibilidad de entregar un producto intermedio después de cada incremento para la retroalimentación del cliente. Según, Pérez (2016) el modelo incremental de gestión de proyectos

tiene como objetivo un crecimiento progresivo de la funcionalidad, es decir, el producto va evolucionando con cada una de las entregas previstas hasta que se amolda a lo requerido por el cliente o destinatario. Es decir, debe evaluarse cada etapa del sistema, y los responsables del proyecto deben analizar los resultados parciales para verificar que cumplan con el objetivo principal de su proyecto. Seguidamente, en la Figura 1, se muestran las fases del modelo incremental, Figura 1.



**Figura 1.** Fases del modelo incremental. Nota: Describe la funcionalidad y características, así como el tiempo del calendario del proyecto. Piattini (2021). Calidad de sistemas de información.

Como gestor de base de datos, se seleccionó MySQL como gestor de base de datos debido a su licencia gratuita, velocidad y facilidad de conexión con diversos lenguajes de programación. El MySQL está definido como:

Servidor de base de datos SQL multiproceso, multiusuario y robusto, está diseñado para sistemas de producción de carga pesada, así como a su integración en software de despliegue masivo, su principal característica se basa al ser software de código abierto (MySQL, 2020).

Tokio (2018) define MySQL como la base de datos de código abierto más popular del mundo, este gestor de bases de datos permite la interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP o Java.

También, se implementó la arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC) debido a su eficiencia en la organización de componentes internos y su capacidad de adaptarse a otros frameworks.

El MVC o Modelo-Vista-Controlador es un patrón de arquitectura de software que, utilizando 3 componentes (Vistas, Models y Controladores) separa la lógica de la aplicación de la lógica de la vista en una aplicación. Es una arquitectura importante puesto que se utiliza tanto en componentes gráficos básicos hasta sistemas empresariales (Hernández, 2015).

Se implementa el MVC ya que es una estructura de software muy útil para el desarrollo de sistemas web progresivos de comercio electrónico con pasarela de pagos online, siendo este el caso que ocupa la presente investigación, esta ofrece ventajas que incluyen la facilidad de mantenimiento, la reutilización, la seguridad y la escalabilidad. A continuación, la Figura 2.



**Figura 2.** Arquitectura MVC. Nota: La figura detalla el modelo de vista controlador del estudio.

De igual manera, se adoptó la facturación electrónica de acuerdo con la normativa ecuatoriana, ya que ofrece ventajas como seguridad, integridad, mejora de procesos y facilita la gestión de documentos. En una definición sobre facturación electrónica, se tiene que es un:

Documento tributario generado por medios informáticos en formato electrónico, que reemplaza al documento físico en papel, pero que conserva el mismo valor legal con unas condiciones de seguridad no observadas en las facturas en papel, tales como la inclusión de una cadena original y un sello digital que garantiza la

autenticidad de la factura, ya que esta es generada a partir de un certificado digital. (Contreras y Alonso, 2012).

También se propone, un pago online, ya que es una forma electrónica de pagar al vendedor a través del internet. El sistema de pago electrónico es una modalidad de pago asociada al comercio electrónico. Este sistema de pago, no obstante, también se ha extendido al mundo de la facturación y contabilidad online de instituciones autónomas y empresas, Gobierno del Encuentro (2020).

Con los pagos electrónicos se pretende conseguir un medio de pago que presente un conjunto de características propios de los sistemas de pago físicos, a la vez que permita realizar transacciones sin que los usuarios se encuentren físicamente, es decir, que se permitan transacciones remotas. (Ferrer, et al. 2008).

La modalidad de pagos online es muy importante, ya que permite ofrecer a los clientes una forma segura y sencilla de realizar sus compras, como se muestra la Figura 3.



**Figura 3.** Pasarela de pagos online. Nota: Las pasarelas de pagos, autorizan los pagos con tarjeta de débito o crédito, para negocios online y para los offline. Vargas D. (2023).

También, se desarrolló una Aplicación Web Progresiva (AWP) que utiliza tecnologías web comunes y permite funcionar sin conexión a Internet, optimizando la experiencia del usuario. Las aplicaciones Web son populares debido a lo práctico del navegador Web como cliente ligero, así como a la facilidad para actualizar y mantener aplicaciones Web sin distribuir e instalar software a miles de usuarios potenciales. Córdova (2018) señala que esta aplicación utiliza las últimas tecnologías disponibles en los navegadores para ofrecer una experiencia en dispositivos móviles similar a la de una aplicación nativa. Además,

las AWP: Son experiencias que combinan lo mejor de la web y lo mejor de las apps. Están disponibles para los usuarios a partir de la primera visita en una pestaña del navegador y no requieren instalación. Además, incrementan su funcionalidad a medida que se usa. (Guerra, 2021).

Ya que una AWP es una fusión entre dos tipos de aplicaciones, poseen varias ventajas clave maximizando las virtudes de ambas ya que tiene mayor rendimiento porque la carga de contenido es casi instantánea, utiliza menos recursos (almacenamiento, RAM, entre otros).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la investigación sobre el sistema web progresivo de comercio electrónico con pasarela de pagos online:

La ejecución de este proyecto, esto se llevó a cabo de manera incremental, a través de cuatro incrementos clave, cada uno de los cuales agregó funcionalidades y características esenciales al sistema. A continuación, se los resultados obtenidos en cada uno de estos incrementos, destacando su importancia para la empresa LOGRO y sus operaciones comerciales, a continuación, se describen los incrementos:

Para el primer Incremento: galería de productos y registro de proveedores: Se logró la implementación exitosa de la galería de productos en la tienda en línea. Esto permite a los clientes explorar el catálogo de productos de LOGRO de manera eficiente y visual, lo que mejora significativamente la experiencia de compra. Además, el sistema ahora permite que el administrador registre productos de fabricación interna y también registre a los distintos proveedores. Esta funcionalidad facilita el seguimiento y la gestión de la cadena de suministro, permitiendo a LOGRO mantener un inventario actualizado y diversificado.

Segundo incremento: venta de productos con pagos en línea: se implementó el módulo de venta de productos ferreteros con la posibilidad de realizar pagos en línea a través de PayPal. Esta característica es de suma importancia, ya que agiliza el proceso de compra para los clientes,

permitiéndoles crear cuentas personales y agregar productos al carrito de compras. Además, los clientes pueden realizar pagos de manera segura y verificar fácilmente sus compras realizadas. Esta funcionalidad no solo mejora la experiencia del cliente, sino que también acelera el flujo de ingresos para la empresa, lo que es esencial para mantener un flujo de efectivo saludable.

En el tercer incremento: control de inventarios y notificaciones de stock mínimo: se centró en el control de inventarios y la gestión de stock. El administrador ahora puede supervisar los productos con stock mínimo y máximo, lo que ayuda a prevenir la falta de productos esenciales y el exceso de inventario. Además, el sistema alerta automáticamente al administrador cuando un producto alcanza su stock mínimo, lo que permite una acción proactiva en la reposición de inventario. Esto es fundamental para garantizar que la tienda en línea siempre esté bien abastecida y lista para satisfacer la demanda de los clientes.

Finalmente, el cuarto incremento: facturación electrónica y reportes: marcó un hito importante al incorporar la facturación electrónica en el proceso de ventas. Esto permite al administrador verificar las ventas realizadas por los clientes, enviar comprobantes de pago al Servicio de Rentas Internas (SRI) y enviar facturas electrónicas a los correos electrónicos de los clientes. La inclusión de esta funcionalidad cumple con los requisitos legales y fiscales en Ecuador y garantiza que LOGRO esté en conformidad con las regulaciones gubernamentales. Además, el sistema proporciona

una interfaz para la gestión de ventas y ofrece la posibilidad de generar informes, lo que facilita el seguimiento y la evaluación de las operaciones comerciales.

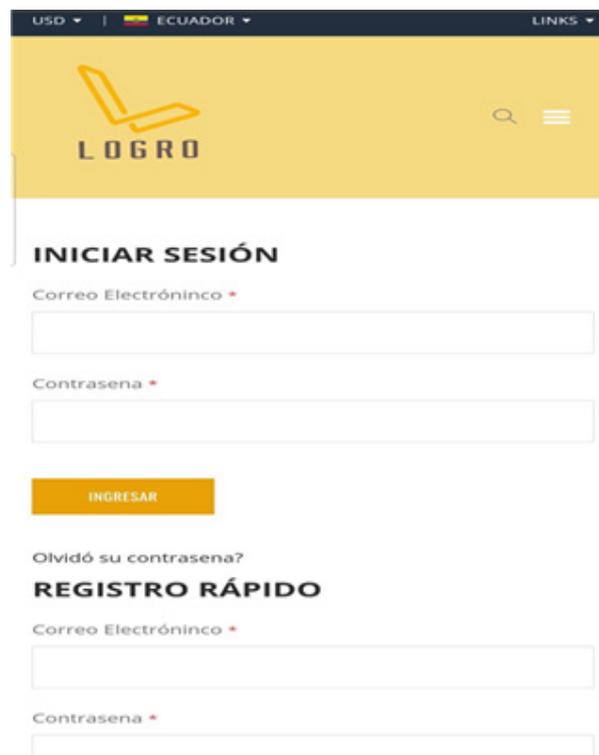
En cuanto a los beneficios generales y perspectivas futuras: estos resultados ofrecen una serie de beneficios significativos para la empresa LOGRO. La implementación exitosa de un sistema de comercio electrónico y control de inventarios ha permitido optimizar sus procesos internos, mejorar la experiencia del cliente y mantenerse al día con las regulaciones fiscales. Esto, a su vez, ha fortalecido su competitividad en el mercado y ha contribuido al desarrollo tecnológico de la organización.

Sin embargo, es importante destacar que este proyecto es solo el comienzo de una trayectoria continua de mejora y crecimiento. A medida que LOGRO continúa utilizando y adaptando

el sistema, existe un potencial considerable para expandir sus capacidades y abordar áreas adicionales, como los pagos a crédito y el control del proceso de producción de los productos.

En resumen, los resultados obtenidos hasta la fecha demuestran que este proyecto de desarrollo de software ha sido una inversión valiosa para LOGRO. Además de los beneficios tangibles, como la eficiencia operativa mejorada y el perfeccionamiento de la experiencia del cliente, este proyecto refleja el compromiso de la empresa con la innovación y la adaptación a un entorno empresarial en constante cambio. El sistema brinda a LOGRO una base sólida para seguir creciendo y prosperando en un mundo empresarial globalizado y digitalizado.

A continuación, se muestran algunas de las interfaces del sistema. En la Figura 4 se presenta la interfaz de inicio de sesión.



The image shows a web interface for LOGRO. At the top, there is a navigation bar with 'USD', 'ECUADOR', and 'LINKS'. Below this is a yellow header with the LOGRO logo and a search icon. The main content area is white and contains two sections: 'INICIAR SESIÓN' and 'REGISTRO RÁPIDO'. The 'INICIAR SESIÓN' section has two input fields for 'Correo Electrónico' and 'Contraseña', followed by an orange 'INGRESAR' button. Below this is a link 'Olvidó su contraseña?'. The 'REGISTRO RÁPIDO' section also has two input fields for 'Correo Electrónico' and 'Contraseña'.

**Figura 4.** Interfaz de inicio de sesión.

Seguidamente, en la Figura 5 se muestra la interfaz de la galería de productos del sistema software. Esta permite a los usuarios navegar por una colección de productos.

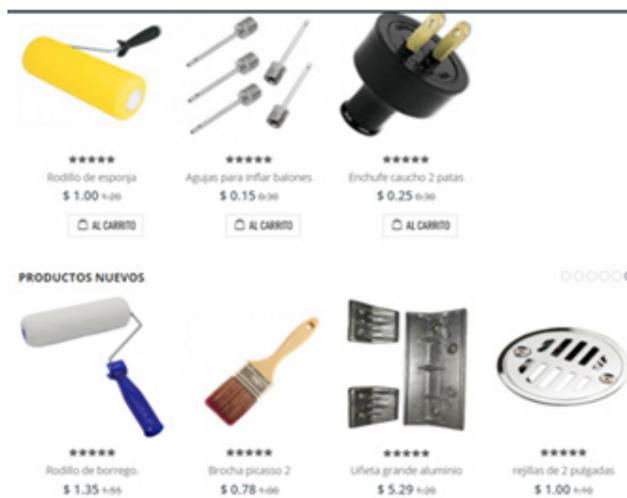


Figura 5. Interfaz de galería de productos.

A continuación, en la Figura 6 se muestra la interfaz del carrito de compras del sistema software. Esta interfaz permite a los usuarios agregar, eliminar y modificar los productos en su carrito de compras. Los usuarios pueden ver una lista de los productos en su carrito, así como el precio total de la compra.

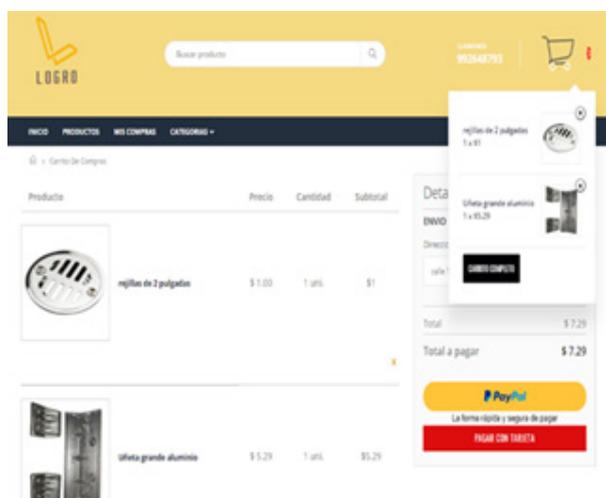
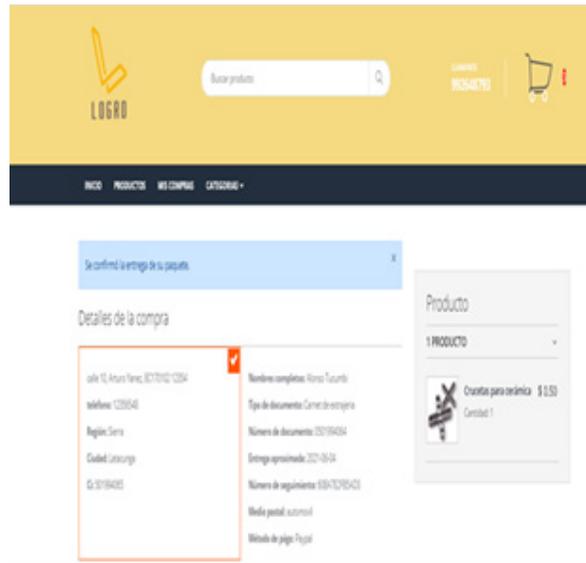


Figura 6.

La interfaz de confirmación de entrega está diseñada para ser clara y concisa. La información se muestra de manera organizada y fácil de leer, a continuación, Figura 7.



**Figura 7.** Interfaz de confirmación de entrega.

La Figura 8 muestra la interfaz de stock de productos del sistema software. Esta interfaz permite a los usuarios administrar el stock de productos y pueden ver una lista de todos los productos en stock, así como su cantidad.

Producto	Precio ahora	Stock	Opciones
rejillas de 2 pulgadas	USD 1.00	42 unidades	⚙️
Lijeta grande aluminio	USD 5.25	285 unidades	⚙️
Brocha picasso 2	USD 0.78	10 unidades	⚙️
Rodillo de borrego	USD 1.35	300 unidades	⚙️

**Figura 8.** Interfaz de stock de productos.

La interfaz de registro de historial de almacén está diseñada para ser fácil de usar e intuitiva. La lista de transacciones es fácil de leer y comprender. A continuación, la Figura 9.

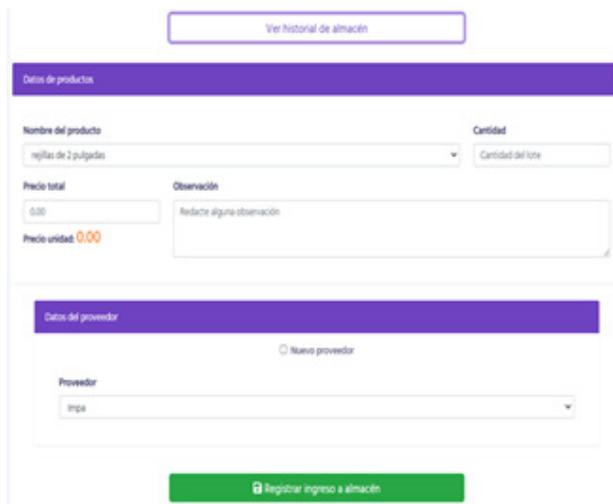


Figura 9. Interfaz de registro de historial de almacén.

También, se muestra la interfaz de facturación electrónica del sistema software. Esta interfaz permite a los usuarios crear y enviar facturas electrónicas. Los usuarios pueden ingresar información sobre la factura, como el cliente, los productos o servicios vendidos y el precio total: La Figura 10.



Codigo	Descripcion	Cantidad	Precio	% Desc	Total
46	Agujas para injar latidos	1	0.13	0	0.13
26	Redillo de esponja	1	1.00	0	0.89

Figura 10. Interfaz de facturación electrónica.

A continuación, la Figura 11 muestra la interfaz de ventas realizadas del sistema software. Esta interfaz permite a los usuarios ver un resumen de todas las ventas realizadas.

CLIENTE	Fecha	Método	Monto	Estado	Estado SII	Opciones
Alonso Tucumbi	2021-06-04 14:25:35	Paypal	\$ 0.50	Entregado	AUTORIZADO	⋮
Alonso Tucumbi	2021-06-04 14:25:35	Paypal	\$ 0.15	Enviado	AUTORIZADO	Ver detalles Reenviar Email Descargar FACTURA
Roberto Caceres	2021-05-18 21:47:41	Paypal	\$ 0.15	Enviado	AUTORIZADO	⋮
Roberto Caceres	2021-05-18 21:47:41	Paypal	\$ 0.25	Enviado	AUTORIZADO	⋮
Juan Mendez	2021-05-05 10:01:02	Paypal	\$ 1.00	Entregado	AUTORIZADO	⋮
Juan Mendez	2021-05-05 10:01:02	Paypal	\$ 0.15	Entregado	AUTORIZADO	⋮
Juan Mendez	2021-05-05 00:00:00	Paypal	\$ 1.00	Entregado	AUTORIZADO	⋮

**Figura 11.** Interfaz de ventas realizadas.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, el desarrollo de este software representa un paso significativo hacia la modernización y la mejora de los procesos de la empresa LOGRO en el contexto del entorno empresarial actual, caracterizado por la creciente importancia del comercio electrónico y la automatización de tareas comerciales. Además, representa una oportunidad única para que la empresa LOGRO se posicione como líder en el mercado. A continuación, se analizarán las implicaciones y los beneficios clave de este proyecto:

### Optimización de procesos

Uno de los beneficios más destacados de la implementación de este sistema de comercio electrónico y control de inventarios es la optimización de los procesos internos de la

empresa. La automatización de tareas, como la gestión de inventarios y la facturación electrónica, reduce significativamente el riesgo de errores humanos y mejora la precisión de los registros comerciales. Esto se traduce en una mayor eficiencia operativa, lo que permite a la empresa dedicar más tiempo y recursos a actividades estratégicas y de crecimiento.

### Mejora en la gestión de ventas y control de inventarios

El sistema permite a la empresa LOGRO tener un control más preciso y en tiempo real sobre su inventario. Esto es esencial para evitar la pérdida de ventas debido a productos agotados o sobreinventariados. Además, la capacidad de supervisar y ajustar automáticamente los niveles de stock mínimo y máximo proporciona una ventaja competitiva al garantizar que los productos

estén siempre disponibles para los clientes. Esta mejora en la gestión de inventarios conduce a una mayor satisfacción del cliente y, en última instancia, a un aumento en las ventas.

### **Facilitación de la experiencia del cliente**

El sistema de comercio electrónico también beneficia directamente a los clientes de LOGRO. Los clientes ahora pueden navegar por un catálogo en línea completo, agregar productos a su carrito de compras y realizar pagos de forma segura a través de PayPal. Esta experiencia de compra simplificada y accesible las 24 horas del día, los 7 días de la semana, se traduce en una mayor comodidad para los clientes y fomenta la lealtad a la marca.

### **Adaptabilidad a dispositivos móviles**

Con la incorporación de una Aplicación Web Progresiva (AWP), la empresa LOGRO se asegura de que sus clientes puedan acceder y utilizar el sistema desde dispositivos móviles, lo que se alinea con la tendencia actual de las compras en línea a través de smartphones y tabletas. Esto amplía aún más su alcance y su capacidad para llegar a un público diverso.

### **Cumplimiento de la normativa legal**

La adopción de la facturación electrónica es un paso importante para cumplir con las regulaciones legales en Ecuador. Este enfoque asegura que la empresa esté en conformidad con las obligaciones tributarias y las normativas gubernamentales, reduciendo el riesgo de sanciones y multas.

### **Desarrollo tecnológico y competitividad**

La inversión en este proyecto de software demuestra el compromiso de LOGRO con la innovación y el avance tecnológico en su industria. Esto no solo mejora la competitividad de la empresa en el mercado actual, sino que también la posiciona de manera favorable para enfrentar futuros desafíos tecnológicos y aprovechar oportunidades emergentes.

### **Impacto en la comunidad y la economía**

Este proyecto no solo beneficia a la empresa LOGRO, sino que también tiene un impacto positivo en la comunidad a la que sirve. Al mejorar su eficiencia y capacidad para brindar un servicio de calidad, LOGRO contribuye al desarrollo económico de la región y brinda a sus clientes una experiencia de compra más conveniente y confiable.

En resumen, la implementación de este sistema de comercio electrónico y control de inventarios representa una inversión estratégica para la institución. La empresa está bien posicionada para cosechar los beneficios de una mayor eficiencia operativa, una experiencia de cliente mejorada y una mayor competitividad en un mercado globalizado y digitalizado. Además, esta iniciativa refleja un compromiso con la modernización y el cumplimiento de las regulaciones, lo que contribuye al desarrollo económico más amplio de la comunidad y fortalece la posición de LOGRO en su industria.

## CONCLUSIONES

El proyecto se llevó a cabo después de analizar las necesidades de la empresa y diseñar un software que abordara estos desafíos. Se espera que el software contribuya al desarrollo tecnológico de la empresa LOGRO y mejore la eficiencia de sus procesos de ventas e inventarios. Además, se espera que beneficie a la comunidad a la que sirve.

Para llevar adelante este proyecto, fue necesario visitas presenciales a la empresa y conversaciones con los involucrados. Mediante estas visitas, fue posible determinar las necesidades de esta institución y realizar el diseño de software. Para construir el software, se necesitó de cuatro incrementos. Uno de los aspectos más desafiantes de este proyecto fue la posibilidad de brindar el servicio de pagos on line mediante PayPal. Gracias a este servicio, el pago por la compra de productos será más eficiente. Mediante la construcción de este software, se espera contribuir en la mejora de los procesos de control de ventas e inventarios considerando los productos fabricados y comercializados por esta institución. Con este software, se espera realizar un aporte al desarrollo tecnológico de esta institución y a la comunidad a la que sirve y brinda sus servicios.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan, D. y Cortéz, L. (2018) Procesos y fundamentos de la investigación científica. <https://bit.ly/47Xhlu5>
- Castro, E., Gómez, A. (2021). Aplicación Web progresiva de un Marketplace utilizando el Framework angular para promocionar el consumo de productos orgánicos en la ciudad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/a99e337e-d7cb-414e-84a3-683f2080f1e9>
- Contreras, V., y Alonso, R. (2012). Herramienta de software parametrizable, para la emisión de facturas electrónicas según la legislación de México. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111527>
- Córdova, R. (2018). Aplicaciones Web Progresivas o PWA ¿Qué es? Y, ¿por dónde empezar? 17 diciembre 2018. <https://www.clavei.es/blog/aplicaciones-web-progresivas-que-es-y-por-donde-empezar/>
- Cook, T.D., Reichardt, Ch. S. (2005). Métodos cualitativos y cuantitativos en Investigación Evaluativa. Madrid: EDICIONES MORATA. Modelo Vista Vista Modelo, 2021. [https://www.fceia.unr.edu.ar/geii/maestria/2014/DraSanjurjo/12de20/Cook\\_Reichardt.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/geii/maestria/2014/DraSanjurjo/12de20/Cook_Reichardt.pdf)
- Ferrer, J., Huguet, J., y Payeras, M. (2008). Sistemas de pago electrónico. Barcelona, España: UOC. <https://n9.cl/xu4y3>
- Gi socket. Beneficios de la facturación electrónica. <https://iofacturo.mx/tips-sobre-facturacion-electronica/beneficios-de-la-facturacion-electronica>
- Gobierno del Encuentro (2020). Facturación electrónica Ecuador. <https://www.sri.gob.ec/web/intersri/home>
- Guerra, D. (2021). Desarrollo de Aplicación Web Progresiva para la gestión de pedidos aplicada a la Empresa de ropa Hoxton. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32673/1/t1791si.pdf>

- Hernández, U. (2025). MVC (Model, View, Controller). <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/MVC>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativa y mixtas. Editorial McGrawHill Education. [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf)
- Jiménez, V., Martínez G, Silva, F. (2021). Comercio electrónico como medio de estrategia para el impulso de productos artesanales. Revista de investigación académica sin frontera. 35 (14): 1-13. DOI:1046589/rdiasf.vi35.372
- Hurtado de Barrera, J. (2015). El proyecto de Investigación. Caracas: Ediciones Quirón. <https://www.calameo.com/read/006205653257b9f45c09d>
- Lombardo, M. Carcamo, H. Aguirre, J. (2020). Sistema web para el control de inventario y facturación de la Distribuidora Villareyna Utilizando la metodología SCRUM, en la ciudad de Estelí, segundo semestre 2019. <https://repositorio.unan.edu.ni/13519/1/20083.pdf>
- Montevilla, G. (2018) "Aplicación web progresiva para la gestión de historiales clínicos y odontogramas según los estándares", Tesis para obtener el grado académico de licenciatura en Ingeniería de Sistemas, Universidad Adventista de Bolivia, Cochabamba, 2018.
- MySQL. (2020). MySQL. <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/introduction.html>
- PayPal. Función de pasarela de pago PayPal. <https://www.paypal.com/es/business/marketplace-payments>
- Pérez, A. (2016). Características y fases del Modelo Incremental. <https://www.obsbusiness.school/blog/caracteristicas-y-fases-del-modelo-incremental>
- Pérez, M. y Tejada A. (2020). Desarrollo de un Sistema WEB de Gestión de Productos y Servicios a empresas de comercio electrónico empleando las herramientas ELK y el FRAMEWORK QUASAR para el análisis del comportamiento e interés del consumidor. <https://bit.ly/3S9hR7I>
- Piattini, M. (2018). Calidad de Sistemas de Información, 2021. España: RA-MA Editorial.
- Picazo, S.; Ramírez, P. y Luna, L. (2014). Comercio electrónico y emprendimiento: un análisis aplicando la teoría del comportamiento planeado. RECAI: Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática, 2(5), 1-20. Tokio (2018). ¿Qué es MySQL? ¿Cómo surgió? ¿Cuáles son sus características? 05/09/2018. <https://www.tokioschool.com/noticias/que-es-mysql/>
- Rodas, F. (2017). Efectos del Comercio Electrónico en el proceso de comercialización de artesanías en la empresa Industrias Prada. <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/265>
- Vargas, D. (2023). Qué es una pasarela de pago: beneficios y las 7 mejores del mercado. [https://www.hostinger.es/tutoriales/pasarela-de-pago#%C2%BFQue\\_es\\_una\\_pasarela\\_de\\_pago](https://www.hostinger.es/tutoriales/pasarela-de-pago#%C2%BFQue_es_una_pasarela_de_pago)



# Modelo de Aprendizaje Profundo para identificar plagas en la producción de quinua

Deep Learning Model to identify pests in quinoa production

Modelo de Deep Learning para identificar pragas na produção de quinua

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i20.116>

José Amilcar Cayllante Tapia 

jose.cayllante@iatec.com

Universidad Adventista de Bolivia. Cochabamba, Bolivia

Artículo recibido 14 de noviembre 2023 / Aceptado 13 de diciembre 2023 / Publicado 10 de enero 2024

## RESUMEN

La presente investigación aborda la identificación de plagas que afectan los cultivos de quinua en la Asociación de Productores Agropecuarios de Jopopamba (ASPRAJO). Tiene como propósito desarrollar un modelo de aprendizaje profundo y la aplicación móvil desarrollada para identificar plagas en la producción de quinua en la Asociación de Productores Agropecuarios de Jopopamba (ASPRAJO). El artículo se orientó bajo el paradigma positivista y enfoque cuantitativa, tipo proyectiva y evaluativa con diseño no experimental. Se implementó la metodología SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess), el aprendizaje profundo, la transferencia de aprendizaje, y arquitecturas de redes neuronales VGG-19 y ResNet-50. En el preprocesamiento, se realizó agrupación de datos en clases. Como resultado durante el modelado, emplearon redes neuronales profundas mediante la técnica de transferencia de aprendizaje. En conclusión, se implementó con éxito el modelo de aprendizaje diseñado, adaptándolo para su utilización en dispositivos móviles, lo que promete ser una herramienta valiosa en la detección de plagas de quinua en ASPRAJO.

**Palabras clave:** Aprendizaje profundo; Aprendizaje automático; Agricultura

## ABSTRACT

This research addresses the identification of pests that affect quinoa crops in the Association of Agricultural Producers of Jopopamba (ASPRAJO). Its purpose is to develop a deep learning model and the mobile application developed to identify pests in quinoa production in the Association of Agricultural Producers of Jopopamba (ASPRAJO). The article was oriented under the positivist paradigm and a quantitative, projective and evaluative approach with a non-experimental design. The SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess) methodology, deep learning, transfer learning, and VGG-19 and ResNet-50 neural network architectures were implemented. In preprocessing, data grouping into classes was performed. As a result, during modeling, they used deep neural networks using the transfer learning technique. In conclusion, the designed learning model was successfully implemented, adapting it for use on mobile devices, which promises to be a valuable tool in the detection of quinoa pests in ASPRAJO.

**Key words:** Deep Learning; Machine Learning; Agriculture

## RESUMO

Esta pesquisa aborda a identificação de pragas que afetam as culturas de quinua na Associação dos Produtores Agrícolas de Jopopamba (ASPRAJO). Seu objetivo é desenvolver um modelo de aprendizagem profunda e o aplicativo móvel desenvolvido para identificar pragas na produção de quinua na Associação dos Produtores Agrícolas de Jopopamba (ASPRAJO). O artigo foi orientado sob o paradigma positivista e uma abordagem quantitativa, projetiva e avaliativa com desenho não experimental. Foram implementadas a metodologia SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess), deep learning, transfer learning e arquiteturas de redes neurais VGG-19 e ResNet-50. No pré-processamento foi realizado o agrupamento dos dados em classes. Como resultado, durante a modelagem, eles usaram redes neurais profundas usando a técnica de aprendizagem por transferência. Concluindo, o modelo de aprendizagem desenhado foi implementado com sucesso, adaptando-o para uso em dispositivos móveis, o que promete ser uma ferramenta valiosa na detecção de pragas de quinua na ASPRAJO.

**Palavras-chave:** Aprendizado profundo; Aprendizado de máquina; Agricultura

## INTRODUCCIÓN

El aprendizaje automático Machine Learning (ML) y el aprendizaje profundo Deep Learning (DL) son dos de las tecnologías más importantes de la actualidad. Ambas se basan en la idea de que las máquinas pueden aprender a realizar tareas sin ser explícitamente programadas para ello. El aprendizaje automático (Machine Learning) se distingue por su capacidad para discernir patrones y, consecuentemente, generar nuevo conocimiento. El aprendizaje automático (machine learning, en inglés): hace referencia al subcampo dentro de las ciencias de la computación especializado en el reconocimiento de patrones complejos en conjuntos de datos. A diferencia de la programación clásica, en la que un programa ejecuta una y otra vez la misma (más o menos compleja) operación, la principal característica del aprendizaje automático es que sus programas consiguen extraer de forma autónoma (es decir, sin ser programados específicamente para ello) información relevante en los datos que están siendo procesados. Esta información permite que el programa “aprenda”, es decir, que mejore en su ejecución de la tarea para la que había sido programado (González, 2018).

Paralelamente, el aprendizaje profundo (Deep Learning) constituye una categoría del aprendizaje automático, con la aspiración de emular el funcionamiento del cerebro humano, basándose en sofisticados sistemas denominados redes neuronales. Una de sus aplicaciones más destacadas es el reconocimiento de imágenes.

El Aprendizaje Profundo o Deep Learning, es un subcampo de Machine Learning que usa una estructura jerárquica de redes neuronales artificiales, que se construyen de una forma similar a la estructura neuronal del cerebro humano, con los nodos de neuronas conectadas como una tela de araña. Esta arquitectura permite abordar el análisis de datos de forma no lineal. El aprendizaje profundo es una técnica que, al igual que otros algoritmos de aprendizaje, enseña a los ordenadores a hacer lo que es natural para los humanos: aprender con el ejemplo. (Centeno, A. 2019).

Por otra parte, la transferencia de aprendizaje se erige también como un subconjunto del aprendizaje profundo, caracterizándose por la explotación de grandes conjuntos de datos previamente relacionados con la resolución de un problema y su aplicación en contextos distintos, mediante el uso de modelos pre-entrenados.

Algunas de las investigaciones que relacionadas a la temática la presenta Flores (2021) en su trabajo “Clasificación de cultivos de quinua orgánica mediante el uso de imágenes aéreas multiespectrales y técnicas de aprendizaje automático”. La producción mundial de quinua se encuentra liderada primordialmente por los países de Perú y Bolivia, quienes concentran entre el 83% (año 2015) al 67% (año 2016). En ambos países dicha actividad involucra a no menos de 150,000 familias de pequeños productores.

La producción de dicho cultivo es mayoritariamente orgánica con promedios bajos

de producción. Como consecuencia del escaso uso de tecnologías productivas, el incremento de plagas, así como de la variabilidad cada vez más impredecible de las condiciones climáticas, los agricultores familiares de ambas regiones continúan presentando niveles de pobreza de 42.9% y extrema pobreza. Este trabajo de investigación contribuye al mapeo de cultivos el cual constituye una herramienta esencial para la gestión agrícola y la seguridad alimentaria. El objetivo del trabajo de investigación es la evaluación de diversos métodos de clasificación del cultivo de la quinua que permitirá realizar el mapeo automático. El estudio se centra en el uso de técnicas de aprendizaje automático para clasificar cultivos de quinua a partir de imágenes aéreas multiespectrales tomadas desde un sistema aéreo no tripulado. La reflectancia espectral de cinco bandas ópticas se utiliza para determinar modelos de clasificación que se evalúan en las diferentes etapas fenológicas de la quinua. Se exploraron estrategias de aprendizaje automático a las imágenes obtenidas, tales como árboles de decisión, análisis discriminador, máquinas de vectores de soporte, K vecino más cercano, conjunto de clasificadores, métodos de aprendizaje profundo de Segnet y Unet. Los conjuntos de datos de entrenamiento se obtuvieron de las ubicaciones de los campos de quinua en Cabana en la región Puno de Perú. Los resultados muestran que las técnicas de aprendizaje profundo superan a otras técnicas en la tarea de clasificación.

Como puede observarse, el aporte al presente trabajo es que ambas investigaciones se basan

en el uso de técnicas de aprendizaje automático para analizar imágenes de cultivos de quinua. Es de resaltar que la clasificación de cultivos de quinua también puede ayudar a identificar las características visuales más relevantes para la identificación de plagas. Los investigadores utilizaron técnicas de aprendizaje automático para seleccionar las características más importantes de las imágenes para la clasificación de cultivos. Estas características pueden ser utilizadas como punto de partida para el desarrollo del modelo de aprendizaje profundo para identificar plagas.

En otro estudio, realizado por Córdova (2021) “Aplicación de aprendizaje profundo para la detección y clasificación automática de insectos agrícolas en trampas pegantes”. La horticultura es una actividad que da trabajo a peruanos en muchas zonas del país. En la actualidad, un método efectivo para realizar el control de plagas es el uso de trampas pegantes.

Convencionalmente, las trampas pegantes son colocadas de forma que queden distanciadas uniformemente en el campo donde se realiza el cultivo y luego de varios días se realizan observaciones visuales por parte del personal entrenado en reconocimiento de insectos. No obstante, la información recopilada manualmente por el humano puede no ser tan exacta, pues existen diversos factores que pueden influir en la precisión de esta, por ejemplo, la habilidad de cada persona para detectar distintos tipos de insectos y la posible fatiga que puede ser consecuencia de haber realizado un trabajo manual por mucho tiempo y para una muestra grande de insectos.

Las soluciones que se encontraron en la revisión sistemática para tratar problemas de detección de insectos fueron algoritmos de segmentación con cambio de espacio de color, lo cual permite remover el fondo de una imagen y centrarse únicamente en el objeto de interés; también, se encontraron estudios que usaron modelos de detección, los cuales hacen uso de aprendizaje profundo con redes neuronales convolucionales para lograr la identificación de los insectos. Esta última técnica ha dado resultados óptimos en distintos problemas visión computacional, por lo que el presente proyecto de investigación propone usar los modelos de detección pre-entrenados Faster R-CNN y YOLOv4 y aplicarles aprendizaje por transferencia para ajustarlos al problema de detección de tres tipos de plagas de insectos: la mosca blanca, la mosca minadora y el pulgón verde del melocotonero en etapa de adulto alado.

El anterior estudio aporta información de valor al presente trabajo de investigación ya que utiliza técnicas de aprendizaje profundo para el análisis de imágenes en el contexto de la agricultura. Igualmente, el desarrollo de un modelo de detección y clasificación de insectos agrícolas, capaz de detectar y clasificar automáticamente diferentes especies de insectos en imágenes capturadas con trampas pegantes. Este modelo podría ser adaptado para la identificación de plagas en la producción de quinua, utilizando imágenes de las plantas afectadas o de las trampas pegantes colocadas en los cultivos.

Para contextualizar esta investigación, es pertinente describir algunos aspectos del proceso de producción de quinua. Cada parcela de cultivo cuenta con un responsable encargado de supervisar las plantas. Durante estas revisiones, se detecta ocasionalmente la presencia de plagas en las plantas de quinua, entre las que destacan la Kcona kcona según Montiel (2015), llamado también “polilla de la quinua”, es de color ploma que mide de 6 a 8mm y las larvas son de color verde crema de cabeza marrón de 6 a 8 mm de tamaño y la Ticona, Chambilla, et al., (2009) las describen como un grupo complejo, formado por lo menos de cuatro géneros: Copitarsia, Heliiothis, Feltia y Spodoptera. Estos insectos se manifiestan en su etapa adulta en las plantas de quinua, donde depositan sus huevos y se alimentan de las hojas. La Ticona, en particular, al percibir la presencia humana a una distancia de aproximadamente dos o tres metros, se oculta bajo las hojas, mientras que otros insectos emprenden el vuelo, a veces siendo confundidos con mariposas debido a su distancia relativa y dificultad de identificación. De ahí la necesidad de una revisión cuidadosa.

La Kcona kcona, por su parte, intenta escapar de planta en planta al detectar la presencia humana, aunque algunos permanecen en su lugar, lo que facilita su detección.

Una vez que la Ticona y la Kcona kcona han depositado sus huevos, inicia el proceso de desarrollo de las larvas, que se ocultan dentro de las panoyas, donde se alimentan y atacan los granos de quinua. Por tanto, es fundamental

buscarlas minuciosamente en las plantas de quinua para evitar daños a los frutos. Sin embargo, se observa que durante la búsqueda de la Kcona kcona, algunas panoyas resultan dañadas, lo que provoca que los frutos se sequen sin alcanzar la madurez. Esto se debe a que este insecto es pequeño, oscilando entre 0.6 y 1.1 cm de longitud, y delgado. Por esta razón, se sacude la planta de quinua para que algunos de los insectos caigan. El mismo procedimiento se aplica a la Ticona, aunque estos insectos se identifican con mayor facilidad debido a su tamaño, que oscila entre 1.2 y 2.4 cm de longitud.

Una vez concluida la revisión e identificación de la Kcona kcona y la Ticona, se elabora un registro de las plagas detectadas y en qué etapa se encuentran. Este proceso se repite de una a dos veces por semana.

En resumen, se ha determinado que es imperativo optimizar el proceso de identificación de plagas en la producción de quinua, dado que estos insectos generan alteraciones en el crecimiento de las plantas, provocan daños en las panoyas y ocasionan perjuicios económicos a los miembros de ASPRAJO. En este contexto, en esta primera fase de la investigación, se plantea la creación de un modelo de aprendizaje profundo destinado a facilitar la identificación de estas plagas.

Con base en lo anterior, el propósito de la presente investigación radica en desarrollar un modelo de aprendizaje profundo mediante TensorFlow con el fin de identificar plagas en los cultivos de quinua, ofreciendo así una

herramienta útil para la Asociación de Productores Agropecuarios de Jopopamba (ASPRAJO). TensorFlow es una plataforma de código abierto de extremo a extremo para el aprendizaje automático que te permite crear modelos de aprendizaje automático de forma sencilla, incluso si eres principiante. Además, TensorFlow es un sistema de computación numérica de código abierto de Google Cloud, se puede encontrar en numerosos productos de Google Cloud ya que permite desarrollar algoritmos inteligentes. Google Cloud es uno de los pioneros en Inteligencia Artificial (IA), aprendizaje automático y Big Data, entre otros Alonso, (2022). Lo que indica que desarrollar un modelo de aprendizaje profundo para la identificación de plagas en la producción de quinua, basado en imágenes de las plantas y de los insectos, puede mejorar la precisión y eficiencia del proceso de detección, reduciendo el daño a los cultivos y las pérdidas económicas para los productores.

## MÉTODO

Para llevar a cabo el presente estudio, el investigador se orientó con el paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, según Landeau, (2007) se pretende establecer el grado de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados por medio de una muestra permite realizar inferencias causales a una población que explican por qué sucede o no determinado hecho o fenómeno, como es el caso de las muestras y

tomadas a través de imágenes en los cultivos de quinua. Se clasifica dentro de las del tipo proyectivo, Hurtado (2015), la define como la elaboración de una propuesta y su finalidad, es resolver una necesidad de tipo práctico, como es desarrollar un modelo de aprendizaje profundo mediante TensorFlow con el fin de identificar plagas en los cultivos de quinua, ofreciendo así una herramienta útil para la Asociación de Productores Agropecuarios de Jopopamba (ASPRAJO). En cuanto al diseño es no experimental, según, Behar (2008) señala que en ellas el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo. Finalmente es evaluativo, según (Correa, 1996, citado por Mejía, 2017) porque el propósito de este tipo de metodología es proporcionar información útil para tomar decisiones con respecto a un programa, o como es el caso que ocupa un modelo de aprendizaje profundo para identificar las plagas en la producción de quinua.

A continuación, se detalla la construcción del modelo de aprendizaje profundo y la aplicación móvil desarrollada para este proyecto.

La metodología empleada se basó en SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess). La fase de "Sample" se refiere a la selección de una muestra representativa de la población de datos sobre la cual se llevará a cabo el análisis. Moine et. al. (s/f) se refiere que la metodología SEMMA se encuentra enfocada especialmente en aspectos técnicos, excluyendo actividades de análisis y comprensión del problema que se está abordando.

La metodología SEMMA, SAS Institute Inc, (2017) facilita la aplicación de técnicas estadísticas exploratorias y de visualización; permite la selección y transformación de las más significativas variables predictivas; modela las variables para predecir resultados y confirmar la exactitud de un modelo.

En el mismo orden de ideas, un aporte para esta metodología es el siguiente:

SEMMA cuenta con las fases: Sample, Explore, Modify, Model, and Assess, creada por el Instituto SAS, que la define como una organización lógica del conjunto de herramientas funcionales de SAS Enterprise Miner para llevar a cabo las tareas centrales de la minería de datos. SEMMA ofrece y permite la comprensión, organización, desarrollo y mantenimiento de proyectos de Minería de Datos (Cristancho, 2021).

Para definir la minería de datos Larose et al. (2014) expresa que es el proceso de descubrir nuevas correlaciones, patrones y tendencias significativas a través del análisis de grandes cantidades de datos, utilizando técnicas estadísticas, matemáticas y reconocimiento de patrones. En el contexto de la identificación de plagas, la minería de datos se puede utilizar para analizar datos de imágenes, sensores y otras fuentes para identificar patrones que pueden ser indicativos de la presencia de plagas.

Seguidamente, la fase Sample, "Muestra", es una etapa opcional. Una parte de un gran conjunto de datos se toma lo suficientemente grande como para extraer información

significativa y lo suficientemente pequeña como para manipularla rápidamente.

En la fase de "Explore," Exploración, según Albarrán y Salgado (2016) dice que es la búsqueda de tendencias no previstas y anomalías para entender el contenido y las ideas, se exploraron los conjuntos de datos tanto de manera estadística como visual. El objetivo era determinar las variables explicativas que se utilizarían como entradas para el modelo. Se realizó un análisis exhaustivo de los factores de influencia que podrían afectar los resultados del estudio, haciendo hincapié en la visualización de datos. Además, se llevó a cabo un seguimiento para identificar y eliminar datos anómalos o deficientes en las fases subsiguientes.

Siguiendo con, la fase de "Modify", modificación. Acerca de esta fase consiste en la modificación de los datos mediante la creación, selección y transformación de variables que se adapten al proceso de selección del modelo, por Albarrán y Salgado (2016). Involucró el procesamiento y análisis de datos para darles el formato adecuado requerido por la técnica de modelado. Se realizaron tareas como la selección de variables, la creación de nuevas variables, la transformación de datos, el manejo de valores atípicos, la reducción de variables a las más significativas y la actualización de datos cuando estuvo disponible información nueva.

En la fase de "Model" (Modelado). Esta fase, modela los datos permitiendo que el software busque automáticamente la combinación de datos que permitan predecir de manera confiable la

información requerida (Albarrán y Salgado, 2016). En esta investigación, consistió en la creación del modelo que permitiría predecir variables de respuesta a partir de las variables explicativas. Se exploraron diversas técnicas predictivas, como redes neuronales, árboles de decisión, análisis de conglomerados, máquinas de vectores de soporte, modelos logísticos, análisis de series temporales, regresiones, inducción de reglas y métodos estadísticos de agrupamiento.

Finalmente, la fase de "Assess (Evaluación), según, Albarrán y Salgado (2016) dicen que valora los datos mediante la evaluación de la utilidad y confiabilidad de los hallazgos del proceso de minería de datos. Representó el último ciclo del proceso, donde se evaluó la utilidad y confiabilidad de la solución desarrollada. El modelo se sometió a pruebas con datos de prueba, y se evaluó su capacidad predictiva. Gavilán (2021) expresa el autor que es necesario evaluar el funcionamiento del modelo en su conjunto en cuanto a fiabilidad, utilidad. (Azevedo y Santos, 2008) asegura que estas cinco etapas permiten un fácil entendimiento del problema, tiene una estructura que permite la concepción, creación y evolución, ayudando a presentar soluciones a los problemas planteados, así como metas a encontrar mediante la minería de datos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el aprendizaje profundo (Deep Learning o DL), se entrenó a una computadora para realizar tareas de manera similar a como lo hacen los

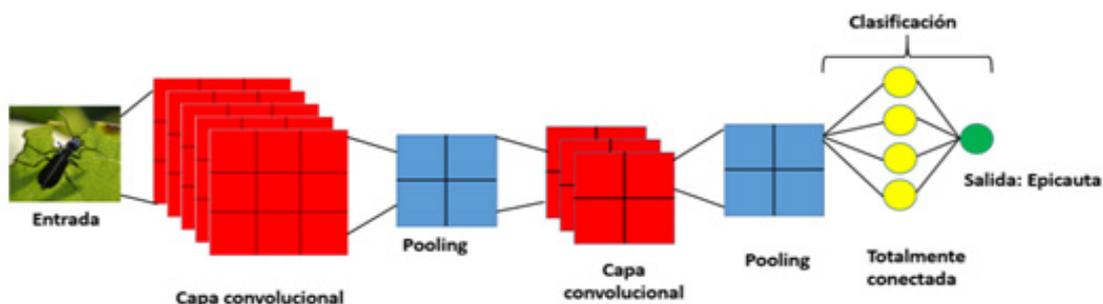
seres humanos. Estas tareas incluyeron el reconocimiento del habla, la identificación de imágenes, la realización de predicciones, entre otras. Según, Burns (2021) el aprendizaje profundo (Deep Learning) es un tipo de aprendizaje automático (machine learning, ML) e inteligencia artificial (IA) que imita la forma en que los humanos obtienen ciertos tipos de conocimiento.

Dentro del campo del DL, existen diversas arquitecturas, entre las cuales se destacan las Redes Neuronales Convolucionales (RNC). Las RNC según Hernández (2021) estas son estructuras similares a las redes neuronales tradicionales, compuestas por neuronas con pesos y sesgos que pueden aprender.

Cada neurona en una RNC recibe entradas, realiza una operación de producto escalar y luego

aplica una función de activación. Al igual que en un perceptrón multicapa, las RNC tienen una función de pérdida o costo en su última capa, que está completamente conectada.

La característica distintiva de las RNC es su suposición explícita de que las entradas son imágenes, lo que les permite codificar ciertas propiedades en la arquitectura, logrando eficiencia y reducción en la cantidad de parámetros de la red neuronal. En términos generales, las RNC se estructuran con diferentes tipos de capas, incluyendo capas convolucionales, capas de reducción y capas clasificatorias. Esta estructura se ilustra en la Figura 1.

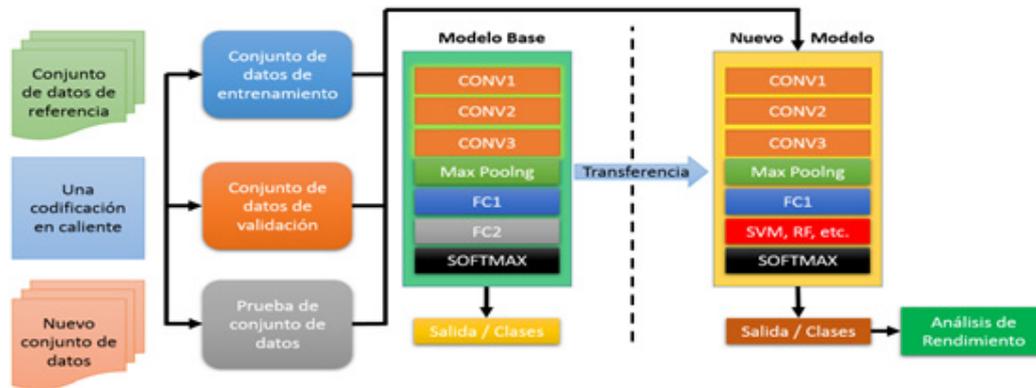


**Figura 1.** Estructura de las redes neuronales convolucionales.

Otro proceso es el Transfer Learning (TL) se erige como una de las técnicas más destacadas dentro del ámbito del Aprendizaje Profundo (Deep Learning). Desde una perspectiva de aprendizaje profundo, el problema de clasificación de imágenes puede resolverse de manera efectiva mediante TL. Esta técnica goza de gran popularidad en el campo de la visión artificial, ya que permite construir modelos de alta precisión

ahorrando una significativa cantidad de tiempo y recursos. El TL consiste en evitar iniciar el proceso de aprendizaje desde cero. En cambio, se inicia utilizando patrones o modelos pre-entrenados que han adquirido conocimiento al resolver un problema diferente (Blanco, 2019).

A continuación, se describen los procesos inherentes a TL, como se ilustra en la Figura 2.



**Figura 2.** Procesos de Transfer Learning.

También, se utilizó para procesar imágenes la ResNet-50 es una red neuronal convolucional que se caracteriza por su impresionante profundidad, compuesta por un total de 50 capas. Esta arquitectura es capaz de cargar una versión previamente entrenada de la red, la cual fue entrenada en una vasta colección de más de un millón de imágenes pertenecientes a la base de datos ImageNet. La red, previamente entrenada, demuestra su capacidad para clasificar imágenes en diversas categorías de objetos, abarcando desde elementos cotidianos como teclados y ratones hasta animales y otros objetos (Resnet50, 2021). En consecuencia, la red ha adquirido representaciones de características altamente informativas para una amplia variedad de imágenes. Cabe destacar que esta red opera con imágenes de entrada de 224x224 píxeles.

En cuanto al, modelo VGG-19, concebido por el Grupo de Geometría Visual de la Universidad de Oxford, presenta una profundidad impresionante, compuesta por un total de 19 capas. Esta arquitectura se ha destacado por su alto

rendimiento en tareas de clasificación en diversos conjuntos de datos.

El Modelo VGG-19 es una red neuronal convolucional con 19 capas de profundidad. Puede cargar una versión preentrenada de la red entrenada en más de un millón de imágenes desde la base de datos de ImageNet. La red preentrenada puede clasificar imágenes en 1000 categorías de objetos (por ejemplo, teclado, ratón, lápiz y muchos animales). Como resultado, la red ha aprendido representaciones ricas en características para una amplia gama de imágenes. El tamaño de la entrada de imagen de la red es de 224 por 224 MATLAB (2021).

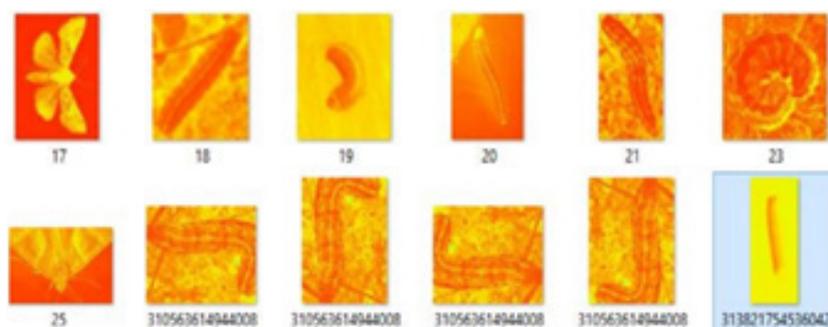
El proceso de empleo de la arquitectura VGG-19 se describe detalladamente a continuación. En primer lugar, se realiza un muestreo y combinación de datos procedentes de 8 canales. Durante este proceso, se recopilan 512 puntos de datos en cada instancia. Estos datos se agrupan para formar una matriz de 8x512, que posteriormente se transforma en una matriz de 64x64. Luego, se emplea una operación de convolución transpuesta

para expandir la imagen a una resolución de 256x256 píxeles. Finalmente, esta imagen se introduce en un modelo previamente entrenado, donde se somete a un proceso de ajuste fino y entrenamiento adicional. De esta manera, se logra obtener una clasificación altamente precisa en el contexto de detección de fallos (Zhou et al., 2020).

En consonancia con la fase inicial de la metodología SEMMA, se procedió a seleccionar el conjunto de datos relacionado con las plagas

que afectan los cultivos de quinua como muestra representativa. Esta selección se centró en imágenes que capturan la presencia de la Kcona kcona y la Ticona. En total, se recolectaron 2,780 imágenes térmicas para conformar esta muestra representativa.

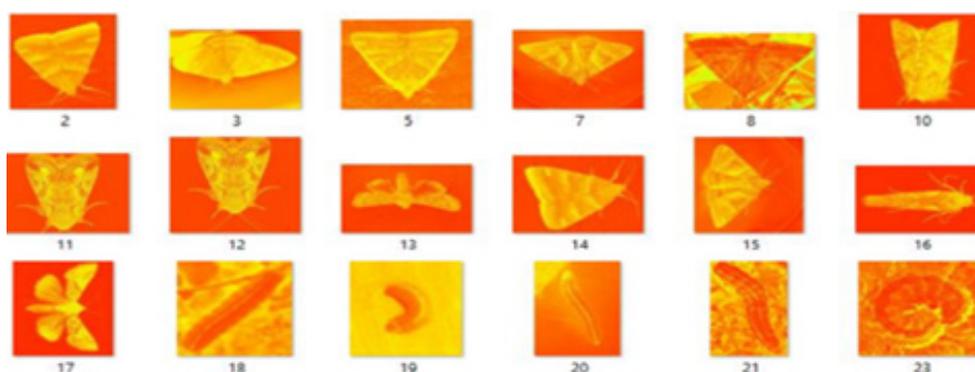
Cabe destacar que todas estas imágenes se obtuvieron mediante el uso de la cámara térmica FLIR ONE PRO. A continuación, se muestran algunas de las imágenes recopiladas, Figura 3.



**Figura 3.** Conjunto de datos, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

En la fase de exploración de datos (explore), se llevó a cabo una evaluación visual de las imágenes obtenidas, las cuales representan tanto la etapa larval como la adulta de los insectos en cuestión (Kcona kcona y Ticona). Durante

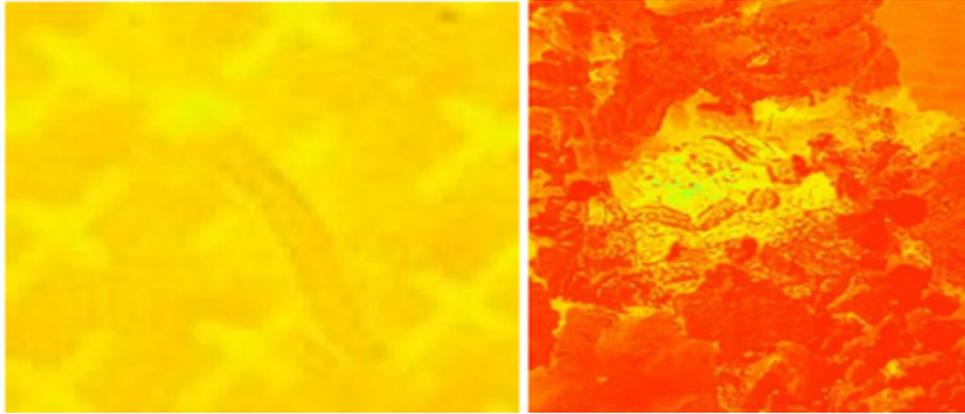
este proceso, se seleccionaron las imágenes que presentaban una calidad superior y mostraban al menos un 70% de la estructura corporal del insecto, como se ilustra en la Figura 4. Estas imágenes conformaron la muestra definitiva.



**Figura 4.** Imagen de calidad válida, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

Además, se procedió a descartar las imágenes de mala calidad o incompletas, ya que no contribuirían de manera significativa al desarrollo del proyecto, como se ejemplifica en la Figura 5.

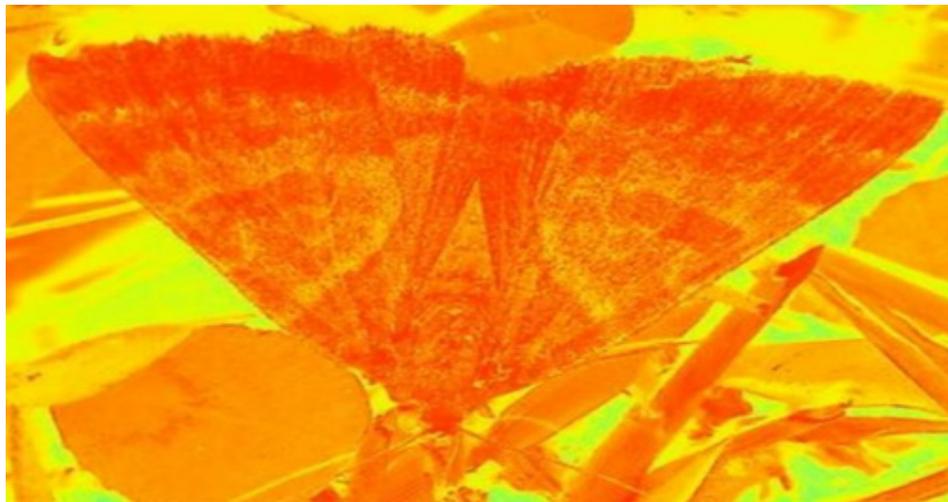
En total, se eliminaron 140 imágenes, quedando un total de 2,630 imágenes para su uso en el proyecto. Figura 5.



**Figura 5.** Ejemplo de imagen con mala calidad, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

En la etapa de modificación (modify), se realizó un análisis de datos de las imágenes térmicas, con el objetivo de detectar el calor

emitido por los insectos, tal como se representa a continuación en la Figura 6.



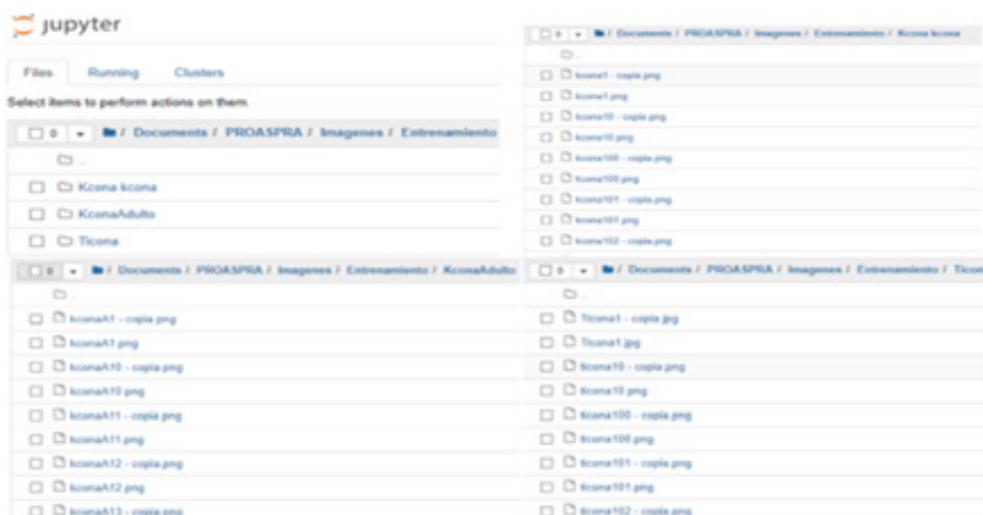
**Figura 6.** Imagen térmica del insecto, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

Posteriormente, se aplicó la técnica de análisis de conglomerados para agrupar las imágenes que presentaban similitudes o relaciones entre sí. Para definir el análisis de conglomerados (AC) tenemos que:

es una técnica estadística multivariable, cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos de forma que los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y de los objetos de conglomerados diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo); éste permite agrupar los elementos o variables de

un archivo de datos en función del parecido o similitud existente entre ellos, buscando agrupar elementos (o variables) y tratando de lograr la máxima homogeneidad entre los grupos y la mayor diferencia entre los ellos, es una técnica descriptiva, teórica y no inferencial (Ruiz, 2019)

Esta técnica se utilizó de manera visual para crear cuatro clases: Kcona kcona, Ticona, Kcona Adulta y Ticona Adulta, como se muestra en la Figura 7. Además, se dividió el conjunto de datos en un 80% para entrenamiento y un 20% para pruebas.



**Figura 7.** Imágenes agrupadas por clase, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

Una vez completada la fase de modificación, se procedió a seleccionar la técnica predictiva para la construcción del modelo de aprendizaje (Model). En este caso, se optó por utilizar redes neuronales convolucionales (CNN) debido a

su relevancia en el aprendizaje profundo. Se aplicó la transferencia de aprendizaje utilizando el modelo pre-entrenado ResNet-50, como se representa en la Figura 8.

```
import tensorflow as tf

from tensorflow.keras.applications import ResNet50
from tensorflow.keras import layers, Model, Input
from tensorflow.keras.layers import Flatten, Dense

image_input = Input(shape=(width_shape, height_shape, 3))

m_Resnet50 = ResNet50(input_tensor=image_input, include_top=False, weights='imagenet')

m_Resnet50.summary()

last_layer = m_Resnet50.layers[-1].output

x = Flatten(name='flatten')(last_layer)
x = Dense(128, activation='relu', name='fc1')(x)
x = Dropout(0.3)(x)
x = Dense(128, activation='relu', name='fc2')(x)
x = Dropout(0.3)(x)
out = Dense(num_classes, activation='softmax', name='output')(x)
custom_model = Model(image_input, out)
custom_model.summary()

for layer in custom_model.layers[:-6]:
    layer.trainable = False

custom_model.summary()
```

**Figura 8.** Transferencia de aprendizaje con ResNet-50.

Se realizaron configuraciones de parámetros y rutas, y se crearon las imágenes de entrenamiento y validación de acuerdo con las rutas especificadas. Luego, se procedió a cargar el modelo ResNet-50 pre-entrenado, omitiendo la última capa y utilizando los pesos pre-entrenados de ImageNet. Se configuraron las últimas capas

según los nuevos parámetros y se congelaron las capas desde el inicio hasta antes de las últimas 6 capas, que no se entrenaron. Las últimas 6 capas fueron entrenadas. Finalmente, el modelo se guardó en formato .h5, como se muestra en la Figura 9.

```
custom_model.save("jacc_RESNET50.h5")
```

**Figura 9.** Modelo ResNert-50 guardado.

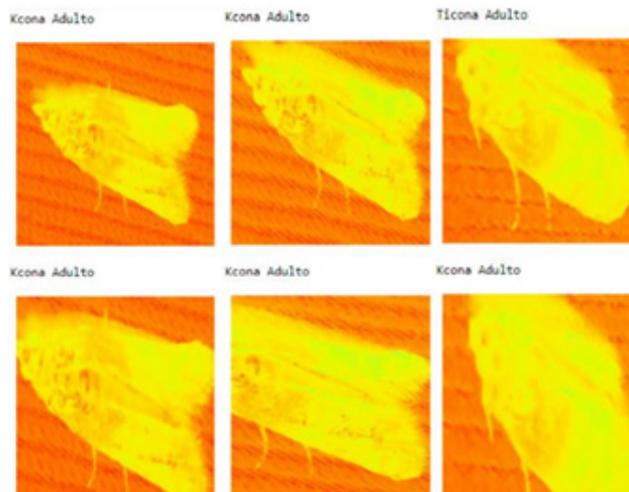
Tras finalizar la fase de construcción del modelo, se procedió a evaluar (Assess) el modelo entrenado con transferencia de aprendizaje

ResNet-50 utilizando una matriz de confusión, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Evaluación del modelo de aprendizaje profundo.

	Precisión %	Sesibilidad %	Puntuación %	Cantidad de imágenes térmicas soportadas
0 (Kcona kacona – Adulta)	82.98%	97.50%	89.66%	40
1 (Kcona kacona – Larva)	87.74%	93.00%	90.29%	100
2 (Ticona– Larva)	100.00%	30.00%	46.15%	30
3 (Ticona – Adulta)	92.08%	100%	95.88%	93
Precisión total			88.97%	263
Promedio macro	90.70%	80.13%	80.49%	263
Promedio ponderado	89.95%	88.97%	87.13%	263

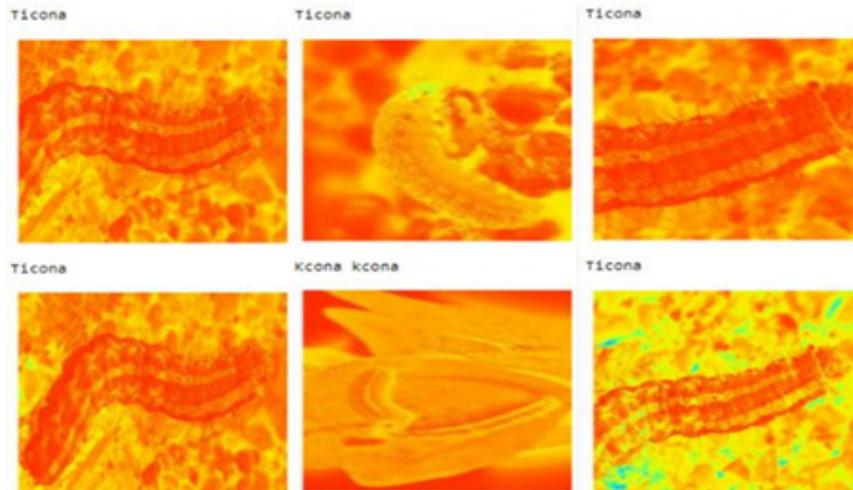
A continuación, se presentarán las predicciones individuales, que se pueden observar en las Figuras 10, 11, 12 y 13.



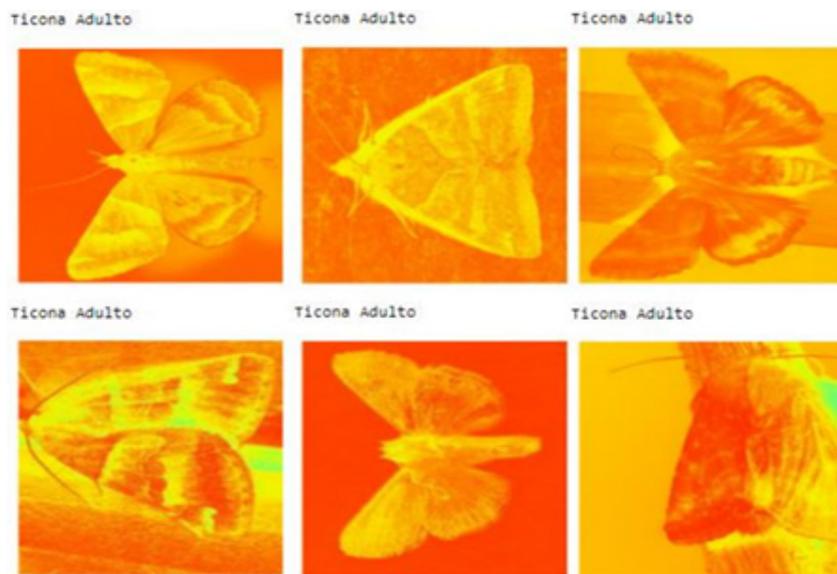
**Figura 10.** Predicción de Kcona Kcona fase adulta, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.



**Figura 11.** Predicción de Kcona Kcona fase larva, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.



**Figura 12.** Predicción de Ticona fase larva, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

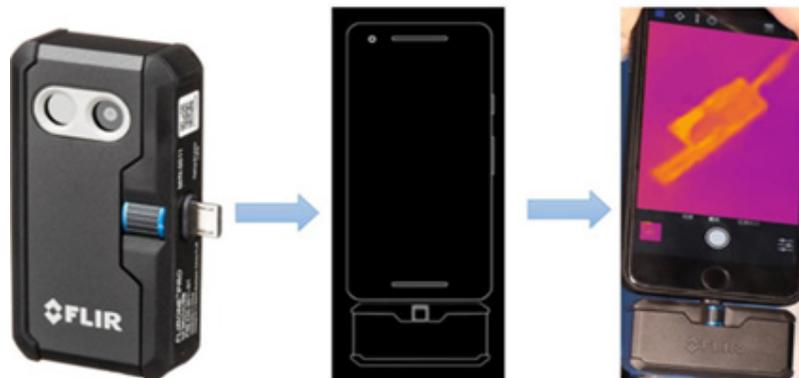


**Figura 13.** Predicción de Ticona fase adulta, tomados mediante cámara térmica FLIR ONE PRO.

## DISCUSIÓN

Después de seguir el procedimiento descrito, los resultados aseguran que se logró construir el modelo deseado con éxito. Se observó que el modelo entrenado con Transferencia de Aprendizaje ResNet-50 alcanza una fiabilidad superior al 80%. Esto significa que el modelo puede identificar con eficiencia las plagas mencionadas anteriormente.

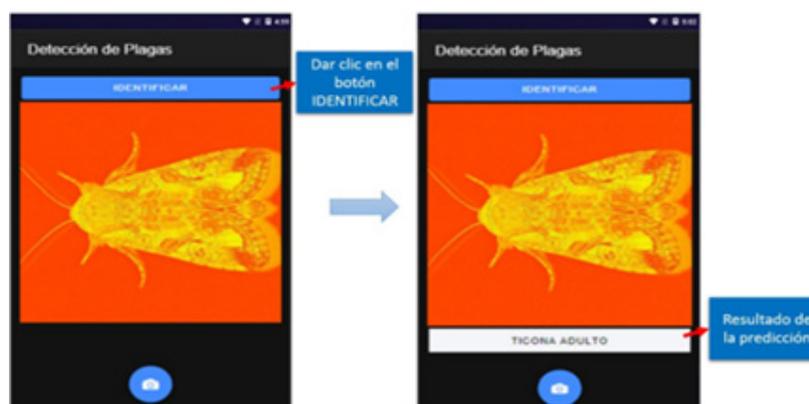
Para obtener las imágenes térmicas necesarias, se utilizó una cámara FLIR ONE PRO adaptada a un teléfono móvil, conectándola a través de la entrada micro USB, como se muestra en la Figura 14. Luego, se utilizó el programa de cámara térmica en el teléfono móvil para capturar las imágenes.



**Figura 14.** Cámara térmica conectada al móvil.

Ejecutar el modelo es tan sencillo como hacer clic en el botón "Identificar", lo que activa el modelo de aprendizaje profundo y muestra un

resultado de predicción, que puede ser Ticona adulta, Ticona larva, Kcona Kcona adulta o Kcona kcona larva, tal como se muestra en la Figura 15.



**Figura 15.** Aplicación móvil identificando a la plaga.

De esta manera, se logra la identificación de las plagas de quinua. A pesar de los avances significativos logrados para abordar este problema, aún existen desafíos pendientes. Por ejemplo, encontrar una forma más ágil y rápida de obtener imágenes sin el riesgo de ahuyentar a estas plagas debido a la presencia humana.

## CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, se concluye que se han realizado los preparativos de los datos necesarios en formato de imágenes térmicas para ambas plagas en sus etapas de larva y adulta. La cantidad de datos utilizada fue suficiente, ya que se aplicó la Transferencia de Aprendizaje, lo

que redujo la necesidad de una gran cantidad de datos. Además, la selección de imágenes con una estructura corporal visible superior al 70% contribuyó al éxito del entrenamiento.

En consecuencia, se evaluó que el entrenamiento con el modelo pre-entrenado VGG19 no fue eficaz, por lo que se optó por una nueva iteración con el entrenamiento de ResNet50, que resultó ser eficiente en su adiestramiento. Ambos modelos se entrenaron mediante la Transferencia de Aprendizaje.

Como resultado, se evaluó la predicción del modelo de aprendizaje profundo con ResNet50 utilizando una matriz de confusión y analizando cada imagen térmica individualmente. Se confirmó que el modelo podía identificar eficientemente las plagas de quinua, con una precisión superior al 80%. Finalmente, se implementó con éxito el modelo de aprendizaje profundo en un dispositivo móvil adaptado a la cámara térmica FLIR ONE, lo que permitió la identificación fiable de las plagas de quinua en sus dos etapas, larva y adulta.

Finalmente, el Modelo de Aprendizaje Profundo para identificar plagas en la producción de quinua, se llevó a cabo a través de la metodología SEMMA de acuerdo a las siguientes fases: (Sample, Explore, Modify, Model, Assess). La fase de "Sample" se refiere a la selección de una muestra representativa de la población de datos sobre la cual se llevará a cabo el análisis.

En la fase de "Explore," se exploraron los conjuntos de datos tanto de manera estadística como visual. El objetivo era determinar las

variables explicativas que se utilizarían como entradas para el modelo.

La fase de "Modify" involucró el procesamiento y análisis de datos para darles el formato adecuado requerido por la técnica de modelado.

La fase de "Model" consistió en la creación del modelo que permitiría predecir variables de respuesta a partir de las variables explicativas.

La fase de "Assess" representó el último ciclo del proceso, donde se evaluó la utilidad y confiabilidad de la solución desarrollada. El modelo se sometió a pruebas con datos de prueba, y se evaluó su capacidad predictiva. En conclusión, el proyecto se considera un éxito.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarrán y Salgado. (2016). La Inteligencia Analítica y la Competitividad en las Empresas. <https://recai.uaemex.mx/article/view/8949/7592>
- Alonso, J. (2022). ¿Qué es TensorFlow y para qué sirve?. <https://www.incentro.com/es-ES/blog/que-es-tensorflow>
- Azevedo, A., y Santos, M. F. (2008). KDD, SEMMA AND CRISP-DM: A PARALLEL OVERVIEW, IADIS European Conference Data Mining. [https://www.researchgate.net/publication/220969845\\_KDD\\_semma\\_and\\_CRISP-DM\\_A\\_parallel\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/220969845_KDD_semma_and_CRISP-DM_A_parallel_overview)
- Blanco, E. (2019) "Transfer Learning en modelos profundos - Think Big Empresas", Think Big. 2019. <https://empresas.blogthinkbig.com/transfer-learning-en-modelos-profundos/>
- Burns, E. (2021) Aprendizaje profundo (Deep Learning). <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Aprendizaje-profundo-deep-learning>

- Centeno, A. (2019). DEEP LEARNING. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/90004/Centeno%20Franco%20Alba%20TFG.pdf>
- Chambilla, C., Gonzáles, M., Jarandilla, C. y Baltazar, B. (2009). Estudio de la fluctuación poblacional del complejo ticonas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones actuales de cambio climático <https://sanremcrsp.cired.vt.edu/wp-content/uploads/2013/11/0309TiconasdulaQuinoa.pdf>
- Córdova, Claudia (2021). Aplicación de aprendizaje profundo para la detección y clasificación automática de insectos agrícolas en trampas pegantes. <https://bit.ly/3udskap>
- Cook, T.D., Reichardt, Ch. S. (2005). Métodos cualitativos y cuantitativos en Investigación Evaluativa. Madrid: EDICIONES MORATA. [EcuRed. «Modelo Vista Vista Modelo», 2021. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941752008/html/index.html>
- Mejía, J. (2017). La metodología de investigación evaluativa una alternativa para la valoración de proyectos [http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941752008/html/index.html#redalyc\\_3941752008\\_ref6](http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941752008/html/index.html#redalyc_3941752008_ref6).
- Cristancho, J. (2021). Propuesta de metodología para el desarrollo de proyectos de analítica prescriptiva a partir de un metaanálisis. <https://bit.ly/47Jyixa>
- Flores, D. (2021). Clasificación de cultivos de quinua orgánica mediante el uso de imágenes aéreas multispectrales y técnicas de aprendizaje automático. <https://bit.ly/3OqdpAA>
- González, C. (2018). En qué Consiste el Aprendizaje Automático (Machine Learning) y Qué está aportando a la Neurociencia Cognitiva. <https://www.cienciacognitiva.org/?p=1697>
- Hernández, J. (2021). Aprendizaje Profundo y Neuroevolución para el Análisis de Sentimientos en Tweets Escritos en Español Mexicano. <https://www.uv.mx/personal/emezura/files/2022/01/Tesis-Clemente.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hernández, R. (2018). Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa Y Mixta. <https://bit.ly/49fpUqD>
- Landeau, R. (2007). Elaboración de trabajos de investigación. Caracas: Editorial Alfa. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4-Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf>
- Larose, D. T. (2014). Discovering knowledge in data: an introduction to data mining. John Wiley Sons, 336, Hoboken, New Jersey. <https://bit.ly/48LzTny>
- Moine, J., Silva, A., Gordillo, (s/f) Estudio comparativo de metodologías para minería de datos. <https://core.ac.uk/download/pdf/301040544.pdf>
- Montiel, R. (2015). Kcona Kcona. Hojas volantes para agricultores. Perú. <https://plantwisepiusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20187800297>
- Gavilán, I. (2021). Metodología para Machine Learning (III): SEMMA. <https://ignaciogavilan.com/metodologia-para-machine-learning-iii-semma/>
- Grajales, T. (2020). Tipos de Investigación. [https://www.academia.edu/9373954/TIPOS\\_DE\\_INVESTIGACION\\_Por\\_Tevni\\_Grajales\\_G](https://www.academia.edu/9373954/TIPOS_DE_INVESTIGACION_Por_Tevni_Grajales_G)
- Red neuronal convolucional ResNet-50 - MATLAB resnet50 (2021). <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/resnet50.html>.
- Ruiz, G. (2019). Análisis de Conglomerados. <https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza/article/download/409/344>
- SAS Institute Inc. (2017, julio 3). Data Mining and SEMMA. <https://n9.cl/6aqrc>
- SAS Institute 2005. Semma Data Mining Methodology. <http://www.sas.com/technologies/analytics/datamining/miner/semma.html>.
- Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. Mind, 59, 433. <https://www.cienciacognitiva.org/?p=1697>
- Zhou, J., Yang, L. Zhang, S. Shao, y G. Bian, (2020) "Multisignal VGG19 Network with Transposed Convolution for Rotating Machinery Fault Diagnosis Based on Deep Transfer Learning, Shock Vib., vol. 2020. DOI: 10.1155/2020/8863388

# Índices de calidad de suelo en Sistemas Convencional y Agroforestal de la Estación Experimental Sapecho

Soil quality indices in Conventional and Agroforestry Systems of the Sapecho Experimental Station

*Índices de qualidade do solo em Sistemas Convencionais e Agroflorestais da Estação Experimental Sapecho*

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i20.117>

**Carlos Eduardo Choque Tarqui**   
cechoque3@umsa.bo

**Melany Gutiérrez Hurtado**   
mgutierrez41@umsa.bo

**Celso Ticona Quispe**   
ticona.quispe.celso@gmail.com

Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia

Artículo recibido 10 de noviembre 2023 / Aceptado 5 de diciembre 2023 / Publicado 10 de enero 2024

## RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la Estación Experimental Sapecho, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, cuyo objetivo fue determinar los índices de calidad del suelo (ICS) en sistemas convencional y agroforestal entre 2016 y 2022 de la Estación Experimental Sapecho. Fue enfoque cuantitativo, tipo descriptiva, diseño no experimental longitudinal. En 2016 se realizó el primer análisis y el segundo en 2022, la muestra en 17 cultivos, la técnica fue aplicar una función en los diferentes parámetros del suelo los valores están rango 0 a 1, donde 0 es baja y 1 adecuada. Los resultados arrojan que el índice de calidad del suelo (ICS), fue por debajo de 0,40 correspondiente a moderada y baja calidad del suelo. Se concluye que la metodología ICS permitió realizar una interpretación del estado del suelo y comparar sus características, posibilitando toma de decisiones para el manejo y mejoramiento de los suelos; permitió identificar la deficiencia de nutrientes, observa que un suelo bajo SAF puede mejorar algunas propiedades del suelo.

**Palabras clave:** Índice de calidad; Suelos; Fertilidad

## ABSTRACT

This investigation was developed at the Sapecho Experimental Station, dependent on the Universidad Mayor de San Andrés, whose objective was to determine the soil quality indices (SQI) in conventional and agroforestry systems between 2016 and 2022 at the Sapecho Experimental Station. It was a quantitative approach, non-experimental cross-sectional design, descriptive type. In 2016 the first analysis was carried out and the second in 2022, the sample in 17 crops, the technique was to apply a function on the different soil parameters, the values range from 0 to 1, where 0 is low and 1 is adequate. The results show that the soil quality index (SQI) was below 0.40 corresponding to moderate and low soil quality. It is concluded that the ICS methodology allowed for an interpretation of the state of the soil and to compare its characteristics, enabling decision making for soil management and improvement; allowed to identify nutrient deficiency, observes that a soil under SAF can improve some soil properties.

**Key words:** Quality index; Soils; Fertility

## RESUMO

Esta investigação foi desenvolvido na Estação Experimental Sapecho, dependente da Universidade Mayor de San Andrés, cujo objetivo foi determinar os índices de qualidade do solo (IQS) em sistemas convencionais e agroflorestais entre 2016 e 2022 na Estação Experimental Sapecho. Foi uma abordagem quantitativa, delineamento transversal não experimental, tipo descritivo. Em 2016 foi realizada a primeira análise e a segunda em 2022, a amostra em 17 safras, a técnica foi aplicar uma função nos diferentes parâmetros do solo, os valores variam de 0 a 1, onde 0 é baixo e 1 é adequado. Os resultados mostram que o índice de qualidade do solo (IQS) ficou abaixo de 0,40 correspondendo a qualidade moderada e baixa do solo. Conclui-se que a metodologia ICS permitiu interpretar o estado do solo e comparar suas características, possibilitando a tomada de decisões para manejo e melhoria do solo; permitiu identificar a deficiência de nutrientes, observa que um solo sob SAF pode melhorar algumas propriedades do solo.

**Palavras-chave:** Índice de qualidade; Solos; Fertilidade

## INTRODUCCIÓN

Si bien la agricultura convencional de muestra su capacidad productiva, los efectos negativos sobre el ecosistema se observan en la contaminación de aguas por plaguicidas, deforestación de bosques por incendios forestales, degradación de suelos por excesivo uso de fertilizantes y pérdida de la fertilidad por la extracción selectiva de elementos. Los cambios en el uso de suelos provocan pérdida de biodiversidad y disminución en el secuestro de carbono, expresado en la actividad biológica y contenido de nutrientes Vallejos, et al., (2018). Sin embargo, opina Ortega, (2012) la agricultura agroecológica representa un nuevo enfoque alternativo que combina prácticas agrícolas y forestales.

Dentro de esta perspectiva, Astier et al., (2002), opina que la sustentabilidad de un agroecosistema depende del mejoramiento, conservación de la fertilidad y productividad del suelo. Los sistemas agroforestales (SAF) consideran los factores bióticos del suelo, debido a que manifiestan la condición vital del suelo por los microorganismos que contienen Neher, (2001). En países de América Latina, como Argentina, la ampliación de la frontera agrícola está vigente, algunos autores como Toledo, et al. (2018), afirman que en Colombia prevalecen las prácticas agrícolas de monocultivo, con lo cual, se afecta la sostenibilidad del suelo.

Al referirse a esta actividad la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020) define en su glosario

de agricultura así: el monocultivo se refiere al cultivo especializado de una planta, en una explotación agrícola (generalmente plantaciones grandes) y a la siembra del mismo cultivo año tras año, sin rotación de cultivos ni periodos de barbaoca.

Es de resaltar, que los suelos se forman a través de procesos complejos relacionados con cambios físicos, químicos y biológicos que sirven de indicadores para la sustentabilidad de un sistema de producción, opina García, et. al, (2012). Por lo que, la intervención del ser humano en el manejo del suelo también afecta los servicios ecosistémicos que proporcionan, como la regulación del clima, los ciclos biogeoquímicos, entre otros (Ikoyi, et. al, 2023, págs. 1-10). Por lo tanto, es considerado un recurso natural importante en los ecosistemas tanto para la producción de cultivos, como para el desarrollo de la humanidad, según Chi, et. al, (2023). Por esta razón, se buscan indicadores que expongan la calidad de los suelos a través de los años, así se identificara si los sistemas agrícolas de producción son los indicados.

En otro orden de ideas, Prieto-Méndez et al., (2013) sostiene que, entre las metodologías para evaluar la calidad ambiental, calidad de suelos, desarrollo sustentable, riesgo, vulnerabilidad y planificación territorial se fundamentan con indicadores e índices. Los indicadores químicos son contenido de materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno, fósforo y potasio disponible (Cantú et al., 2007). La MO es considerada el

indicador por excelencia de la sostenibilidad en agroecosistemas, la relación C/N es un indicador de mineralización y ambos influyen en las propiedades del suelo, indican Soto-Mora, et al., (2016). Por otro lado, los indicadores para la biología del suelo son la actividad microbiana, según Cardona, et al., (2005) o la presencia de nematodos benéficos dicho por Neher, (2001), entre otros.

Actualmente, Zahedifar, (2023) opina que las metodologías para determinar la calidad del suelo implican el uso de kits, fichas de suelos, modelos dinámicos, aproximaciones geoestadísticas y la más reciente, selección computarizada de atributos del suelo bajo diferentes escenarios de manejo. Es por ello, que los parámetros utilizados para la evaluación deben ser un número mínimo de variables con alto grado de agregación, fáciles de medir y repetibles, que representen las condiciones locales. Los indicadores de la situación de este recurso no son universales, aportan (Castillo-Valdez et al. 2021; Ghaemi et al. 2014) que se eligen en función al ecosistema en estudio a través de índices de calidad de suelo (ICS) que determinan los cambios del suelo en el tiempo.

En este sentido, la unidad de investigación de la Universidad Mayor de San Andrés dependiente de la Facultad de Agronomía ubicada en el Municipio de Palos Blancos, Sapecho, cuenta con diversos lotes de producción de cacao, cítricos, musáceas, café, cultivos exóticos y cultivos de temporada. Para un mejor manejo de estos cultivos, se busca

identificar el grado de fertilidad en los diferentes sistemas y comparar los modelos de producción (2016 y 2022). Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue determinar los índices de calidad del suelo (ICS) en sistemas convencional y agroforestal entre 2016 y 2022 de la Estación Experimental Sapecho.

## MÉTODO

Para realizar el presente estudio, este se orientó con el paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, según (López y López, 2020) para describir, explicar y verificar los fenómenos afectados por la investigación, construir y probar teorías, obtener datos utilizando herramientas de recopilación y comparación. El estudio fue realizado con el objetivo de determinar los índices de calidad del suelo (ICS) en sistemas convencional y agroforestal entre 2016 y 2022 de la Estación Experimental Sapecho. La investigación es tipo descriptivo ya que se describe el grado de fertilidad en los diferentes sistemas para comparar los modelos de producción entre 2016 y 2022.

Es de diseño no experimental ya que según Alan y Cortéz (2017) son aquellas en las cuales el investigador no tiene el control sobre la variable independiente en este caso la calidad de los suelos en los sistemas convencional y agroforestal. Es longitudinal ya que la recolección de los datos se realizó en varios momentos, en este caso, la primera vez en 2016, y la segunda en 2022.

Para este estudio se han extraído 17 muestras de suelo en parcelas de cultivo a una profundidad de 0 a 20 cm, de las cuales los parámetros analizados en laboratorio y evaluados son densidad aparente mediante cilindros, textura por el método de Bouyucos, calcio, magnesio, sodio y potasio intercambiable por el método del acetato de amonio (espectrofotómetro de absorción atómica), la saturación de bases como una suma de los cationes de cambio, nitrógeno total Kjendahl, materia orgánica Walkley Black, acidez y aluminio intercambiable por volumetría, y fosforo disponible espectrofotometría UV-Visible

Igualmente, para su evaluación se utilizó un modelo que según Cantú *et al.* (2007) "son dos casos para determinar el valor normalizado, el primero cuando el índice alcanza el valor máximo" (mejor situación  $V_n = 1$ ) el cálculo corresponde:

$$V_n = \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

La otra situación corresponde cuando el valor normalizado tiende a la peor situación ( $V_n = 0$ ) en dicho caso se utiliza:

$$V_n = 1 - \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

Donde  $V_n$  valor normalizado,  $I_m$  valor medio del indicador,  $I_{min}$  valor mínimo del indicador,  $I_{max}$  valor máximo del indicador.

Mientras para determinar el índice de calidad del suelo ICS se tiene elaborado un cuadro con escalas y 5 clases, numeral y cualitativo para clasificar la calidad de suelos, mismo cuadro es recomendado utiliza por (Cantú, Becker y Bedano, 2007) y también señalado para (Cantú, Bedano, y Parra, 2009). A continuación, las clases de calidad de suelos, por escala, Tabla 1:

**Tabla 1.** Clases de calidad de suelos.

Índice de la calidad de suelos	Escala	Clase
Muy alta calidad	0,80 – 1,00	1
Alta calidad	0,60 – 0,79	2
Moderada calidad	0,40 – 0,59	3
Baja calidad	0,20 – 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 – 0,19	5

Fuente: Cantú *et al.* (2009).

Para el cálculo de los valores normalizados en los parámetros de estudio seleccionados, se establecieron los rangos máximo y mínimo (Tabla 1), según la recomendación de los diferentes autores, así como las condiciones de la región. En

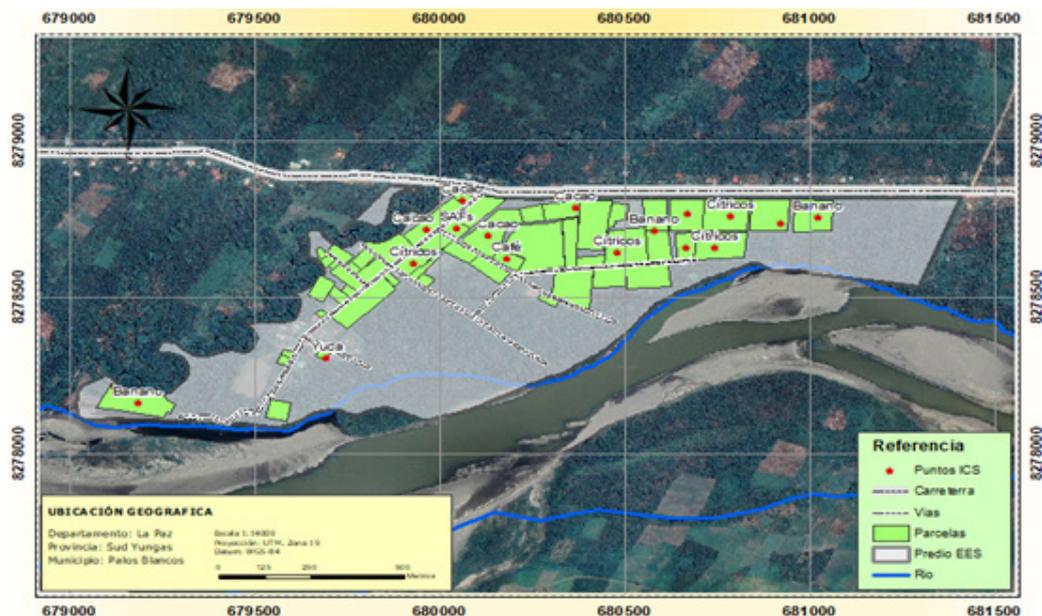
la Tabla 2 puede observarse dichos parámetros, con las siguientes valoraciones. A continuación, Tabla 2, rango máximo y mínimo, parámetros en la ICS.

**Tabla 2.** Rango máximo y mínimo para los parámetros utilizados en la ICS.

Valor	pH H <sub>2</sub> O	M.O (%)	N total (%)	P disp. (ppm)	Al+H (Cmol/kg)	C.I.C. (Cmol/kg)	(%)V Bases	Dap (g/cc)
Imax	7,5	6	0,3	25	2	40	100	1,70
Imin	5	0,3	0,03	1	0,1	5	50	1,13

Fuente: Estrada-Herrera, et al., (2017).

Las muestras obtenidas correspondiente a diferentes parcelas están distribución geográficamente de la siguiente manera, Figura 1.



**Figura 1.** Ubicación de puntos de muestreo de suelos. Fuente: Tomado de Google maps (2023).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados físico-químico de laboratorio de suelos (Tabla 3), en parcelas de yuca, banano, cítricos, café y cacao, es posible realizar las interpretaciones por parámetros, según Figura 1, de la siguiente manera; en la

mayor parte de las parcelas no tienen problemas de acidez extrema, el rango de pH fluctúa entre 4,60 a 6,29. Un indicador o rango aceptable en los cultivos es 5.5 y se observa que en los resultados se tienen valores menores, en el caso de las parcelas de yuca, banano 1 y 3, cítricos

1,4 y 5, café, escala de fuertemente ácido. Sin embargo, los cationes de cambio están en un rango aceptable, y los contenidos de aluminio es extremadamente tóxico en el caso del cultivo de yuca, mientras en el resto de las parcelas no existe un exceso.

Los contenidos de materia orgánica (M.O.) van de 0,31 a 0,62 % muy escaso contenido en gran parte de las parcelas. Mientras que los contenidos de calcio son de moderado a bajos, el magnesio se observa una amplia variabilidad desde muy altos a bajos, el sodio en su

mayor parte presenta bajos niveles, la acidez intercambiable en la parcela de yuca es donde se presenta en alta cantidad y posible con riegos de acidez. La CIC es muy bajo en todos los casos así mismo las cantidades de materia orgánica como también del nitrógeno, los contenidos de fósforo son muy bajos en todas las parcelas. En su mayor parte desde el punto de vista químico la fertilidad de las mismas parcelas se observa de son de muy baja fertilidad a baja fertilidad mismas que comprometerán la productividad de los cultivos. A continuación, en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resultado físico y químicos de suelo 2016.

N°	Cultivos	pH H <sub>2</sub> O 1:5	M.O (%)	N total (%)	P disp. (ppm)	Al+H (Cmol/kg)	C.I.C. (Cmol/kg)	V Bases (%)	Dap (g/cc)
1	Yuca	4,60	0,31	0,09	0,16	3,07	9,69	68,318	1,637
2	Banano 1	5,15	0,31	0,08	1,05	0,53	8,86	94,018	1,202
3	Banano 2	6,29	0,39	0,08	1,43	0,03	7,78	99,614	1,241
4	Banano 3	5,11	0,39	0,07	0,72	1,01	8,47	88,076	1,248
5	Cítricos 1	5,38	0,55	0,08	0,65	0,89	8,90	90,000	1,170
6	Cacao 1	5,50	0,39	0,03	1,05	0,95	6,59	85,584	1,670
7	Café SAF	5,23	0,47	0,07	0,06	0,49	6,71	92,697	1,669
8	Cacao 2	5,63	0,55	0,06	0,89	0,74	6,75	89,037	1,133
9	Cacao 3	5,85	0,47	0,04	0,39	0,10	5,30	98,113	1,607
10	Cítricos 2	5,73	0,47	0,06	0,55	0,33	7,74	95,736	1,349
11	Cítricos 3	5,61	0,55	0,06	0,61	0,38	7,18	94,708	1,552
12	Cítricos 4	5,38	0,55	0,09	0,67	1,08	10,61	89,821	1,383
13	Cítricos 5	5,39	0,62	0,06	0,39	0,60	12,40	95,161	1,157
14	Cítricos 6	5,27	0,55	0,05	0,26	1,46	12,66	88,468	1,504
15	Cítricos 7	5,38	0,55	0,08	0,29	0,85	10,74	92,086	1,171
16	Cacao 4	5,70	0,47	0,05	0,44	0,19	6,98	97,278	1,591
17	Cítrico SAF	5,78	0,35	0,05	1,34	0,10	5,81	98,279	1,492

La tabla 3 muestra que, en este análisis de resultados no se expresa la parcela con mejor fertilidad es decir de mejor calidad de suelo para los cultivos debido a una interpretación compleja de los parámetros del suelo. Bajo esta lógica no existe una conclusión según las características presentes.

### Análisis del índice de calidad del suelo (ICS)

Para la determinación del índice de calidad del suelo se ha normalizado los valores de la Tabla 3 en un rango de cero a uno, los mismo para cada parámetro físico y químico del suelo, los resultados son expuestos en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Determinación del índice de calidad de suelo ICS.

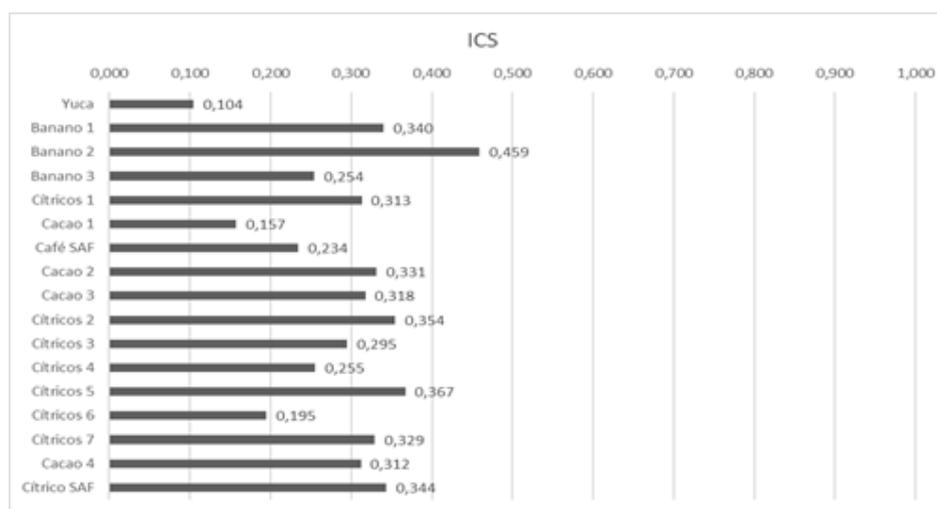
N°	Cultivos	pH	M.O	N total	P disp,	Al+H	C.I.C	V Bases	Dap	ICS
1	Yuca	0,000	0,002	0,222	0,000	0,000	0,134	0,366	0,111	0,104
2	Banano 1	0,060	0,002	0,185	0,002	0,609	0,110	0,880	0,874	0,340
3	Banano 2	0,516	0,016	0,185	0,018	1,064	0,079	0,992	0,805	0,459
4	Banano 3	0,044	0,016	0,148	0,000	0,173	0,099	0,762	0,793	0,254
5	Cítricos 1	0,152	0,044	0,185	0,000	0,282	0,111	0,800	0,930	0,313
6	Cacao 1	0,200	0,016	0,000	0,002	0,227	0,045	0,712	0,053	0,157
7	Café SAF	0,092	0,030	0,148	0,000	0,645	0,049	0,854	0,054	0,234
8	Cacao 2	0,252	0,044	0,111	0,000	0,418	0,050	0,781	0,995	0,331
9	Cacao 3	0,340	0,030	0,087	0,000	1,000	0,009	0,962	0,163	0,318
10	Cítricos 2	0,292	0,030	0,111	0,000	0,791	0,078	0,915	0,616	0,354
11	Cítricos 3	0,244	0,044	0,111	0,000	0,745	0,062	0,894	0,260	0,295
12	Cítricos 4	0,152	0,044	0,222	0,000	0,109	0,160	0,796	0,556	0,255
13	Cítricos 5	0,156	0,056	0,111	0,000	0,545	0,211	0,903	0,953	0,367
14	Cítricos 6	0,108	0,044	0,074	0,000	0,000	0,219	0,769	0,344	0,195
15	Cítricos 7	0,152	0,044	0,185	0,000	0,318	0,164	0,842	0,928	0,329
16	Cacao 4	0,280	0,030	0,074	0,000	0,918	0,057	0,946	0,191	0,312
17	Cítrico SAF	0,312	0,009	0,074	0,000	1,000	0,023	0,966	0,365	0,344

A partir de los valores máximos y mínimos establecidos previamente se integra la información considerando todos los parámetros de la Tabla 4, como un único valor del índice de la ICS. De esa evaluación se tiene que la materia orgánica M.O. alcanza a índices menores a 0,056; el nitrógeno con valores menores a 0,222; Fosforo con valores

inferiores a 0,018 y pH con índices menores a 0,516; estos cuatro parámetros le atribuyen valores mínimos de ICS, valores máximos alcanzados 0,402 de moderada calidad del suelo y 0,202 baja calidad del suelo, dando lugar a una conclusión de suelos con baja a muy baja fertilidad.

Un caso muy excepcional es la acidez intercambiable del suelo, debido a que los contenidos altos causan toxicidad por la presencia del aluminio que impide la asimilación de los cationes intercambiables. En la Tabla 4 se observa también que el fósforo adopta valores

iguales a cero en su mayor parte, esto debido a que sus niveles están por debajo de los niveles mínimos estandarizados por tanto no puede tomar valores negativos. En la comparación del ICS 17 parcelas, Figura 2:



**Figura 2.** Comparación del ICS en 17 parcelas.

En la Figura 2 se observa que las parcelas muestran diferentes grados de fertilidad o ICS debido al modelo de manejo de cultivo durante varios años se ha reducido la capacidad productiva de los suelos por presentar bajos y muy bajos ICS con valores inferiores a 0,40 debido a la limitación de factores como pH, acidez intercambiable, saturación de bases, niveles de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. A continuación, Tabla 5.

En la comparación de los parámetros en dos parcelas bajos SAF y en dos diferentes periodos 2016 y 2022 Tabla 5. Se observa de manera general muy pocas diferencias, debido a que cada parámetro tiene diferentes unidades y los contenidos varían en el tiempo, tener una conclusión respecto a la variación y mejora del suelo es muy dificultoso. En este sentido optamos por aplicar el modelo para determinar el ICS y realizar una comparación. A continuación, Tabla 6.

**Tabla 6.** Determinación del ICS en cultivos convencional y SAFs periodo 2016 y 2022.

Cultivos	pH	M.O	N total	P disp.	Al+H	C.I.C.	V Bases	Dap	ICS
Café 2016	0,092	0,030	0,148	0,000	0,645	0,049	0,854	0,054	0,234
Cítrico 2016	0,312	0,009	0,074	0,000	1,000	0,023	0,966	0,365	0,344
Café 2022	0,528	0,393	0,559	0,016	1,000	0,114	0,998	0,579	0,523
Cítrico 2022	0,584	0,445	0,556	0,104	1,000	0,284	0,987	0,561	0,565

Como indica la Tabla 6, aplicando la metodología del ICS se evidencia que existen cambios entre el periodo 2016 y 2022, esto realizando un balance en cada parámetro como también en la integración del método mediante el ICS el cual integra todos los parámetros considerados.

### DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico-químico de suelos revelan una situación preocupante en cuanto a la fertilidad química de las parcelas estudiadas. La mayoría de las parcelas presentan un pH entre 4,60 y 6,29, lo que indica un suelo ácido, con excepción de algunas parcelas de yuca, banano, cítricos y café que presentan un pH inferior a 5,5, lo que indica una acidez extrema. Esta acidez puede afectar negativamente la absorción de nutrientes por parte de las plantas y reducir la productividad. En este sentido, se tiene que los estudios indican que la calidad del suelo en las 17 parcelas evaluadas es de baja a muy baja, esto se debe principalmente a la baja fertilidad química del suelo, caracterizada por los bajos niveles de materia orgánica, siendo esencial para la salud de los suelos.

En definitiva, la baja fertilidad química de las parcelas, que va de muy baja a baja, puede afectar negativamente la productividad de los cultivos. Es necesario implementar prácticas de manejo que mejoren la fertilidad del suelo, como la aplicación de enmiendas para corregir la acidez, la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, y la implementación de prácticas de manejo que mejoren la materia orgánica del suelo.

Es importante realizar análisis periódicos del suelo para monitorear su fertilidad y evaluar el impacto de las prácticas de manejo del suelo en la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos.

Es importante, destacar la importancia de las metodologías para evaluar la calidad ambiental como lo indica Prieto- Mendez, et al, (2013), ya que esto puede mejorar la calidad de los suelos, aun cuando es un proceso a largo plazo y una ardua tarea que amerita un compromiso sostenido, esto puede marcar la diferencia y mejorar la fertilidad y calidad del suelo.

## CONCLUSIONES

La investigación concluye que el utilizar el método del ICS permite realizar un análisis del estado de la fertilidad del suelo, debido a su procedimiento es posible considerar otros factores no utilizados en el estudio, como el caso de micro nutrientes, infiltración y profundidad del suelo. La evaluación de este trabajo permitirá tomar acciones en el manejo y uso del suelo.

Los bajos índices de calidad de suelo el 2016, han sido debido a la extracción selectiva de nutrientes por el sistema monocultivo, en este sentido son necesarias realizar prácticas que permitan mejorar la fertilidad del suelo, específicamente reponer nutrientes y optimizar las condiciones físicas del suelo.

En cuanto a la comparación entre el 2016 y 2022, en parcelas café y cítrico bajo SAF, se muestra unas considerables mejoras en cuanto al ICS para el 2022, es en este sentido que se sugiere realizar trabajos bajo este modelo en parcelas degradadas, monocultivos, pastizales y otras.

También, se puede mejorar la fertilidad del suelo aplicando cantidades considerables de abonos orgánicos (fuentes de nutrientes), manejo de cultivo, sin embargo, se recomienda aplicar un modelo de producción diversificado con especies que brindan considerables contenidos de biomasa, raíz profundas y abundantes capacidad de mejorar las condiciones de aireación como el aprovechamiento del agua.

Finalmente, la investigación destaca la importancia de estudiar las características físicas del suelo y la actividad de los microorganismos. El suelo es un recurso natural esencial para la agricultura, y su salud es fundamental para el rendimiento de los cultivos. Los microorganismos

desempeñan un papel fundamental en la liberación de nutrientes del suelo, lo que los hace esenciales para la nutrición de las plantas.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astier Calderón, M., Maass Moreno, M., y Etchevers Barra, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. México: Agrociencia, vol. 36, núm. 5, septiembre-octubre, 2002, pp. 605-620. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236511.pdf>
- Cantú, M. P., Bedano, J. C., y Parra, B. J. (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo, Córdoba, Argentina. Córdoba, Argentina: Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. <https://core.ac.uk/download/pdf/61903027.pdf>
- Cantú, M., Becker, A., y Bedano, J. C. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km 601, (X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba., 6. 25(2):173-178. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672007000200008](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672007000200008)
- Cardona, C y Sadeghian K. (2005). Ciclo de nutrimentos y actividad microbiana en cafetales a libre exposición solar y con sombrío de Inga spp. *Cenicafe* 56 (2), 127-141. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2802%29127-141.pdf>
- Castillo-Valdez, X., Etchevers, J., Hidalgo-Moreno, C., y Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. México: *TERRA LATINOAMERICANA*. 39 (1); 1-12. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792021000100103](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100103)
- Chi, Y., Sun, J., Li, T., y Ma, X. (2023). Spatial simulations of soil content, storage, and quality indices in an archipelago off the Yangtze River

- Estuary, China. *Ecological Indicator* 146 (5), 1-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X2201247X?via%3Dihub>
- Choque Tarqui, C. E. (2011). Clasificación de Tierras Según su Capacidad de Uso e Índices de Fertilidad, en el Municipio de Copacaban La Paz. Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10253>
- Doran, J., y Parkin, T. (1994). Defining and assessing soil quality. USA: Soil Scienc Society of America, Special Publication 35. <https://doi.org/10.2136/sssaspepub35.c1>
- Estrada-Herrera, I., Hidalgo-Moreno, C., Guzmán-Plazola, R., Almaraz Suárez, J., Navarro-Garza, H., y Etchevers-Barra, J. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *México: Agrociencia* 51: 813-831. 2017. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000800813](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813)
- FAO-PNUMA(2020) . El estado Delaware los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. 1-224. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- García, Y., Ramirez , W., y Sanchez , S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Revista Pastos y Forrajes* 35(2), 125-137. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269125071001.pdf>
- Ghaemi, M., Astarai, H., Emami, M., Nassiri, M., y Sanaeinejad, S. (2014). Determinación de indicadores del suelo para la evaluación de la sostenibilidad del suelo utilizando el análisis de componentes principales de astan quds- al este de mashhad- Irán. <https://bit.ly/48SGjI8>
- Ikoyi, I., Grange, G., Finn, J., y Brennan, F. (2023). Plant diversity enhanced nematode-based soil quality indices and changed soil nematode community structure in intensively-managed agricultural grassland. *European Journal of Soil Biology*, 1-10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-020-01440-5>
- Morales Poclava, C., Sobral, C., Nakama, V., y Volante, J. (2015). Evaluación de tierras mediante métodos paramétricos. Salta-Jujuy: INTA. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15447/INTA\\_CRSalta-Jujuy\\_EEASalta\\_MoralesPoclava\\_C\\_Evaluacion\\_tiemras\\_productividad\\_Salta\\_Jujuy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15447/INTA_CRSalta-Jujuy_EEASalta_MoralesPoclava_C_Evaluacion_tiemras_productividad_Salta_Jujuy.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Neher, D. A. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology* 33(4), 161-168. [http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncoma/16673/TESES\\_SILVANA%20MORALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncoma/16673/TESES_SILVANA%20MORALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ortega, G. (2012). Agroecología vs. Agricultura Convencional. Asunción, Paraguay: Investigaciones Sociales. [https://biblioteca.clacso.edu.ar/Paraguay/basesis/20170330040915/pdf\\_70.pdf](https://biblioteca.clacso.edu.ar/Paraguay/basesis/20170330040915/pdf_70.pdf)
- Prieto-Méndez, J., Prieto-García, F., Acevedo-Sandoval, O. A., y Méndez-Marzo, M. A. (2013). Indicadores e índices de calidad de suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):83-91. 2013, 10. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43726204013.pdf>
- Soto-Mora, E. S., Hernández-Vázquez, M., y Luna-Zendejas, H. S. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 3(5), 98-105. <http://www.reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>
- Toledo, D. M., Arzuaga, S. A., Galantini , J. A., y Vazquez, S. (2018). Indicadores e índices biológicos de calidad de suelos en sistemas forestales. *Ciencia del suelo* 36 (2), 1-12. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672018000200001](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672018000200001)
- Vallejos, V. E., Afandor , L. N., Hernandez, M. A., y Parra, D. C. (2018). Efecto de la implementación de diferentes sistemas agrícolas sobre la calidad de suelo en el Municipio Cachipay, Cundinamarca, Colombia. *Revista Bioagro* 30 (1), 27-38. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100003&script=sci\\_abstract](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100003&script=sci_abstract)
- Zahedifar, M. (2023). Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis. *CATENA* 222 (5), 1-11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816222007937>



# Modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A.

Planning and programming model for the production of the company MATEC S

Modelo de planejamento e programação da produção da empresa MATEC S.A.

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i20.118>

José Enrique Luna Sandoval   
correodelautor@investigación.com

Universidad Privada Domingo Savio. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Artículo recibido 10 de noviembre 2023 / Aceptado 5 de diciembre 2023 / Publicado 10 de enero 2024

## RESUMEN

La falta de un modelo de planificación y programación de la producción en los procesos de elaboración de productos genera incumplimiento en las fechas de entrega de los pedidos bajando calidad en los productos y generando mayores costos de producción. El objetivo de esta investigación es diagnosticar la viabilidad de un modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A. del Grupo Eduardo. El enfoque seleccionado es mixto, diseño no secuencial, con técnicas de análisis de contenido. Los resultados reflejan que el diagnóstico ha sido una herramienta valiosa para identificar las áreas de mejora en la empresa, también la capacidad de sierra de corte para realizar 3 operaciones simultáneas, permite aumentar la productividad y la eficiencia del proceso de mecanizado. Se concluye luego de diseñar y simular el modelo de planificación, este puede ser gestionado simultáneamente en varios departamentos, hasta lograr la entrega del producto en los plazos pactados.

**Palabras clave:** Modelo; Planeación; Planificación; Producción

## ABSTRACT

The lack of a production planning and programming model in the product manufacturing processes generates non-compliance with order delivery dates, lowering product quality and generating higher production costs. The objective of this research is to diagnose the viability of a planning and programming model for the production of the company MATEC S.A. from the Eduardo Group. The selected approach is mixed, non-sequential design, with content analysis techniques. The results reflect that the diagnosis has been a valuable tool to identify areas of improvement in the company, also the ability of the cutting saw to perform 3 simultaneous operations, allows increasing the productivity and efficiency of the machining process. It is concluded after designing and simulating the planning model; it can be managed simultaneously in several departments, until the product is delivered within the agreed deadlines.

**Key words:** Model; Planning; Planning; Production

## RESUMO

A falta de um modelo de planejamento e programação da produção nos processos de fabricação dos produtos gera o descumprimento dos prazos de entrega dos pedidos, diminuindo a qualidade do produto e gerando maiores custos de produção. O objetivo desta pesquisa é diagnosticar a viabilidade de um modelo de planejamento e programação para a produção da empresa MATEC S.A. do Grupo Eduardo. A abordagem selecionada é mista, não sequencial, com técnicas de análise de conteúdo. Os resultados refletem que o diagnóstico tem sido uma ferramenta valiosa para identificar áreas de melhoria na empresa, também a capacidade da serra de corte realizar 3 operações simultâneas, permite aumentar a produtividade e eficiência do processo de maquinação. Conclui-se após desenhar e simular o modelo de planejamento, podendo ser gerido simultaneamente em vários departamentos, até que o produto seja entregue nos prazos acordados.

**Palavras-chave:** Modelo; Planejamento; Planejamento; Produção

## INTRODUCCIÓN

La planificación de la producción se está convirtiendo rápidamente en una de las necesidades más vitales de las empresas. Lo cierto es que cada establecimiento, sin importar cuán grande o pequeño sea, tiene que planear la producción de alguna forma, pero un gran porcentaje de estos no tiene una planificación que permita un flujo uniforme de material, y una cantidad mínima de dinero atado a los inventarios.

Para desarrollar los planes de producción, el planificador de producción o el departamento de planificación de la producción deben trabajar en estrecha colaboración con el departamento de marketing y el departamento de ventas. Cuando los dos departamentos se unen y trabajan en sincronía se pueden lograr grandes beneficios y crear valor para la empresa y los clientes (Rivero, 2022).

Desde esta perspectiva, hay que considerar los tres elementos que integran el proceso de planeación de la producción: demanda de productos y servicios, abastecimiento de materias primas e insumos y disponibilidad de los recursos necesarios para operar la empresa. El éxito dependerá de que exista un balance entre la variedad y la cantidad de productos que la entidad esté dispuesta a ofrecer al mercado y lo que realmente está en capacidad de proporcionar, considerando las restricciones de sus sistemas de manufactura y la disponibilidad de sus recursos (Chapman, 2006).

Por lo tanto, si se consigue hacer una correcta planificación de producción que se

adecue a las operaciones que se realizan para el logro del producto final, en la tu organización se alcanzará: eficiencia al definir con anticipación los recursos (mano de obra, materiales, tiempo entre otros). Eficacia porque se define qué hacer para conseguir los objetivos. Según Mayo, et al., (2009), al utilizar el término eficacia se refiere al estado en la que una organización ha alcanzado los objetivos previamente establecidos, es decir es el indicador que revela la capacidad que tiene la organización para alcanzar los resultados esperados. Seguidamente, la efectividad, porque una empresa que consigue sus objetivos con eficiencia y eficacia consigue una efectividad a través de la planeación y control de la producción.

Por supuesto, planificar y controlar la producción reporta otra gran cantidad de beneficios, como disminución de sobrecostos, aumento de competitividad, mejor servicio al cliente, comunicación efectiva, etc. Sostienen, Miranda y Toirac (2010) aunque todos son beneficios derivados de la eficiencia, eficacia y efectividad conseguidos a través de la consecución de los objetivos trazados en un plan de producción.

En este sentido, la productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios.

Asimismo, Mejía (2016) asegura que la productividad es un indicador que mide la capacidad de un proceso productivo, o varios para crear determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran mejores resultados,

considerando los recursos empleados para generarlos. Dado que la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones. El aporte a la productividad por parte de los materiales se logra a partir de una adecuada selección de los mismos y la elaboración de productos útiles por unidad de material o energía utilizada (Fontalvo, et al, 2018).

También, surgen aspectos como son el planeamiento y control de la producción, siendo esta, la actividad que permite coordinar y conducir todas las operaciones de un proceso productivo, con el objetivo de cumplir con los compromisos asumidos, con los clientes de la empresa.

Para darle contexto a la situación que aborda la presente investigación, esta se realiza en Manufacturas Técnicas S.A. (MATEC S.A.) del Grupo Eduardo S.A., fue creada con el objetivo diagnosticar la viabilidad de un modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A. del Grupo Eduardo, desarrollar y fabricar piezas forjadas para satisfacer las necesidades y expectativas del sector industrial, que por sus características mecánicas y de diseño, deben de reunir una serie de propiedades metalúrgicas específicas que sólo se consolidan con métodos metalúrgicos,

usando normas de fabricación, producen pernos normalizados, accesorios para pernos, espárragos, bridas, anclajes refractarios, y todo tipo de pernos especiales.

Es pertinente señalar que, MATEC S.A. surge en el mercado con sólidos fundamentos referenciales, toda vez que conoce a plenitud la industria en general y particularmente las empresas azucareras, cementeras, mineras, ferroviarias y de transporte como también toda máquina o herramienta de trabajo pesado que requiera sistemas de sujeción.

Cabe destacar, que la empresa MATEC S.A., desde su creación se ha caracterizado porque su sistema de producción, sus políticas y procedimientos para el manejo del producto han sido empíricas, pues tal infraestructura se ha desarrollado a través del tiempo y por lo tanto no se ha generado planes ni programaciones correspondientes a la producción, de manera que no permite a la administración usarla como un factor importante en la empresa.

Esto se refleja en las siguientes situaciones:

Incumplimiento en las fechas de entrega de los pedidos de producción, mayor producción de las que pide el pedido, generando así stock en inventario dando así costos de tiempo, costos por almacenaje y mano de obra, obstaculizándose en ocasiones el flujo de la producción. A continuación, se explica en la Figura 1.

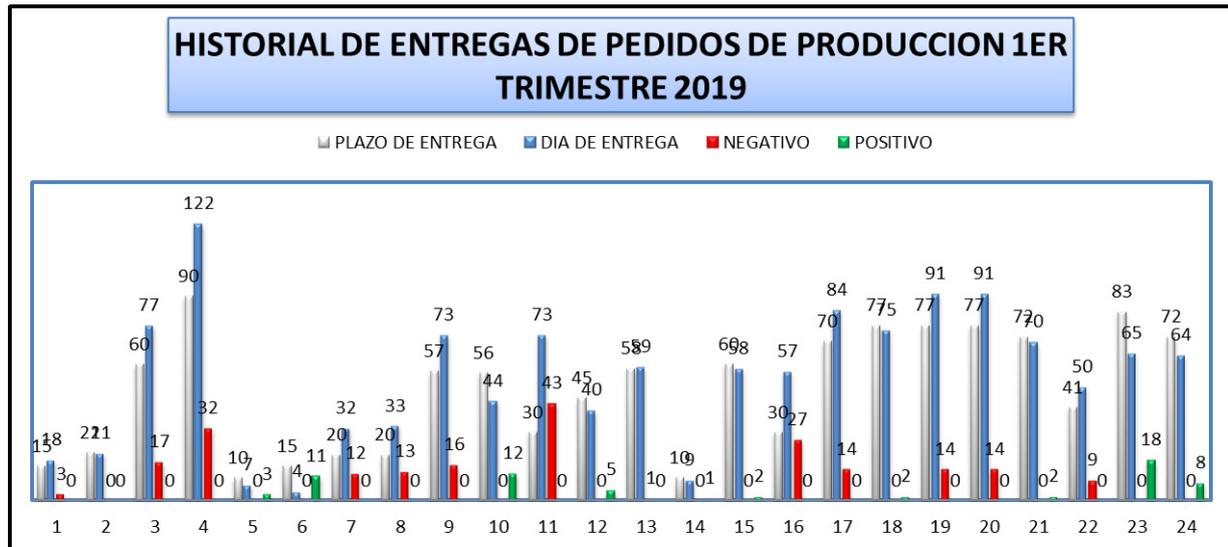


Figura 1. Fecha de entrega vs fecha de pedido del cliente. Fuente: Historial de ventas (MATEC S.A.).

Las situaciones anteriores hacen que no exista la verdadera planificación de lo que se tenga que hacer y por esto no se puedan hacer proyecciones de producción, de continuar estos retrasos en la entrega de pedidos, la empresa perderá competitividad y no podrá aumentar su rentabilidad, ya que al no tener proyecciones o controles no conocerá totalmente el proceso productivo. Para el cambio de todo este panorama es necesario diseñar un sistema de planificación y programación de la producción, evaluándolo sistemáticamente, contribuyendo al fortalecimiento de la empresa.

Por lo que, surge la necesidad de realizar un diagnóstico que posibilite la implementación de un modelo de planificación y programación de la producción en los procesos de elaboración de productos de la empresa MATEC S.A. debido a la problemática anteriormente planteada y que genera incumplimiento en las fechas de entrega de los pedidos bajando calidad en los productos

y aumentando los costos de producción. La presente investigación ha propuesto el objetivo diagnosticar la viabilidad de un modelo de planificación y programación para la producción de la empresa MATEC S.A., como una alternativa con la planificación y control de la producción (PCP) dicho por Paredes, (2001) es una de las actividades más delicadas que se tiene que cumplir en la empresa pues es la prevé lo que ha de producirse para atender las necesidades del mercado y, basándose en eso, es la que dimensiona los recursos que habrá que conseguir para viabilizar el plan. Como proceso la PCP es sistema paico e integral, porque se entrelazan los distintos subsistemas de gestión de recursos de una organización, lo que determina los posibles niveles de actividad que se deben producir, con un óptimo empleo de los recursos materiales, financieros y humanos, todos sobre la base del óptimo aprovechamiento de la capacidad de industrial instalada (Hernández, 2017).

## MÉTODO

Para el abordaje de la problemática antes señalada, la investigación fue orientada con el enfoque mixto según Hernández, et al., (2003) señalan que los diseños mixtos: (...) representan el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo, con un diseño no secuencial, según Tashakkori y Tedlie (2003), definen este enfoque como un estudio donde se aplican diferentes abordajes en uno o varias fases del proceso de investigación combinando métodos cualitativos y cuantitativos en diversas formas. Este diseño, se dice no secuencial porque, se combinan de forma simultánea la revisión documental y la propuesta de un modelo de programación y planificación de la producción.

En el aspecto cuantitativo, este proceso está determinado por la formulación de los objetivos, para explicar desde la predicción, el uso de técnicas y control y los acontecimientos sociales, de igual manera con el problema que debe plantear las causas y funciones a observar según Babativa (2017); esta investigación analiza los datos históricos de la empresa MATEC S.A. para determinar un sistema de planificación de producción y control en el que se contempla establecer un pronóstico de ventas por ingresos mensuales y por tipo de producto, el plan maestro de producción basado en una base de datos con acceso a los 3 departamentos de la empresa (ventas, producción y almacenes), establecer un diagrama de flujo de funciones cruzadas, diseñar un programa de producción donde se controlen todas las condiciones previstas desde el pedido, hasta la entrega, disponibilidad, estatus, entre

otros; en este se controla el stock requerido por tipo de material. Para procesar esta información se utilizaron fuentes primarias tal como expresa Muñoz (2015) figuran todas las obras, artículos o textos del autor o de los autores que se han elegido para estudiar. Igualmente, para realizar el diagnóstico se utilizaron datos históricos de producción y ventas considerando todos los productos en sus distintas presentaciones y formatos que serán obtenidos de la empresa del área de producción. Y fuentes secundarias son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria. Es importante señalar, que el plan maestro del modelo propuesto determina el orden ideal para planificar la producción y lograr la entrega necesaria de los productos en los plazos convenidos con los clientes, independientemente de la fecha de pedido y la fecha pactada, esto debido a que se dará prioridad a aquellos pedidos que se encuentran cronológicamente más cerca de contar con días insuficientes para su producción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados del diagnóstico realizado a la empresa Manufacturas Técnicas S.A de los procedimientos que realizan, para poder realizar una propuesta, esta cuenta con 2 de los procesos más importantes en el rubro metalúrgico (Mecanizado y forjado) abre fácilmente las líneas de producción visualizado, en la Figura 2 se destaca la producción de pernos normalizado y sus accesorios como principal producto demandado

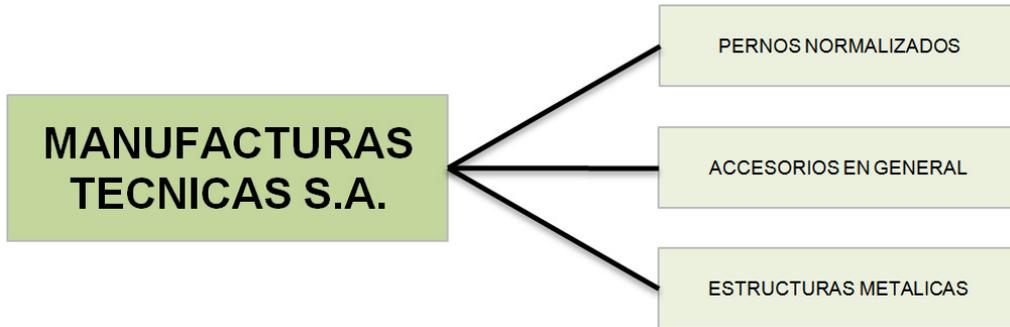


Figura 2. Líneas de producción de MATEC S.A. Fuente: Departamento de producción de MATEC S.A. (2023).

También se tiene, en los resultados del diagnóstico, que los procesos desarrollados por la empresa MATEC S.A. de manera general son:

- Operaciones de fabricación
- Operaciones de control
- Embalaje de los productos
- Despacho de los pedidos
- Servicio postventa
- Tramitación de los pedidos
- Documentos para la fabricación
- Recepción de materiales y productos procedentes de los proveedores
- Almacenamiento y mantenimiento

A continuación, se detalla la ficha de control de producción, Tabla 1.

Tabla 1. Ficha de Control de Producción.

		FICHA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN			IMP2301 REV.1 09/01/2019		
Fecha de emisión		Hora		Cliente			
N° de orden		Cantidad		Producto			
Código		Plano		Tipo y materia prima			
Fecha de entrega		Tipo y materia prima		Peso bruto			
Longitud a usar		<b>OPERACIÓN A REALIZAR</b>					
N°	Operación	Máquina		Medida	Observaciones		
1							
2							
3							
4							
<b>CONTROL DE PROCESOS</b>							
Operación	Operario	Fecha	H. Inicio	H. Final	Cant. P.	Rechazo	Observación/Inspección

En la Tabla 1, se puede observar la ficha de producción donde se reflejan las especificaciones de lo que se va realizar, donde se va realizar y como se va a realizar, todo con el fin de cumplir ciertas especificaciones técnicas, esta ficha generalmente es elaborada por el gerente de

producción, casos especiales es elaborada por el jefe o supervisor de producción (asistente). Una vez hecha la ficha el encargado procede a delegar trabajo a las primeras partes operacionales de la planta. A continuación, otras especificaciones, Tabla 2.

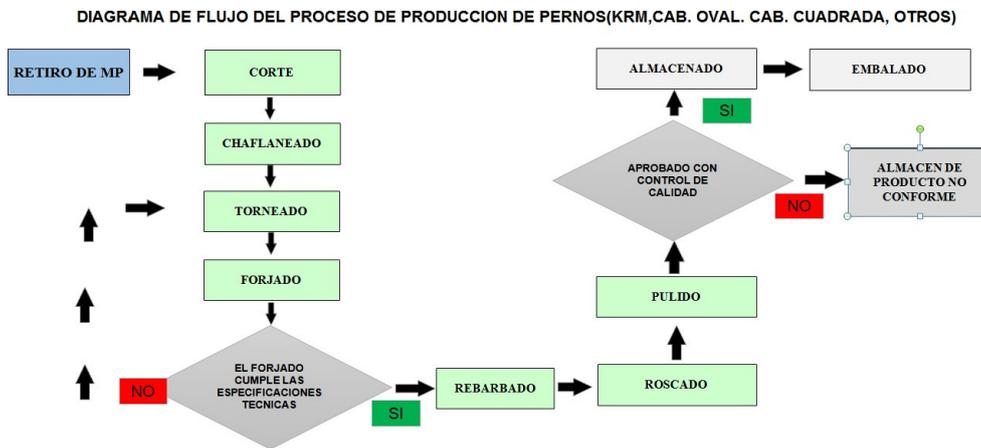
**Tabla 2.** Cursograma de pernos KRM M42x50x170x110

Resumen	Cant.	Tiempo	Inicio proceso				
<b>O Operaciones</b>	<b>7</b>	<b>1463</b>	<b>Fin proceso</b>				
□ <b>Transporte</b>	<b>6</b>	<b>48</b>	<b>Elaborado por:</b>	José Enrique Luna S.			
□ <b>Controles</b>	<b>6</b>	<b>38</b>	<b>Aprobado por:</b>	José Liendo Gutiérrez			
<b>D Demora</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>Fecha:</b>	15/10/2020			
□ <b>Almacenamiento</b>	<b>1</b>	<b>10</b>					
<b>Total tiempo minutos</b>		<b>1585</b>		<b>Cantidad</b>			
				<b>200</b>			
<b>N°</b>	<b>O</b>	□	□	<b>D</b>	□	<b>Tiempo</b>	<b>Observación</b>
1	Liberación de M. Prima		x			10	
2	Puente grúa para barras de acero amáquina		x			8	
3	Creación de ficha de producción requerida			x		10	
4	Corte de acero a medida requerida	x				240	
5	Puente grúa para trozos de acero amáquina de chaflaneado		x			8	
6	Chaflaneado de trozos de acero	x				220	
7	Transporte de trozos de acero a		x			7	Montacargas
8	Mecanizado de diámetro y cuerpo	x				260	
9	Transporte de trozos de acero a forjado		X			7	
10	Forjado de cabeza de perno en prensade fricción de 170 Tn	x				260	
11	Enfriado de perno forjado				x	30	Se usa bermiculita
12	Control de medidas y dureza de pernos			x		5	
13	Transporte de pernos a rebarbadora		x			7	Montacargas
14	Rebarbado de perno en torno revolver	x				300	
15	Control de longitud del perno			x		5	
16	Transporte de pernos a laminadora		x			7	
17	Roscado de pernos					3	
18	Control de paso de hilo de roscas			x		5	
19	Transporte a almacén de productoterminado		x			7	
20	Documentación de ficha de producción			x		3	
21	Almacenamiento de producto				x	10	
22	Despacho de producto terminado	x				180	
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1592</b>

Fuente: Departamento de producción de “MATEC S.A” (2023).

En la Tabla 2 de los resultados del diagnóstico realizado a la empresa MATEC S.A. se detalla un cursograma donde se refleja de forma general las principales operaciones e inspecciones, en este

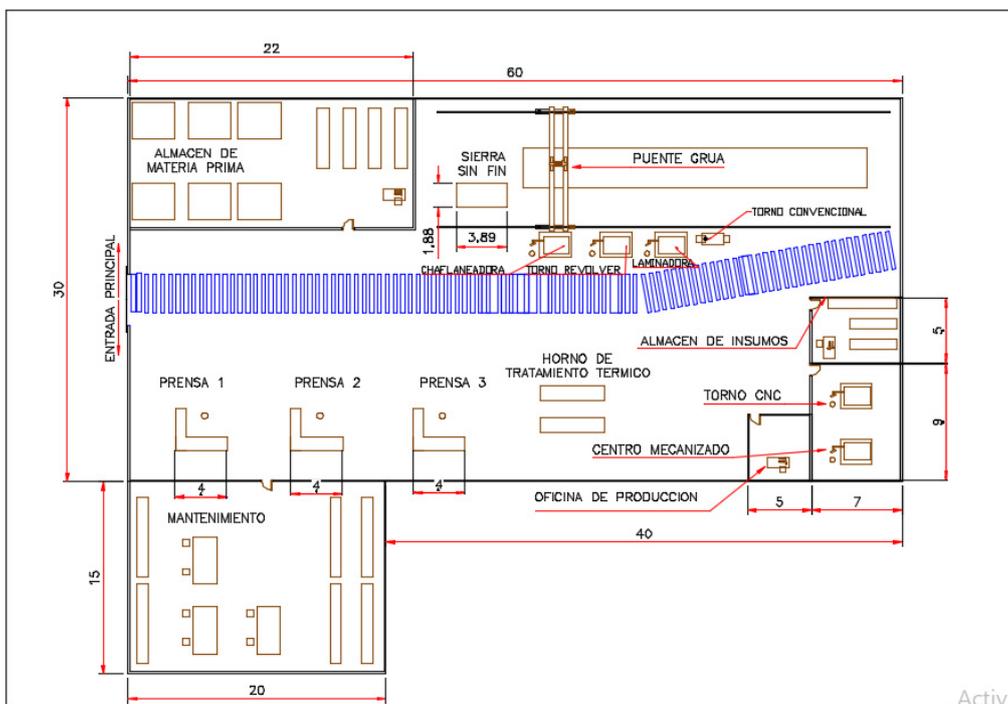
caso de los pernos KRM, por lo tanto, no es una herramienta de análisis a fondo. A continuación, proceso de producción de pernos. A continuación, diagrama 4.



**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso de producción de pernos (Krm, Cab. Oval, Cab. Cuadrada, Otros).

En la Figura 3, de los resultados del diagnóstico realizado a la empresa MATEC S.A. se muestra del diagrama general de proceso de los pernos elaborados en la empresa. A continuación,

la distribución de la planta fue realizada en base a un estudio técnico dando como resultado lo que se visualiza en la Figura 4.



**Figura 4.** Lay Out de la PLANTA MATEC S.A.

En la Figura 4 de los resultados del diagnóstico realizado a la empresa MATEC S.A. se muestra del diagrama general de proceso de los pernos

elaborados en la empresa. Seguidamente, en el Tabla 3, se especifica las horas de trabajo empleadas.

**Tabla 3.** Horas de trabajo semanal.

Horas	Descripción
6	Días trabajados/Semana
8	Horas/Turno
1	# de turnos
48	Total de horas

En la Tabla 3 de los resultados del diagnóstico realizado a la empresa MATEC S.A. se observa que en la empresa se trabaja 6 días a la semana, haciendo 8 horas diarias y 1 solo turno. Esto da como resultado las 48 horas semanales que dispone la parte productiva para la realización de sus productos.

### DISCUSIÓN

El diagnóstico realizado a Manufacturas Técnicas S.A. ha sido una herramienta valiosa para identificar las áreas de mejora en la empresa. La implementación de propuesta que se presenta permitirá a la empresa mejorar su performance y fortalecer su posición competitiva en el mercado. La cantidad de horas disponibles para la producción limita la capacidad de la empresa para satisfacer una mayor demanda o para realizar trabajos especiales que requieran más tiempo. Trabajar 6 días a la semana puede afectar la productividad de los trabajadores, ya que el cansancio y la fatiga pueden reducir su eficiencia. Se podrían explorar alternativas para aumentar la capacidad productiva sin afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.

Se observó que, a menor velocidad de corte, se requiere un mayor tiempo de mecanizado para completar la operación. De igual manera, un avance menor puede generar una mayor precisión en el mecanizado, especialmente en piezas con tolerancias ajustadas, esto, puede generar una mayor cantidad de calor durante el mecanizado, lo que puede afectar la calidad del producto y la vida útil de la herramienta.

Entre otros resultados, se denota, la elección de la técnica de chanfleado, la herramienta de corte y la maquinaria depende de una serie de factores, como el material, el diámetro de la pieza, la calidad deseada y el presupuesto disponible, un tiempo de chanfleado menor puede aumentar la productividad, pero también puede afectar la calidad del acabado, es importante, encontrar un equilibrio entre la productividad y la calidad del chanfleado.

Igualmente la capacidad de sierra de corte para realizar 3 operaciones simultáneas, esta característica permite aumentar la productividad y la eficiencia del proceso de mecanizado, esto facilita la operación y reduce el tiempo de preparación, la máquina puede ser operada por

cualquier persona, sin necesidad de conocimientos especializados, la configuración y el mecanizado son rápidos y sencillos, ofreciendo un mayor rendimiento que los tornos tradicionales en términos de velocidad, precisión y eficiencia y un mejor acabado superficial que las fresadoras tradicionales.

## CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado en la empresa permitió observar que tiene retrasos de hasta 43 días según la fecha pactada con el cliente con una alta frecuencia de retrasos en el rango de 5 días en promedio. Así también la empresa gestiona de manera física la documentación, impidiendo así obtener parámetros de planificación y programación de la producción que le ayudarían a mejorar el cumplimiento a las fechas de entrega.

Asimismo, se logró determinar con exactitud la pérdida asociada al incumplimiento de plazos de entrega, la cual podrá ser evitada y por lo tanto se constituirá en un ingreso por la implementación de esta propuesta obteniéndose indicadores positivos.

Se estima que con un sistema de planificación y programación de producción se podrá cumplir las fechas de entrega de los pedidos de producción, esto se dará con los pronósticos de materia prima que se calcularán a partir de los históricos de producción. El plan maestro de producción se basará en el uso de una base de datos a la cual tendrá acceso todo el personal autorizado de los tres departamentos. La base de datos contendrá los datos necesarios para que los 3 departamentos

puedan verificar y gestionar la compra de materia prima, la producción de los materiales y la entrega al cliente.

Igualmente, la base de datos propuesta, está configurada de tal manera que sea capaz de ser aplicada en “tiempo real” entre todos los departamentos y personal autorizado para determinar la mejor configuración de la producción y garantizar que los pedidos son alcanzables en la entrega pactada con el cliente.

Finalmente, se concluye que el diagnóstico realizado en la empresa MATEC, evidenció, que el plan maestro determinará el orden ideal para planificar la producción y lograr la entrega necesaria de los productos en los plazos convenidos con los clientes independientemente de la fecha de pedido y la fecha pactada, esto debido a que se dará prioridad a aquellos pedidos que se encuentran cronológicamente más cerca de contar con días insuficientes para su producción.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Babativa, C. (2017). Investigación cuantitativa. Fundación universitaria del área Andina. <https://core.ac.uk/download/pdf/326424046.pdf>
- Chapman, S. (2006). Planificación y control de la producción. México: Ed. Pearson Educación.
- Hernández, N., Lora, R., Moreno, R., Parra, K., y Fajardo, E. (2017). Planificación de la producción industrial con enfoque integrador asistido por las tecnologías de la información. Retos de la Dirección, 11(1), 38-59. <https://bit.ly/3Uy0ssb>

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación (3ª ed.). México: <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Fontalvo, T., De La Hoz, E., y Morelos, J. (2018). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- Mayo, J., Loredó, N., y Reyes, S. (2009). Procedimiento para evaluar la eficacia organizacional. *Folletos Gerenciales*. 10(6): 41 - 53. <https://www.econbiz.de/Record/procedimiento-para-evaluar-la-eficacia-organizacional-alegre-juan-carlos-mayo/10004980040>
- Mejía, J. (2016). Propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa que produce y comercializa microformas con valor legal. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/606233/MEJIA\\_MJ.pdf?sequence=1](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/606233/MEJIA_MJ.pdf?sequence=1)
- Miranda, J. y Toirac, L. (2010) Indicadores de Productividad para la industria Dominicana <http://www.redalyc.org/pdf/870/87014563005.pdf>.
- Muñoz, A. (2015). Cómo elaborar y defender un trabajo académico en humanidades. <https://ucm.es/data/cont/media/www/pag-135808/Fuentes%20Primarias%20y%20Secundarias.pdf>
- Paredes, J. (2001). Planificación y control de la producción. IDIUC, Instituto de Investigaciones, Universidad de Cuenca. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/diuc-ucuenca/20121115114754/teoria.pdf>
- Rivero, J. (2022). Relación entre marketing y ventas. Mejores prácticas y planificación. <https://neetwork.com/relacion-entre-marketing-y-ventas/>
- Tashakkori, A. y Teddlie, C. (2003). Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research. Manual de métodos mixtos en investigación social y del comportamiento. <https://bit.ly/49ocMPT>

## *Currículo de Autores*

### **Carlos Eduardo Choque Tarqui**

Maestría en ciencias geomáticas. Diplomado en educación superior, suelos y fertilidad. Experiencia en desarrollar investigaciones; docente de asignaturas Física, Hidráulica, Riego y Edafología; encargado de ordenamiento territorial para cultivo de caña de azúcar; Consultor en sistemas de riego y micro riego; Docente investigador en recurso hídricos y suelos, Bolivia.

### **Celso Ticona Quispe**

Licenciatura en ingeniería agronómica, Universidad Mayor de San Andrés. Diplomado en Organización y Administración Pedagógico del Aula en Educación Superior, Centro Pedagógico y de Investigación en Educación Superior (CEPIES) de la UMSA. Participación en congresos técnicos científicos en la región de Alto Beni, Bolivia.

### **Edwin Patricio Logro Masabanda**

Licenciatura en Ingeniería de Sistemas. Certificación Internacional CCNA Routing y Switching, Universidad Adventista de Bolivia. Experiencia en el Instituto Adventista de Tecnología Bolivia en el equipo AANS; soporte y mantenimiento en el sistema de ventas del departamento de publicaciones de la Conferencia Georgia Cumberland EEUU.

### **José Amilcar Cayllante Tapia**

Ingeniero de Sistemas, Universidad Adventista de Bolivia. Certificación Internacional CCNA CISCO, Universidad Adventista de Bolivia. Experiencia laboral como Desarrollador de Software en el IATec (Instituto Adventista de Tecnología). Participación en congresos nacionales e internacionales, Bolivia.

### **José Enrique Luna Sandoval**

Ingeniero Industrial con conocimientos en ingeniería industrial, gestión de la producción, mejora continua y sistemas de gestión de la calidad. Experiencia en el uso de software de gestión de proyectos y de la calidad, Bolivia.

## *Currículo de Autores*

### **Melany Gutiérrez Hurtado**

Ingeniera agrónoma, Universidad Mayor de San Andrés. Maestría en agricultura tropical sostenible, Universidad Zamorano. Docente investigadora en enfermedades tropicales de cultivos anuales y perennes, además de dictar clases en las asignaturas relacionadas con fitopatología. Participación en congresos nacionales e internacionales de Uruguay, Panamá y Bolivia. Afiliada a la sociedad latinoamericana de Acarología y Organización para las mujeres en ciencias en países en desarrollo, Bolivia.



ISSN: 2664 - 8245

ISSN L: 2664 - 8245

**V8 N20 ENE - ABR 2024**