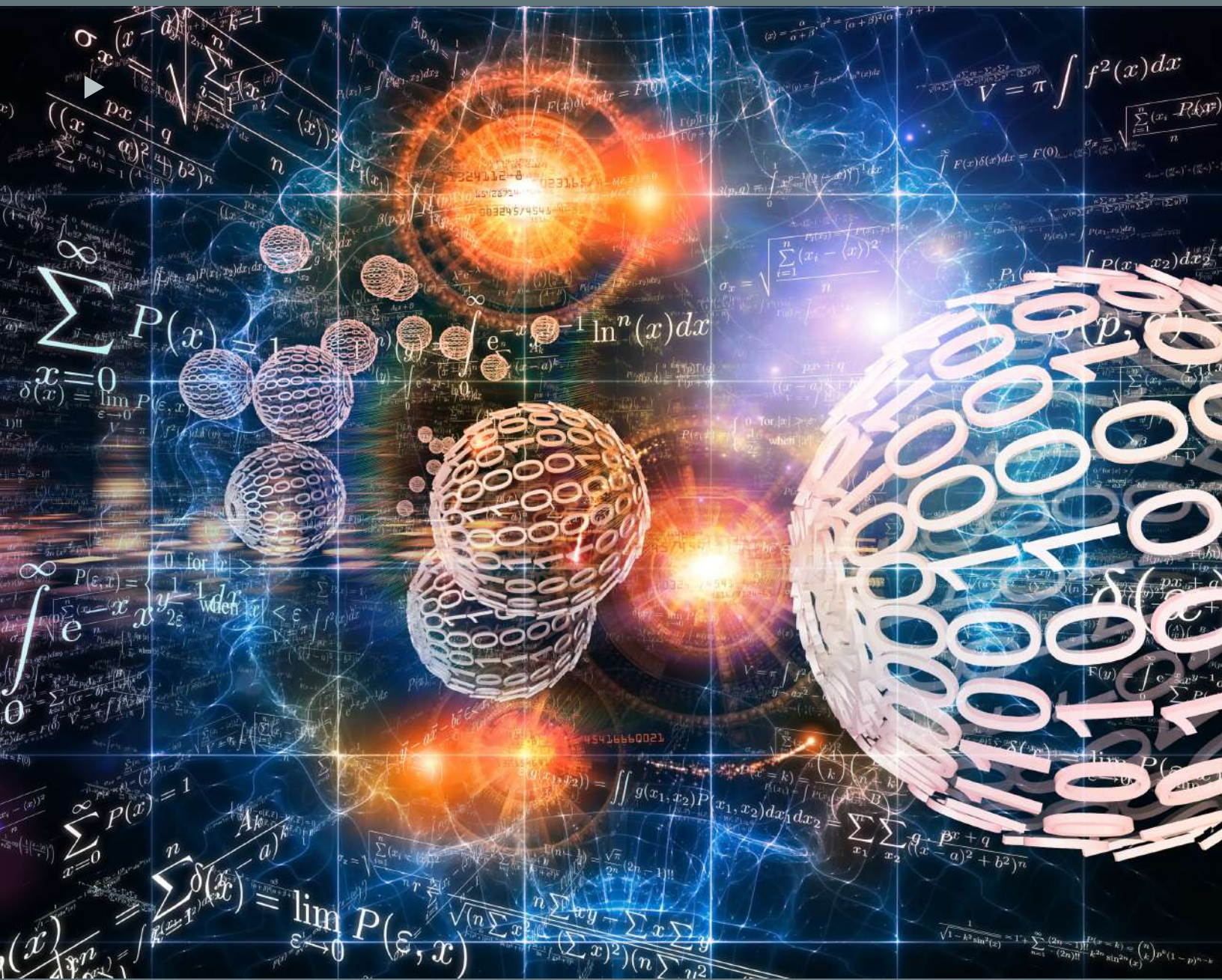


MINERVA



Edited by:


AutanaBooks
Engineering & Sciences

MINERVA JOURNAL

Electronic Journal Edited By AutanaBooks.

Quarterly Periodicity

Our cover:



Mathematical models are one of the potentialities of engineering, with them processes and systems are modeled and great scientific and technological developments are made.

Volume 3 // Issue 8 // August 2022

DOI:10.47460/minerva.v3i8

ISSN: 2697-3650

Viewing the Journal:

<https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva>

TECHNICAL TEAM

Webmaster and Metadata
Ing. Ángel Lezama (Quito, Ecuador).
a2lezama@gmail.com

Graphic design and layout:
Adrián Hauser
(AutanaBooks, Ecuador).
adrian.hauser@gmail.com

Translator: Fausto Bartolotta
Via Francesco Crispi, 309/A
98028 Santa Teresa Di Riva, Provincia Messina
Italia
email: fbartolotta@gmail.com

The articles, opinions and collaborations that are published in this magazine do not necessarily represent the informative or institutional philosophy of AutanaBooks SAS and may be reproduced with the prior authorization of the Publisher. In case of reproduction, please cite the source and send copies of the medium used to AutanaBooks, Sector Mitad del Mundo, Quito, Ecuador.

"by the grace of God"

Publisher: Dr. Franyelit Suárez,
<http://orcid.org/0000-0002-8763-5513>
editorial@autanabooks.com
AutanaBooks, Quito, Ecuador

DIRECTORY OF THE MINERVA,
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Luis Rosales.
Universidad Nacional Experimental Politécnica
"Antonino José de Sucre", Vice Rectorado Puerto Ordaz
luis.rosals2@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7787-9178>
Venezuela.

Dr. José García-Arroyo.
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
jagarcia@uees.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9905-1374>
España

Dr. Valentina Millano.
<https://orcid.org/0000-0001-6138-4747>.
millanov@fing.luz.edu.ve , millanov@gmail.com
Directora. Universidad del Zulia.
Centro de Estudios de Corrosión (CEC).
Venezuela.

PhD. Yajaira Lizeth Carrasco Vega
<https://orcid.org/0000-0003-4337-6684>
ycarrasco@undc.edu.pe
Universidad Nacional de Cañete
Lima, Perú.

Dr. Edwin Flórez Gómez
<https://orcid.org/0000-0003-4142-3985>
Universidad de Puerto Rico en Mayagüez
edwin.florez@upr.edu
Mayagüez, Puerto Rico

Dr. Hilda Márquez
<https://orcid.org/0000-0002-7958-420X>
Universidad Metropolitana de Quito,
amarquez@umet.edu.ec
Quito, Ecuador

Dr. Diana Cristina Morales Urrutia
<https://orcid.org/0000-0002-9693-3192>
dc.moralesu@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

Dr. Hernan Mauricio Quisimain Santamaria
<https://orcid.org/0000-8491-8326>
hernanmquisimalin@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato.
Ambato, Ecuador

DIRECTORY OF THE MINERVA,
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Jorge Mauricio Fuentes Fuentes,
<https://orcid.org/0000-0003-0342-643X>,
jmfuentes@uce.edu.ec;
Universidad Central del Ecuador.
Quito-Ecuador

Dr. Yelka Martina López Cuadra
<https://orcid.org/0000-0002-3522-0658>
ylopez@unibagua.edu.pe
Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía
de Bagua
Bagua, Perú

Dra. Irela Perez Magin
<https://orcid.org/0000-0003-3329-4503>
iperezmagin@pupr.edu
Universidad Politécnica de Puerto Rico
San Juan, Puerto Rico

PhD. Alejandro Suarez-Alvites
<https://orcid.org/0000-0002-9397-057X>
alejandrosualvites@hotmail.com
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Peru, Lima

Dr. Janio Jadán.
Universidad Tecnológica Indoamérica,
Quito, Ecuador.
janiojadan@uti.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3616-2074>
Ecuador

Dr. Neris Ortega
<https://orcid.org/0000-0001-5643-5925>
Universidad Metropolitana de Quito,
Quito, Ecuador
nortega@umet.edu.ec

Dr. Juan Carlos Alvarado Ibáñez
<https://orcid.org/0000-0002-6413-3457>
jalvarado@unibagua.edu.pe
Universidad Nacional Intercultural Fabiola
Salazar Leguía de Bagua
Bagua-Perú

Mgt. Juan Segura
<https://orcid.org/0000-0002-0625-0719>
juansegura@uti.edu.ec
Universidad Tecnológica Indoamérica
Quito, Ecuador

Dr. Jairo José Rondón Contreras
<https://orcid.org/0000-0002-9738-966X>
Instituto tecnológico de Santo Domingo
rondonjjx@gmail.com/ jairo.rondon@intec.edu.do
República Dominicana

DIRECTORY OF THE MINERVA,
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Angel Gonzalez Lizardo
<https://orcid.org/0000-0002-0722-1426>
Polytechnic University of Puerto Rico
agonzalez@pupr.edu
Puerto Rico, San Juan

Dr. Wilfredo Fariñas Coronado
<https://orcid.org/0000-0003-2095-5755>
Polytechnic University of Puerto Rico
wfarinascoronado@pupr.edu
Puerto Rico, San Juan

Dra. Diana Cristina Morales Urrutia
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9693-3192>
dc.moralesu@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato-Ecuador

Content

- 8 Alex J. Velez-Cruz. ***Simulation of Combined Stresses and Stress Concentration Factor Effects on a Femur Cortical Bones***
- 20 Carla Patricia Arcos Pazmiño. ***Evaluación de pérdidas y desperdicios en empresas artesanales generadoras de valor agregado con cacao CCN51 (Theobroma cacao L.) del cantón Ambato-Ecuador***
- 32 Villarreal Elio, Fierro César, Romero Lorena, Morales Gladys. ***Caracterización de la técnica y tecnología de criocirugía***
- 42 Alvarez Jesica . ***Análisis multivariante del impacto e interdependencia del teletrabajo con variables de productividad, eficiencia, eficacia, satisfacción laboral y conocimiento en herramientas digitales: un caso de estudio.***
- 54 Guambo Gonzalo, Torres Julio, Quiroz Santiago. ***Análisis histórico de la contaminación hídrica en el río Portoviejo***
- 61 Velastegui Niccolay, Pavón Estefania, Jácome Hugo, Torres Freddy, Pico Melissa. ***Avances tecnológicos en sistemas y equipos de comunicaciones militares***
- 74 Parreño Carolina, Vargas Katty, Zúñiga Maria-José, Torres Alex. ***Análisis del levantamiento manual de cargas en operadores: evaluación de esfuerzos***
- 84 Ana Cecilia De Paz Lazaro, Yorrllanka Evelin Damian Espinoza, Hernán Edwin Verde Luján. ***Estilos y formas de aprendizaje en la educación universitaria***



Editorial

Computer Science is not limited only to areas associated with computer science. Indeed, they have a tremendous impact on various branches of knowledge: physics, biology, chemistry, engineering, and economics, among others. For example, in the health sciences, computation allows computational simulation of problems such as DNA. In physics, it has been possible to simulate the gravitational waves emitted when black holes collide. In Both cases, computer simulation uses mathematical modeling, numerical methods, and software development. In the present context, universities that deepen this knowledge will train professionals better prepared to actively integrate into a society in continuous transformation.

Mathematical model implementation, programming, and information technologies teach students to solve problems and create their software. The student learns to conceptualize, abstract, and think logically about how to take a mathematical model to software to a code that allows him to obtain results on the problem posed. The educational value of numerical methods and programming is twofold: on the one hand, it permits students to be able to devise, plan, design, and create a software as a tool to solve a problem, and on the other hand, to develop cognitive skills integrated with the so-called computational thinking. In such a way, the student learns to reason about physics and mathematical model problems by developing well-defined techniques and practices that allow their analysis, modeling, and resolution. Computational thinking encompasses a set of principles, such as creativity, abstraction, problem analysis, and logical and critical thinking. Undoubtedly, professionals graduating from universities must go through these experiences.

Dr. Luis Rosales



Simulation of Combined Stresses and Stress Concentration Factor Effects on a Femur Cortical Bones

Alex J. Velez-Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-9289-5256>
alvelez@upr.edu
Polytechnic University of Puerto Rico
San Juan, Puerto Rico

Recibido(16/04/2022), Aceptado(15/05/2022)

Abstract— The purposes of this article were to obtain mechanical properties of the dry femur cortical bone samples through a tensile load and stress concentration factor approach and to provide simulations to predict experimental behaviors based on manipulations of certain properties and parameters of the biomaterial. Since bone samples have characteristics and geometries, the development of a mathematical model was necessary to describe the combination of stresses interacting in the bone when a tension load is applied. The samples have average diameters and lengths of 0.5 and 2 inches respectively and were tested using a 10 kN Universal Tensile Machine to determine mechanical properties such as yield and ultimate stress, young module, fracture, among others. Several simulations were conducted to evaluate failure criteria like "Von Mises", "Tresca" and "Tsai-Wu". Finally, was concluded that 83% of the data obtained from the 22 samples observed in the "Stress-Strain" charts showed a directly proportional relationship.

Keywords: mechanical properties, stress-strain curve, stress concentration factor, failure criteria simulation

Simulación de los Efectos de Combinaciones de Esfuerzo y Factor de Concentración de Esfuerzo en Hueso Femoral Cortical

Resumen— Los propósitos de este artículo fueron obtener propiedades mecánicas de muestras secas en hueso fémur a través de fuerzas en tensión y del factor de concentración de esfuerzos y proveer simulaciones para predecir comportamientos experimentales basados en manipulaciones de ciertos parámetros y propiedades. Dado que las muestras tienen geometrías características, fue necesario desarrollar un modelo matemático para describir las combinaciones de esfuerzos que interaccionaban en el hueso cuando se aplica una carga de tensión. Las muestras tienen diámetros promedios y longitudes de 0.5 y 2 pulgadas respectivamente y fueron evaluadas utilizando una Máquina de Tensión Universal para determinar propiedades mecánicas como esfuerzos ultimo y de fluencia, módulo de elasticidad, entre otras. Varias simulaciones fueron ejecutadas para evaluar criterio de fallas tales como "Esfuerzo Von Mises", "Tresca" y "Tsai-Wu". Finalmente, se concluyó que 83% de los datos obtenidos de 22 muestras observadas en gráficas "Esfuerzo-Desplazamiento" mostraron una relación directamente proporcional.

Palabras clave: propiedades mecánicas, curva de esfuerzo y desplazamiento, factor de concentración de esfuerzo, simulación de criterio de falla

I. Introduction

The characterization of biomaterials is necessary to determine the mechanical, chemical, and electrical, among other interesting properties of the material [1]. The mechanical property is obtained from a mechanical destructive test, called the tensile test. Basically, it is when a pulling force or tension is applied to materials until it fails or breaks, providing information about the Yield Strength (σ_y), Ultimate Tensile Strength (σ_{ult}), Ductility (D), Young's modulus (E), and Poisson's ratio (ν) of the material [2] [3] [4].

Bone is composed of three different types of bones, cortical, trabecular (cancellous), and marrow bones. Cortical bone is dense and solid and surrounds the marrow space, whereas trabecular bone is composed of a honeycomb-like network of trabecular plates and rods interspersed in the bone marrow compartment [5]. Those bones are separated into two main elements, the cellular component, and an extracellular matrix. The matrix, which is responsible for the mechanical strength of the bone tissue, is formed by an organic and a mineral phase, but a liquid component is also present [6]. By weight, bone contains approximately 60% mineral, 10% water, and about 30% collagenous matrix. The mineral component influences the stiffness of the bone, whereas the collagen network contributes significantly to its fracture properties.

Typically, engineers consider three basic tasks when biomaterials are being evaluated. The first, understanding the properties of the materials (strength, fatigue, among others); second, the analysis of the response of the study material when is subject to external loads (Free Body Diagrams) and third; the determination of the weakest areas of the material (stress concentration factors) [7]. The intended research is oriented to obtain the stress-strain relation of dry canine cadaveric cortical bone samples using the stress concentration factor (K_{scf}) analysis.

The (K_{scf}) is the ratio of the highest stress (σ_{max}) to reference stress (σ_{ref}) of the gross cross-section. This experimental factor shall be considered as part of the engineering analysis on the stress-strain curve since the mechanical properties of the biomaterial can be affected directly. During this research will be seen a combination of the stresses interacting on bone samples when they are subject to axial loads. Based on the destructive tensile test and the stress concentration factor approach, it is expected to see normal, bending and shear stresses influencing the behavior of the stress-strain curve.

Therefore, the target of this research will be focused to perform a simulation through a Computer Aid Drafting (CAD) tool (CREO Parametric) with the intent to use a failure criterion (Von Miss Stress, Tresca, Tsai-Wu, etc.) to determine their critical values before a fracture occurs and to compare those values among them. Also, will serve to model the interaction of the principal stresses and the effect that those stresses have on the behavior of the stress-strain curve. The new stress-strain curve obtained from the simulation will be compared against the experimental curve obtained from the tensile tests. Finally, error calculations are documented to analyze, describe, and predict the accuracy and precision of the proposed model as well as how well is behaving.

II. DEVELOPMENT

A. Mechanical Properties of the Bone

The diverse forms and geometries of cortical and trabecular bones result in different mechanical properties. The mechanical properties of the bone vary according to species, size, age, among other characteristics and parameters. The mineral content in a bone shows little changes with increasing age, and this behavior is observed in its stiffness. In contrast, the energy absorbed (toughness) during the fracture of bone decreases significantly with increasing age, which contributes to an inverse proportional relationship. The mineral phase most likely imparts stiffness to the bone, whereas the collagen network contributes significantly to its fracture properties [6].

Cortical bone is an anisotropic material, meaning that its mechanical properties vary according to the direction of load. The strength and tensile/compressive moduli of cortical bone along the longitudinal direction are greater than those along the radial and circumferential directions. Nowadays, minor fluctuations in mechanical properties have been observed in the radial versus circumferential direction, recommending that cortical bone can be considered as a transversely isotropic material. When samples receive tension along the longitudinal direction, cortical bone shows a bilinear stress-strain response in which a distinct yield point separates a linearly elastic region and a region of linear hardening that ends abruptly at a fracture strain of less than 3. Cortical bone specimens loaded in the transverse direction fail in a more brittle manner compared with those loaded in the longitudinal direction [8].

B. Stress-Strain Curve

The following diagram has the intent to provide detailed background information regarding the behavior of the femur bone material when is subject to tension loads.

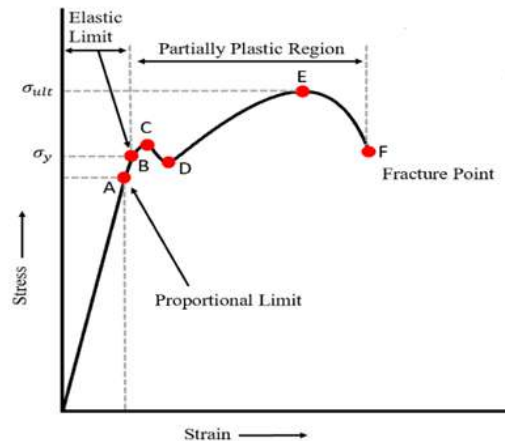


Fig. 1. Stress-Strain Diagram [9]

In Fig. 1 above, point A represents the proportional limit, which the slope of this line is better known as the Young's Modulus. For segment AB, the material may still be elastic in the sense that the deformations are completely recovered when the load is removed, and this point B is called the elastic limit or yield point. Point A and segment AB are part of the elastic region, which is governed by Hook's law. Beyond point B,

C. Principal Stresses

The engineering measures of stress (σ) and strain (ε) are determined from the measured load (P) and deflection (δ) using the original specimen cross-sectional area (A_0) and length (L_0) as:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad (1)$$

When the stress (σ) is plotted against the strain (ε), an engineering stress-strain curve such as that shown in Fig. 1 is obtained [10]. In the early phase of the stress-strain curve, various materials obey Hooke's law to a reasonable approximation, so that stress is proportional to strain with the constant of proportionality being the modulus of elasticity or Young's modulus (E) [11]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Since bones vary in geometry, a representation of the mathematical model is needed to explain the physical phenomena occurring during the experimental tests. Therefore, the following equation related to the combination of principal stresses (σ_t) (normal, bending, and shear) will be briefly discussed and further implemented in the proposed cortical bone model.

$$\sigma_t = k_{scf}(\sigma_n + \sigma_b + \tau) \quad (3)$$

The k_{scf} , σ_n , σ_b and τ are provided as follows:

$$k_{scf} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ref}} \quad (4)$$

where stress concentration factor (k_{scf}) is the ratio of the highest stress (σ_{max}) to reference stress (σ_{ref}) of the gross cross-section:

$$\sigma_n = \frac{F}{A} \quad (5)$$

where F is the applied normal force and A is the cross-sectional area of the specimen:

$$\sigma_b = \frac{F \cdot r}{I} \quad (6)$$

where F is the applied normal force, r is radius, and I is the inertia moment A is the cross-sectional area of the specimen:

$$\tau = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot A} \quad (7)$$

and assuming a cylindrical hollow element, τ , can be approximated as described in (7), where V is the shear stress value and A is the cross-sectional area of the specimen. Thus, substituting (4), (5), (6) and (7) into (3), the final combined stresses equation is represented as follows:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ref}} \left(\frac{F}{A} + \frac{F \cdot r}{I} + \frac{3 \cdot V}{2 \cdot A} \right) \quad (8)$$

D. Principal Strains

On the other hand, principal strains (maximum and minimum normal strains) shall be considered as part of the cortical bone behavior, which is obtained from differentiating axial (ϵ_x), and lateral (ϵ_y) with respect to θ . Then, the general equation for the total principal strains present in the experiment is provided as follows:

$$\epsilon_t = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \gamma_{xy} \quad (9)$$

where ϵ_1 and ϵ_2 are obtained from the following plane stress-strain formula [12]:

$$\epsilon_{1,2} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2} \quad (10)$$

where shear strain (γ_{xy}) is related with the orientation of the planes of the principal strains as follows:

$$\tan(2\theta) = \frac{\gamma_{xy}}{\epsilon_x - \epsilon_y} \quad (11)$$

According to the experiment provided there is no variation in the stress-strain planes, therefore, $\theta = 0$, which makes $\gamma_{xy} = 0$ for all data collected from the experimental tests. Furthermore, no shear strains will be acting on the planes of the principal strains, which means that (10) will be eliminated from the principal stress analysis when simulation take place.

Nevertheless, substituting (9) into (8), the combined principal strains equation is represented as follow:

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2} - \left(\frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2}\right) \quad (12)$$

Finally, incorporating (8) and (12) respectively (principal stresses and strains) into the mathematical model, predictions can be made through a simulation to determine the main objectives of this research, mechanical properties, and failure criteria.

E. Failure Criteria

Failure principles are used to determine and predict if a material will fail under certain circumstances, including loads, engineering parameters, mechanical properties, among others. From a mechanics of material perspective, exits basic failure criteria. For purpose of this research, the Distortion Energy (Von Mises), Tresca (Maximum Shear Stress) and Tsai-Wu (Failure Index) criteria will be used to evaluate the fracture point of the biomaterial. According to [13], Von Mises's theory, a ductile solid will yield when the distortion energy density reaches a critical value for that material. Since this should be true for the uniaxial stress state also, the critical value of the distortional energy can be estimated from the uniaxial test. Based on this experiment, the analysis is considered as two-dimensional plane stress state, which indicated that $\sigma_3 = 0$, simplifying the principal Von Mises stress equation as follows:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \quad (13)$$

For maximum shear stress theory, the material yields when the maximum shear stress at a point equals the critical shear stress value for that material. Since this should be true for uniaxial stress state, we can use the results from uniaxial tension test to determine the maximum allowable shear stress. The stress state in a tensile specimen at the point of yielding is given by: $\sigma_1 = \sigma_Y$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$. The maximum shear stress is calculated as [13]:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \geq \tau_Y = \frac{\sigma_Y}{2} \quad (14)$$

The Tsai-Wu failure criterion is one of the first failure criteria studied by scientists to evaluate factor of safety for composite materials. This failure criterion takes into consideration the total strain energy interacting in the specimen. Based on the experiment proposed, it can be assumed a bi-dimensional plane stress, which simplifies the equation to the following:

$$F_1\sigma_1 + F_2\sigma_2 + 2F_{12}\sigma_1\sigma_2 + F_{11}\sigma_1^2 + F_{22}\sigma_2^2 + F_6\tau_{12} + F_{66}\tau_{12}^2 = 1 \quad (15)$$

A reasonable safety of factor (SOF) for engineering analysis should be greater than 1. The inverse of the SOF is failure index (Tsai-Wu), which means that Failure Index simulations with less than 1 are not going to fail.

III. METHODOLOGY

The bones are considered biological materials; therefore, health and safety must be present throughout the research to avoid and minimize any type of risk to researchers. The research conducted has a combination of methodologies since experimental tests, procedures, equipment protocols and observations were conducted with the intent to obtain representative real scenarios regarding the behavior of the bones when they critical axial loads are applied. In general terms, this research has focused in quantitative and experimental methodologies.

The canine cortical bone samples were collected by a veterinarian and temporarily stored in a freezer at 50 degrees Fahrenheit. The humerus and femur dry bone samples were extracted from adults and young dogs of mid and large sizes respectively. The samples were transported in a foam cooler covered with ice from the Veterinarian Hospital to the Bioimpedance Laboratory at the Polytechnic University of Puerto Rico. Then, samples were cleaned with water at room temperature (72 degrees Fahrenheit) to remove leftover tissues such as muscles, tendons, and ligaments. To preserve the dry samples in good shape were placed at the Bioimpedance Freezer at 50 degrees Fahrenheit and relative humidity of 55%.

This sample preparation of the cortical bones was divided into 4 different batches and each batch into 3 groups taking into consideration the following elements: type of bone, aging, and bone size, and including their associated parameters such as pin diameter, overall length, thickness, eccentricity, and external and internal diameter. The first group was identified with dry femur samples for adults' mid-size bones. Those samples were cut into two sections with lengths of two and one inches respectively. The samples two inches long were used for a destructive tensile test while the one inch was labeled and stored within the freezer to be used later for the Bioimpedance test. The final samples for this group have pin diameter, overall length, thickness, and external and internal diameter dimensions of 0.10, 2.0, 0.10, 0.20, 0.5, and 0.40 inches respectively. The second group was identified with dry humerus samples for adults' mid-size bones. Those samples were cut into two sections with lengths of two and one inches respectively. The samples two inches long were used for a destructive tensile test while the one inch was labeled and stored within the freezer to be used later for the Bioimpedance test. The final samples for this group have pin diameter, overall length, thickness, and external and internal diameter dimensions of 0.10, 2.0, 0.10, 0.20, 0.5, and 0.40 inches respectively.

The third group was identified with dry femur samples for adults' mid-size bones. Those samples were cut into two sections with lengths of two and one inches respectively. The samples two inches long were used for a destructive tensile test while the one inch was labeled and stored within the freezer to be used later for the Bioimpedance test. The final samples for this group have pin diameter, overall length, thickness, and external and internal diameter dimensions of 0.10, 1.5, 0.10, 0.20, 0.5, and 0.40 inches respectively. The fourth group was identified with dry femur samples for young large-size bones. Those samples were cut into two sections with lengths of two and one inches respectively. The samples two inches long were used for a destructive tensile test while the one inch was labeled and stored within the freezer to be used later for Bioimpedance tests. The final samples for this group have pin diameter, length, thickness, and external and internal diameter dimensions of 0.10, 3.0, 0.13, 0.25, 0.65, and 0.52 inches respectively.

The samples were cut and machined using a low-speed diamond saw. The diamond saw blade was immersed in a saline bath to minimize the heat created from friction, which has been shown to significantly affect the material properties, specifically, the plasticity of the cortical bone. Then, the sections cut from the humerus, and femur were placed in a bone chuck and a transverse cut was made along the axis of interest. Great care was taken when placing the bone sections in a bone chuck to ensure the axis of interest coincided with the axis of cutting. The cylindrical cortical bone samples were placed in a custom bone chuck, and a drill hole was made to remove the cancellous/trabecular bone from those samples. Also, additional cuts were made to level the uncut side and, if necessary, trim the ends to fit on the accessories manufactured, and customized for the universal tensile test machine since the existing and available grips are for metal specimens use only. Therefore, aluminum accessories (grips) were designed to minimize the crushing effect on the bone ends when a tension load is applied. Once the grips were manufactured according to technical specifications, the initial calibration and setup were done properly as presented in Fig. 2 below.



Fig. 2. Tensile Test Calibration and Setup

Prior to conducting the destructive tests, familiarization and practice with the tensile test machine and its software were required [14]. Also, safety, biohazard and waste disposal, and biomaterials handling trainings were taken to comply with US federal codes, standards, and regulations. The universal tensile machine used to perform the test was a brand Applied Test Systems, model 910, a double-column and rated at 10 kN. The machine pre-set values for pre-load cell, velocity and displacement were 100 lbs, 0.15 in/min, and 0.05 inches respectively.

IV. RESULTS

The experimental tests of the dry cortical bones were divided into two different types of charts, the first one "Load vs Displacement" and the other "Stress vs Strain". The Fig. 3 (a) represent the rough data obtained from the tensile tests while Fig. 3 (b) represents the relations between principal stresses and strains, including the stress concentration factor coefficient. The comparisons made between figures 3, 5 and 7 are necessary to determine the variations between rough data and math models, considering the load and displacement and principal stresses and strains parameters. The ultimate strength values from "batch 1, samples" obtained from figures 3 (b), 4 (b) and 5(b) are 11 (1,595), 39 (5,656) and 27 (3,916) MPa (Psi) respectively. The principal strains values on figures 3 (b), 4 (b) and 5(b) were obtained from ultimate strength points such as 0.0011, 0.0062 and 0.0023 respectively. Also, it has been noticed that beyond these ultimate strength values, the fracture process begins. The Young's modulus for 3 (b), 4 (b) and 5(b) were obtained as follows: 10 (1,450), 6,290 (912,287) and 11,739 (1,702,598) MPa (Psi). The charts provided in figures 3 (b), 4 (b) and 5(b) show a directly proportional relationship among the samples.

A statistics analysis was performed through Minitab for all samples presented in this article to evaluate the standard deviations, normal distribution, among other parameters. For descriptive analysis, it was assumed confidence level and error (α) of 95% and 5% respectively. The total "Load" data analyzed for batch 1-sample 1 was 39 readings and their mean, standard deviation and variance were 0.03819, 0.02280 and 0.00052 respectively. The histogram of this sample provided in Fig. 9 showed a normal distribution pattern. The 22 samples were analyzed and have been observed that other 21 samples showed similar trend to the one observed in Fig. 9.

The Fig. 6 shows the fracture detail in the samples. It was demonstrated that samples failed due to stress concentration factor with a combination of longitudinal and oblique fracture effects. The presence of normal and bending stresses along the samples validate that mathematical model serve to describe the physical phenomena encounter in the experimental tests. On Fig 7, the oblique fractures predominate against the longitudinal, indicating that more presence of bending was affecting the samples. Subsequently, it has been noticed that samples with non-uniform geometries played a big role in the engineering analysis.

In order to calibrate the model in CREO Parametric, the software request the entry of certain parameters and material properties such as Young's modulus, Poisson's ratio, yield strength and shear stiffness, which according to [12] were initially assumed as 6.964×10^8 psi, 0.4, 4,352 psi and 2.487×10^8 psi respectively. Based on experimental fracture points, which are the same than ultimate tensile strength value obtained from Fig. 3 (b), 4 (b) and 5(b) (1,595; 5,656 and 3,916 Psi respectively), and CREO simulation values obtained from Fig. 8 (a), which indicated a Von Mises stress value of 4,770.94 Psi, a comparison was made between Fig. 4 (b) and 8 (a) to determine the percentage of error between the model and the physical experiment. The corresponding percent of error was 15.64%. Since there is no validated standard or average values to works with canine cortical bones and the initial values used in CREO are slightly higher because corresponded to human cortical bones, the percent of error might be affected.

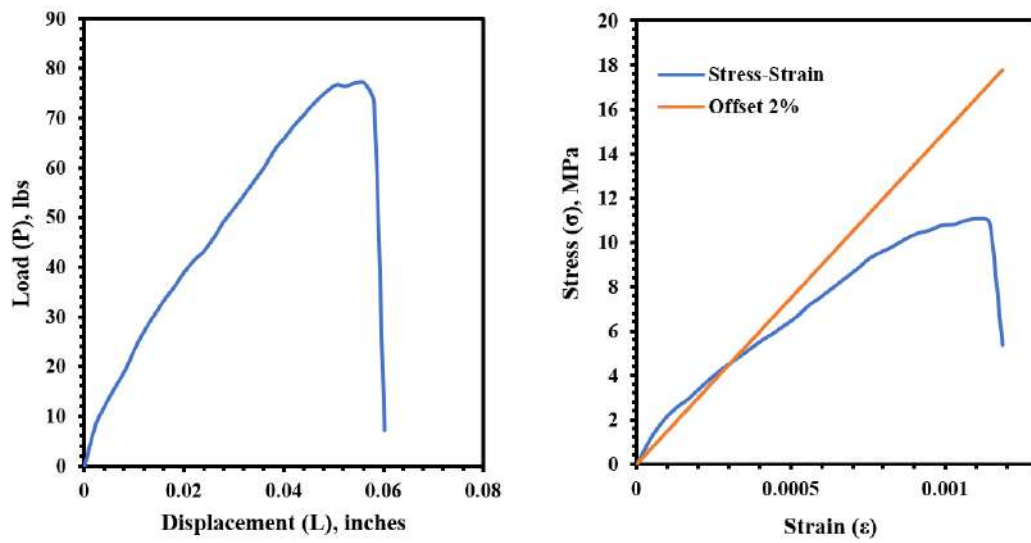


Fig. 3. (a) Load vs. Displacement (Batch 1, Sample 1)
(b) Principal Stress vs. Strain (Batch 1, Sample 1)

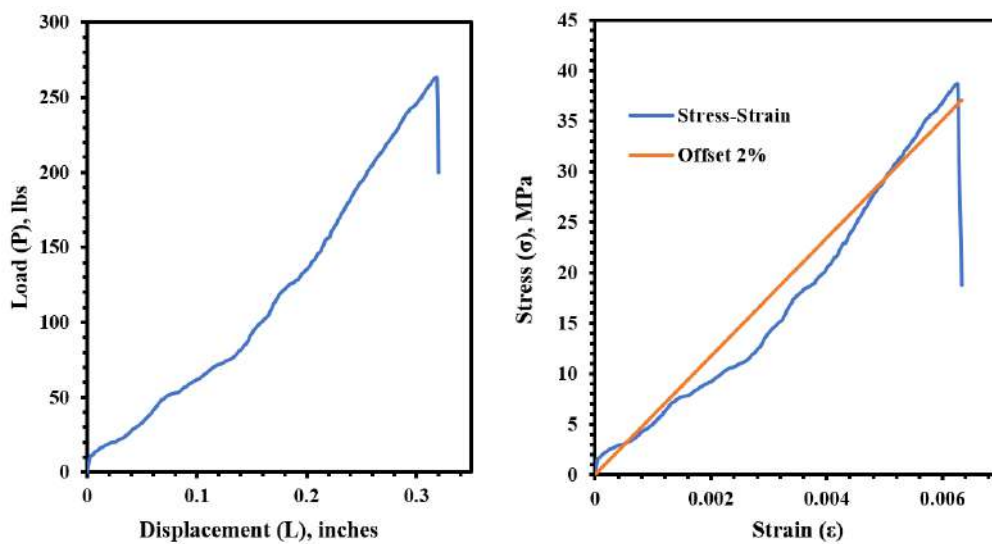


Fig. 4. (a) Load vs. Displacement (Batch 1, Samples 2 & 3) (b) Principal Stress vs. Strain (Batch 1, Samples 2 & 3)

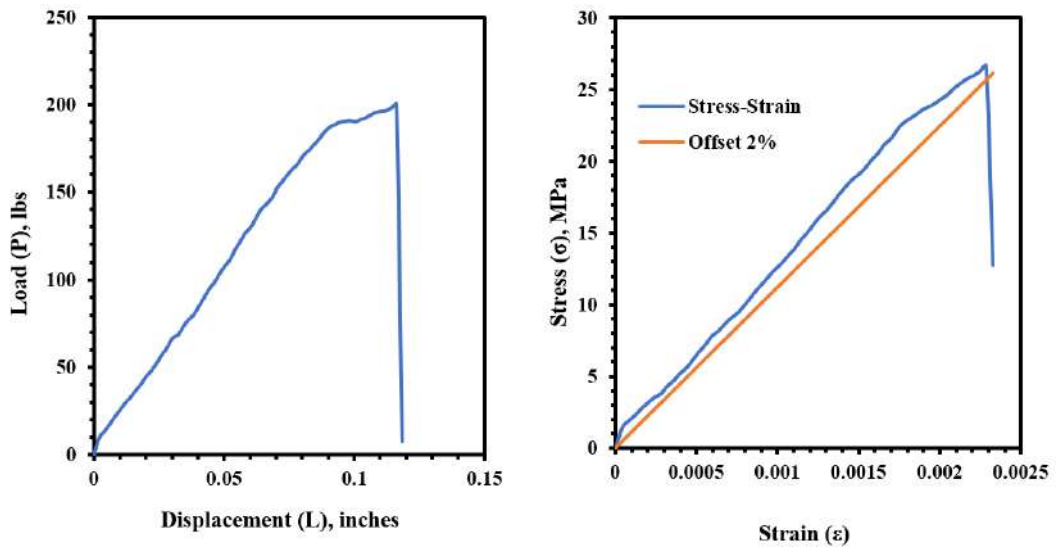


Fig. 5. (a) Load vs. Displacement (Batch 1, Samples 4 & 5) (b) Principal Stress vs. Strain (Batch 1, Samples 4 & 5)



Fig. 6 (a) Longitudinal Fracture on Batch 3, Sample 1 (b) Longitudinal Fracture on Batch 3, Sample 2 (c) Longitudinal Fracture on Batch 3, Sample 3



Fig. 7. Tensile Tests Results (a) Close View of the Oblique Fracture on Batch 1, Sample 1 (b) Oblique Fracture on Batch 3, Sample 1 (c) Oblique Fracture on Batch 3, Sample 4

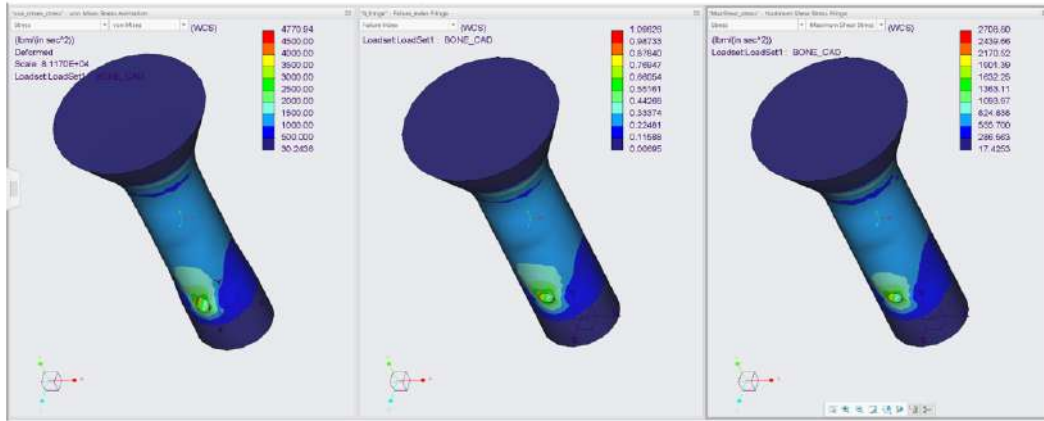


Fig. 8. Failure Criteria Simulation: (a) Von Mises Stress; (b) Failure Index; (c) Maximum Shear Stress

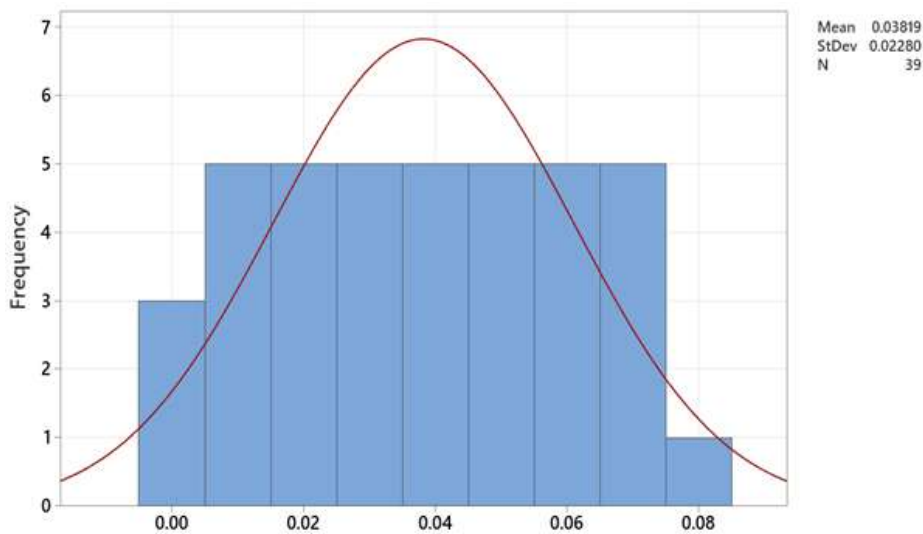


Fig. 9. Histogram of the Load-(Batch 1-Sample 1)

CONCLUSIONS

A comprehensive methodology for destructive mechanical tests were established for preparing and testing canine cadaveric cortical femur bone samples when are subject to axial loads and stress concentration factors to obtain mechanical properties of the biomaterial. It was concluded that 83% of the data obtained from the 22 samples observed from "Stress-Strain" charts showed a directly proportional relationship. The ultimate tensile strength (ult) values of the dry cortical femoral bones are equal to yield strength (σ_y) values, implying that bones samples behaved as a brittle material. Due to the small anisotropy of bone material analyzed (2 in length x 0.5 in diameter) the eccentricity distance was relatively small, that might influence the conclusions of the study. The standard deviations per batches were considered within acceptable parameters. The experimental results on cortical bones are closer to the predictions made by the simulation to evaluate failure criteria, considering a percentage of error of 15.64 %.

ACKNOWLEDGEMENT

I want to thank Dr. Luis Thomas Ramos from "San Francisco de Asis" Veterinarian Hospital to support this research by providing the femur and humerus bone samples. Also, I want to thank Dr. Julio Noriega Motta, Mechanical Engineering Department Head of the Polytechnic University of Puerto Rico to support with the mechanical tensile machine and manufacturing engineering laboratories.

REFERENCES

- [1] A. Bandyopadhyay and S. Bose, Characterization of Biomaterials, Waltham, MA: Elsevier, 2013.
- [2] J. Pelleg, Mechanical Properties of Materials, New York, London: Springer, 2013.
- [3] M. Jaffe, W. B. Hammond, P. Tolias and A. Treena, Characterization of Biomaterials, Newark, NJ: Woodhead Publishing, 2012.
- [4] G. R. Cointry, R. F. N. A. L. Capozza, E. J. Roldan and J. L. Ferretti, "Biomechanical Background for a Noninvasive Assessment of Bone Strength and Muscle-Bone Interactions," Journal Musculoskeletal Neuron Interact, vol. 4, no. 1, p. 1-11, 2003.
- [5] B. Clarke, "Normal Bone Anatomy and Physiology," Clinical Journal of the American Society of Nephrology, vol. 3, no. 3, pp. 131-139, 2008.
- [6] M. Basharat, A. Ikhlas and J. Azher, "Study of Mechanical Properties of Bones and Mechanics of Bone Fracture," in Proceedings of 60th Congress of ISTAM, Rajasthan, India, 2015.
- [7] W. D. Pilkey, D. F. Pilkey and B. Zhuming, Peterson's Stress Concentration Factors, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2020.
- [8] E. F. Morgan, G. U. Unnikrisnan and A. I. Hussein, "Bone Mechanical Properties in Healthy and Diseased States," Annu Rev Biomed Eng, vol. 20, no. 1, pp. 119-143, 2018.
- [9] A. J. Velez-Cruz, Stress-Strain Diagram, Bayamon, PR: AVC Press, 2022.
- [10] D.-3. ASTM Standard, Standard Test Methods for Composite Materials, West Conshohocken, PA: ASTM Press, 2004.
- [11] D. Roylance, Stress-Strain Curves, Cambridge, MA: Cambridge MIT Press, 2001.
- [12] B. Yang, Stress, Strain and Structural Dynamics, Los Angeles, CA: Academic Press, 2005.
- [13] T. L. Anderson, Fracture Mechanics – Fundamentals and Applications, Boca de Raton, FL: CRC Press, 2006.
- [14] ASTM Standard, E-8M-01, Standard Test Methods for Tensile Testing of Metallic Materials, West Conshohocken, PA: ASTM Press, 2004.

Evaluación de pérdidas y desperdicios en empresas artesanales generadoras de valor agregado con cacao CCN51 (*Theobroma cacao* L.) del cantón Ambato-Ecuador

Carla Patricia Arcos Pazmiño
<https://orcid.org/0000-0001-8557-4553>
carcos1144@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

Recibido(16/04/2022), Aceptado(19/05/2022)

Resumen—Las empresas artesanales transformadoras de cacao en productos de valor agregado del cantón Ambato-Ecuador generan una gran cantidad de pérdidas y desperdicios, causantes de un bajo rendimiento de producción, el cual no es solventado por los chocolateros al no tener un conocimiento claro de la cantidad exacta que se pierde y cómo afecta esta al crecimiento productivo. Por lo cual, se busca cuantificar las pérdidas y desperdicios generados en la transformación del cacao en semielaborados. El trabajo se realizó mediante la información recopilada en las empresas artesanales, donde se determinó la cantidad de pérdidas y desperdicios de cada uno de los procesos que son llevados a cabo para la producción de semielaborados. Obteniendo de esta forma información clave sobre el manejo de residuos dentro de las empresas y la cantidad y porcentajes exactos de las pérdidas y desperdicios durante la elaboración de pasta de cacao y sus derivados.

Palabras clave: empresas artesanales, pérdidas, desperdicios, semielaborados de cacao.

Evaluation of losses and waste in craft companies that generate added value with cocoa CCN51 (*Theobroma cacao* L.) of the Ambato-Ecuador canton

Abstract— The craft companies that transform cocoa into value-added products in the Ambato-Ecuador canton generate a large amount of losses and waste, causing low production performance, which is not solved by the chocolatiers as they don't have a clear knowledge of the amount exactly what is lost and how it affects in the productive growth. Therefore, it seeks to quantify the losses and waste generated in the transformation of cocoa into semi-finished products. The work was carried out through the information collected in the craft companies, where was determined the losses and waste of each of the processes that are carried out for the production of semi-finished products will be prolonged. Obtaining in this way key information on waste management within companies and the exact amount and percentages of losses and waste during the production of cocoa paste and its derivatives.

Keywords: craft companies, waste, losses, semi-finished of cocoa.



I. INTRODUCCIÓN

La industria alimenticia es considerada como el sector que genera mayor cantidad de desperdicios orgánicos, los cuales no son valorados como es debido, ya que es una materia prima con nutrientes y propiedades, que puede tener múltiples usos. La falta de conocimiento acerca de los métodos adecuados para su reutilización en la elaboración de nuevos productos inocuos y de calidad, es un problema dentro del sector agroindustrial al generar una cantidad significativa de residuos no solo en Ecuador si no a nivel mundial [1].

Rusia es conocido como uno de los países en el cual existe una mayor valorización acerca de los desperdicios del cacao y su utilización en nuevos productos. Seguido de: Colombia, Francia, España, Japón, Corea del Sur y Venezuela, los cuales comparten la idea del aprovechamiento de los residuos del cacao, pero en un grado menor [2].

Algunos de los usos de los residuos agroindustriales en la transformación del cacao, entre los países mencionados, tenemos: la elaboración de un herbicida natural a partir de la pulpa mucilaginoso, elaboración de queso crema con bacterias lácticas provenientes del mucílago de cacao, utilización del mucílago del cacao como polvo para la clarificación de jugos o la obtención de jalea, elaboración de infusiones a partir de la cascarilla de cacao, obtención de harina de los residuos de la fruta o la cascarilla para la alimentación de animales, entre otros [2].

Ambato es una de las ciudades en Ecuador que ha sido caracterizada por su carácter comercial como un importante mercado regional, gracias a la actividad agrícola, productora y de comercio de distintos productos, entre ellos el chocolate, ícono representativo de la ciudad al tener un sustento en los productores que han nacido haciendo y consumiendo dicho producto desde la antigüedad [3].

La transformación del cacao conforme fue evolucionando pasó de ser un proceso netamente artesanal a uno industrial, sin bajar la calidad propia del producto artesano, lo cual ayudó a identificar múltiples problemas con respecto a las pérdidas que genera la producción de semielaborados. Los desechos, han causado una gran preocupación a nivel mundial entre científicos e industrias, debido a su bajo aprovechamiento en la transformación de dichos subproductos en otros métodos para su reutilización [4].

Sin embargo, la mayor parte de las empresas no toman soluciones óptimas y adecuadas para las pérdidas generadas en cada una de las etapas del proceso debido a la falta de concientización sobre la cantidad de las mismas y su efecto en el rendimiento de la producción, sin comprender como dicha problemática incide directamente sobre la generación de ingresos y el crecimiento económico al tener un sistema alimentario ineficiente [5].

La producción de semielaborados de cacao como el chocolate consta de varias etapas. Inicialmente, se procede con la preparación de la materia prima para el proceso, en primer lugar, se da la selección de las almendras de cacao seco y fermentado, la cual elimina todos los posibles materiales extraños que pueda contener el grano. Una vez limpio, se procede al tostado, etapa responsable en brindar parte del sabor y aroma característico al producto, además de la eliminación de microorganismos y humedad [4]. El descascarillado, donde se separan los nibs de cacao (trozos de la semilla del cacao tostada) de la cascarilla, generándose en dicha etapa la mayor cantidad de residuos dentro de la transformación del cacao [6]. Finalizando con la molienda, en la cual se trituran los nibs formando la pasta de cacao [4].

Una vez lista la materia prima, se procede al conchado, donde se coloca inicialmente la pasta de cacao obtenida previamente, y se mezcla con los aditivos o ingredientes que maneje la empresa artesanal para la elaboración de sus productos, siendo este proceso fundamental en la elaboración de chocolate para brindar viscosidad, textura y sabor [6]. Concluyendo finalmente con el moldeado, enfriado, desmoldeo y empaque del producto para la venta al público.

Durante el proceso de transformación del cacao mencionado se van generando un sin número de residuos, de los cuales la mayor parte son designados como “desperdicios agroindustriales” provenientes de la preparación de la materia prima como producto secundario que no cuenta con valor dentro del proceso productivo [4]. Por otro lado, otra de las categorías tomadas en cuenta son las denominadas “pérdidas”, consideradas como una disminución de masa durante cada etapa de producción, incluyendo los daños mecánicos, derrames o descartes por el incumplimiento de calidad del producto [7].

Por consiguiente, los objetivos del presente trabajo fueron: 1) identificar los procesos de transformación de cacao en las empresas artesanales de valor agregado; 2) realizar un balance de materiales del proceso productivo en la transformación del cacao; y 3) cuantificar las pérdidas y desperdicios generados en la transformación del cacao en semielaborados, con el fin de difundir la información recolectada para el conocimiento de los artesanos productores de derivados del cacao para la minimización de los desperdicios que son producidos durante su proceso.

II. DESARROLLO

Dentro del proceso de transformación de cacao, hay que tomar en cuenta los productos que se pueden obtener como son: el fruto, la cáscara, jugo de cacao, manteca de cacao, pasta o licor de cacao, polvo de cacao, chocolatinas, entre otros. De los cuales al hablar de la pasta de cacao hacemos referencia a los chocolateros ambateños que han mantenido la tradición hasta el día de hoy en la elaboración de tabletas siendo una de las tradiciones chocolateras [8].

Para el desarrollo del presente trabajo se tomaron en cuenta los tipos de pasta de cacao que trabajan las empresas artesanales ambateñas, considerando de esta forma dos tipos de productos como es la pasta de cacao sola y el chocolate (pasta de cacao adicionada con harina y/o azúcar). Para lo cual se utilizaron fuentes de información que permitieron conocer la población de trabajo a la cual se realizará la aplicación de un cuestionario que permita analizar los datos de producción de forma cuantitativa y estos puedan ser sustentados mediante la información recopilada cualitativamente sobre el manejo de la materia prima durante la producción.

Además, se realizó una investigación de campo de tipo visual y descriptiva acerca de los procesos llevados a cabo para la transformación del cacao seco y fermentado en semielaborados de cacao tomando en cuenta la cantidad de materia prima inicial y final para cada una de las operaciones, permitiendo de esta forma calcular la cantidad de alimento que se pierde y se desperdicia durante todo el proceso productivo.

Por consiguiente, a partir de lo mencionado se optó por realizar una evaluación de las pérdidas y desperdicios generados en la transformación del cacao en semielaborados, con el fin de difundir la información recolectada para el conocimiento de los artesanos productores de derivados del cacao para su concientización y la minimización de los desperdicios que son producidos durante su proceso.

III. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó a través de la información recolectada de un estudio acerca de los productores de chocolate artesanal, identificando 35 productores activos del semielaborado, de los cuales se reconocieron 15 propietarios como los "maestros de planta" dentro de las 35 empresas artesanales, los cuales se encargan de ejercer dobles funciones en el establecimiento [9]. Seleccionando por cada uno de ellos las empresas productoras de chocolate más representativas del sector Huachi Chico-Ambato-Ecuador, es decir, de acuerdo a donde el propietario tiene una actividad comercial mucho mayor, siendo esta parroquia en la que se encuentra la mayor parte de empresas artesanales chocolateras de la ciudad por más de 100 años [8].

Fase 1. Identificación los procesos en la transformación del cacao en las empresas de valor agregado

Se aplicó un instrumento de recolección de información (Cuestionario), el cual se validó mediante la técnica de juicio de expertos mediante el coeficiente V Aiken, verificando de esta forma la fiabilidad de la investigación, tomando en cuenta dos criterios de calidad, que fueron "claridad" y "contenido". Para dicha validación se tomó en cuenta la participación de 3 expertos investigadores, los cuales se basaron según la escala del 2, 1 y 0 para la calificación de los ítems, valores correspondientes a "Claro", "Algo claro" y "No claro", respectivamente, obteniendo un valor promedio de 0,897 verificando la validez del cuestionario. La validación de igual forma se la realizó utilizando la técnica del alfa de Cronbach, para medir la confiabilidad de la encuesta y la correlación de cada ítem, obteniendo un valor de 0,872.

El cuestionario utilizado está conformado por 22 preguntas, de las cuales las 6 primeras son para conocer los datos de la empresa artesanal a la cual se está realizando la encuesta, mientras que las preguntas restantes se basan en la recolección de información tanto cuantitativa como cualitativa, permitiendo de esta forma tener información mucho más amplia al encontrar significancia en los datos obtenidos con el fin de elaborar tablas cruzadas entre distintas variables.

La encuesta fue aplicada a los propietarios de las empresas artesanales seleccionadas con el fin de obtener una mejor percepción de los semielaborados que producen y el manejo de los desperdicios que se lleva a cabo en cada una de las empresas artesanales. Por lo que se optó encuestar a todos los maestros de planta de las empresas seleccionadas debido a que se trabajó con una población relativamente pequeña permitiendo de esta forma la obtención de resultados absolutos del objeto de estudio [9].

Con la información recolectada se elaboraron tablas cruzadas relacionando variables estratégicas que puedan dar una mejor percepción de cómo trabajan las industrias chocolateras, para posteriormente analizar mediante una investigación de campo, como estudio observacional y descriptivo en las 15 empresas artesanales seleccionadas cada uno de los procesos que son llevados a cabo para la obtención de semielaborados de cacao.

Fase 2. Balance de materiales del proceso productivo de la transformación del cacao

De las 15 empresas artesanales seleccionadas se realizó un análisis experimental únicamente en 3 de las empresas debido a la disponibilidad brindada por parte de los propietarios, determinando de esta forma la cantidad de producción real que se obtiene y se pierde en cada una de las operaciones que se llevan a cabo dentro de la transformación del cacao.

Se utilizó la cantidad de un quintal de cacao seco y fermentado del tipo "CCN51" correspondiente a 50 kg de la materia prima en cada proceso a medir, mediante la realización de 3 réplicas por cada una de las empresas visitadas. Tomando en cuenta la adición de la materia prima que brinda la característica de chocolate al producto como es la harina de trigo y el azúcar blanca [6].

Por consiguiente, se midió la cantidad de materia prima que ingresa y sale en cada uno de los procesos productivos en la elaboración del chocolate como: en la limpieza, se pesó el cacao y los materiales extraños; en el tostado, el cacao limpio antes y después del tostado; en el descascarillado, la cascarilla y los nibs de cacao; en la molienda, los nibs que ingresaron al molino junto con la pasta de cacao que se obtiene; en el conchado, la pasta de cacao con los aditivos que utiliza la empresa antes de ingresar a la conchadora y la mezcla obtenida una vez termine el proceso de conchado; en el dosificado, lo que ingresa a la maquina y lo que sale de la misma; y en el enfriado, el peso del producto antes y después de que este enfríe.

Se empleó el uso de recipientes de acero inoxidable en los cuales se colocó la materia prima que ingresaba y salida de cada uno de los procesos, se la pesó con el uso de una balanza, anotando cada valor en tablas en Excel previamente elaboradas. Lo cual permitió la elaboración de diagramas de flujo facilitando de esta forma el entendimiento de los procesos productivos llevados a cabo en la transformación de cacao de acuerdo a la recopilación de información del material obtenido.

Se procedió a realizar una clasificación de la materia prima que se pierde en cada proceso para analizar si corresponde a un "desperdicio" o a una "pérdida", teniendo en cuenta las definiciones previamente mencionadas. Donde se distinguió a la cascarilla del cacao y al chocolate recuperable adherido a la maquinaria y utensilios dentro de su transformación como parte de los desperdicios, mientras que el chocolate igualmente adherido a los equipos utilizados pero que no puede ser recuperado, en compañía del agua eliminada del cacao durante el tostado se consideraron como pérdidas.

Fase 3. Pérdidas y desperdicios generados en la transformación del cacao en semielaborados de cacao

Finalmente, se realizó para el presente trabajo un análisis cuantitativo tomando en cuenta como variable la cantidad de pérdidas y desperdicios generados, valores que fueron colocados en tablas realizadas en el programa Excel, donde se determinó la cantidad y el porcentaje de los mismos en cada uno de los procesos productivos y como total de la producción completa a través de medidas de tendencia central y de dispersión como: la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

IV. RESULTADOS

La representación de los datos obtenidos de las encuestas realizadas fue a través de tablas cruzadas entre distintas variables, en este caso del tipo de cacao, el semielaborado que se produce en la empresa y el parámetro de calidad que se tiene en cuenta para la compra de la materia prima, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipo de cacao por semielaborado y parámetro de calidad.

Semielaborado: Tipo de cacao		Parámetro de calidad		Total
		Aroma	Textura	
Pasta de cacao	CCN51	73,33%	6,67%	80,00%
	Fino de Aroma	13,33%	0,00%	13,33%
	Sub-total	86,67%	6,67%	93,33%
Chocolate para repostería	CCN51	6,67%	0,00%	6,67%
	Fino de Aroma	0,00%	0,00%	0,00%
	Sub-total	6,67%	0,00%	6,67%
Total	CCN51	80,00%	6,67%	86,67%
	Fino de Aroma	13,33%	0,00%	13,33%
	Total	93,33%	6,67%	100,00%

Como se puede observar la mayor parte de empresas artesanales son productoras de pasta de cacao (93,33%) en el Cantón Ambato-Ecuador, que por más que pasen los años la tradición chocolatera se sigue manteniendo en vida con las tabletas artesanales elaboradas, siendo este semielaborado parte de la identidad de sus productores.

El tipo de cacao que las empresas artesanales utiliza es su mayoría es conocido como CCN51 (89,97%), siendo uno de los cacaos caracterizado por el alto rendimiento que brinda, su resistencia ante plagas, una alta precocidad y su costo accesible, es decir, no tan elevado en comparación al Fino de Aroma (13,33%) [10, 11]. El cual siendo un cacao de excelencia por su fragancia y sabor mucho más acentuados es mucho más costoso y normalmente es utilizado para las exportaciones, por lo que las empresas optan por un cacao con una menor calidad organoléptica pero que es mucho más rentable para la producción [12].

Algunas de las características que los productores cacaoteros toman en cuenta para la compra del cacao es su calidad y aroma [13]. Lo cual se puede corroborar en la Tabla 1, donde el aroma representa uno de los parámetros más tomados en cuenta para la compra de este tipo de materia prima con un 93,33% en comparación a la textura la cual presentó solo el 6,67% de preferencia por parte de los encuestados.

Otras variables que se tomaron en cuenta para el análisis de la investigación fueron en cuanto a la utilización de ciertos desperdicios que se obtienen durante la transformación del cacao como es la cascarilla, en comparación con el rendimiento de producción de la empresa y la frecuencia con la que se trabaja, como se observa a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Utilización de desperdicios por frecuencia y rendimiento de producción.

Modo de utilización de desperdicios: Frecuencia		Rendimiento			Total
		<70%	<80%	<90%	
Abono orgánico	Bimensual	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Mensual	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Quincenal	6,67%	33,33%	13,33%	53,33%
	Semanal	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Sub-total	26,67%	53,33%	13,33%	93,33%
Venta	Bimensual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Mensual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Quincenal	6,67%	0,00%	0,00%	6,67%
	Semanal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Sub-total	6,67%	0,00%	0,00%	6,67%
Total	Bimensual	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Mensual	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Quincenal	6,67%	40,00%	13,33%	60,00%
	Semanal	6,67%	6,67%	0,00%	13,33%
	Total	26,67%	60,00%	13,33%	100,00%

El modo de utilización de los desperdicios desechados en este caso la cascarilla dentro de las empresas artesanales únicamente se basa en la venta en un 6,67% y su uso como abono orgánico en un 93,99%. [7] hace énfasis que el problema de pérdidas y desperdicios radica en el desconocimiento de las empresas generadoras de valor agregado debido a sus limitaciones monetarias, condiciones de trabajo, entre otros factores; los cuales repercuten a su productividad, al no optar por soluciones prácticas que beneficien a la empresa.

Los residuos que se generan van en aumento a medida que las empresas transformadoras de semielaborados tienden a procesar su materia prima, por lo que una empresa mientras más pasta de cacao produzca tendrá una mayor cantidad de desperdicios. Dentro de la frecuencia con la cual producen los alimentos las empresas en un rango mayor se encuentra quincenalmente con un 60%, seguida de bimensual, mensual y semanal que comparten un porcentaje del 13,33%; lo cual indica que los productores chocolateros ya tienen un régimen establecido de producción de acuerdo a sus necesidades.

Se debe tomar en cuenta el rendimiento de producción que se genera al momento de elaborar la pasta de cacao, el cual tiende a ser <90% debido a la pérdida de cascarilla que se genera que es alrededor de un 12% del peso de la semilla [14]. Observando en la Tabla 2, donde la mayoría de productores tienden a tener un rendimiento mucho menor al mencionado de <80% el 60% de la población y <70% el 26,67%, se puede considerar que existe una falta de concientización de las personas al no buscar opciones de mejora en el proceso productivo, ya que puede considerarse una gran pérdida debido a la mala infraestructura en la que se procesa el cacao durante cada una de las operaciones que se realiza en la empresa [15].

El proceso para la obtención de la pasta de cacao dentro de las empresas transformadoras de cacao es realizado bajo la misma metodología como se puede apreciar en la Fig. 1.

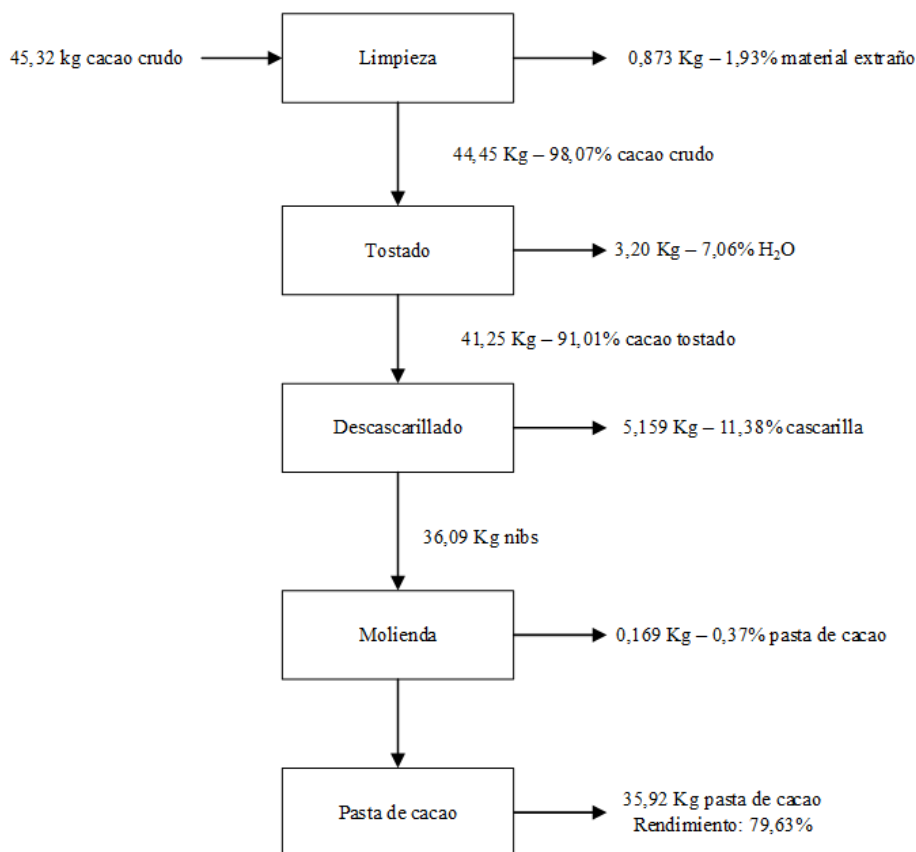


Fig. 1. Proceso para la obtención de la pasta de cacao

Iniciando con la limpieza del cacao seco y fermentado, el cual una vez eliminado los materiales extraños que este puede llegar a tener como son piedras, ramas, rocas, entre otros; se procese al tostado, en el cual se elimina el agua contenida dentro del grano; luego continua el descascarillado, donde se obtiene los nibs de cacao una vez que se separa la cascarilla del grano; finalizando con la molienda, en la cual se muelen los nibs obteniendo la pasta de cacao.

Las actividades en el proceso de elaboración de pasta de cacao donde se obtuvo pérdidas son: la limpieza del cacao con la presencia de materiales extraños, el tostado con la pérdida del agua, y la molienda donde se adhiere una parte de pasta de cacao que no puede ser recuperable; mientras que la actividad sobrante como es el descascarillado presentó desperdicios de la materia prima como es la cascarilla. La cantidad y porcentajes de dichas pérdidas y desperdicios mencionados se puede apreciar en el Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad y porcentaje de pérdidas y desperdicios obtenidos en la producción de pasta de cacao.

Actividades	Pérdidas			Desperdicios			Total	
	kg	%	CV (%)	kg	%	CV (%)	kg	%
Limpieza	0,873 ± 0,012	1,93	1,359	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,873	1,93
Tostado	0,000 ± 0,000	7,06	0,000	3,200 ± 0,058	0,00	0,058	3,200	7,06
Descascarillado	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	5,159 ± 0,026	11,38	0,026	5,159	11,38
Molienda	0,169 ± 0,016	0,37	9,461	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,169	0,37

El proceso de elaboración de pasta de cacao presenta un residuo mayor en cuanto a la operación del descascarillado donde se desperdicia un 11,38%, mientras que en los procesos siguientes el valor de pérdida es menor siendo este 1,93%; 7,06% y 0,37% en cuanto a la limpieza, tostado y molienda, respectivamente. [14], menciona que durante la producción de este tipo de producto el mayor desperdicio es la cascarilla, la cual es alrededor de un 12% sin embargo, puede variar dependiendo del tipo de cacao que se adquiera.

El mismo autor establece que en las pérdidas se tiene un 1,5% para la limpieza, siendo este valor muy similar al obtenido; 2,3% en el tostado, el cual es sumamente menor, debido al tiempo y temperatura del equipo que se usa para tostar los granos de cacao, ya que al mantener a una mayor temperatura y por mucho más tiempo se elimina una gran cantidad de agua dentro del grano, posiblemente debido al equipo que se utiliza y las diferencia de temperaturas que manejan las empresas, o debido al uso de equipos antiguos los cuales al no ser industrializados no pueden controlar la temperatura de la manera adecuada durante el proceso. Finalmente, 2% en la molienda, cantidad mayor a la obtenida debido al equipo que se utiliza, ya que este puede variar en cuanto a la capacidad del mismo o el tipo de equipo donde existe una mayor o menor adherencia de la pasta a la máquina, que no es recuperable y afecta a esta pérdida.

Presentando de esta forma un rendimiento total de producción de 79,63%, el cual en comparación a distintos autores que establecen un rendimiento aproximado a 88% [14], es relativamente bajo. Considerando esto una gran pérdida no solo productiva sino incluso económica, debido a la mala infraestructura en la que se procesa el cacao y la manipulación del mismo en las distintas actividades de la empresa [15].

Por otro lado, para la elaboración de chocolate, se utilizó la pasta de cacao que se obtuvo en el proceso inicial junto con la adición de harina de trigo y azúcar blanca, la cual fue de 2,27 kg y 7,7 kg, respectivamente, por cada quintal o 50 kg aproximadamente de cacao CCN51, lo cual puede apreciarse en la Fig. 2

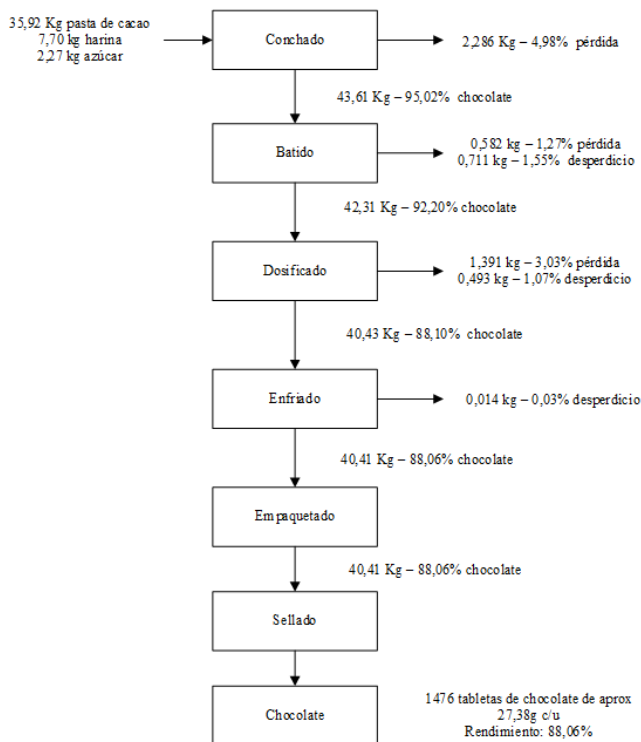


Fig. 2. Proceso para la obtención de semielaborados de cacao

Dentro del proceso para obtener los semielaborados de cacao como son las tabletas de chocolate se inicia con el conchado, proceso en el cual se mezcla la pasta de cacao, harina de trigo y azúcar. En dicho proceso se pudo observar que no todas las empresas contaban con una máquina conchadora, por lo que, utilizaban la ayuda de charoles para la mezcla del producto, colocándolo posteriormente en otro molino, realizando una remolida o tipo refinado para la elaboración del producto.

Luego, se procede el batido y dosificado del chocolate igualmente dependiendo de la empresa en la que se trabaje, ya que al no contar con la maquinaria adecuada como es la dosificadora y una marmita para la batida en algunas empresas, se lo realiza manualmente por lo que los procesos cambian: iniciando con el dosificado y posteriormente el batido; actividades las cuales son realizadas de diferente manera pero que tienen el mismo objetivo; una vez listo se lo enfría para finalizar con el empaquetado y sellado del producto final.

Las actividades que presentan ambas clasificaciones de pérdidas en la producción de semielaborados del cacao como son las tabletas de chocolate son: el batido y el dosificado, en cuanto al chocolate adherido a las superficies de los equipos, donde cierta parte puede ser recuperable (desperdicios) mientras que otra no (pérdidas). Por otro lado, al hablar únicamente de pérdidas, se encuentra el conchado, en el cual debido a la forma de la maquina no puede recuperarse materia prima; mientras que en cuanto a los desperdicios se encuentra el enfriado, donde al sacar el chocolate se desprende una pequeña cantidad del mismo, la cual es recuperable para reproceso. Finalizando con el empaquetado y el sellado, donde no existe pérdida alguna del producto, siempre y cuando se lo manipule correctamente. La cantidad y porcentajes de dichas pérdidas y desperdicios mencionados se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4. Cantidad y porcentaje de pérdidas y desperdicios obtenidos en la producción de semielaborados de cacao.

Actividades	Pérdidas			Desperdicios			Total	
	kg	%	CV (%)	kg	%	CV (%)	kg	%
Conchado	2,286 ± 0,003	4,98	0,140	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	2,286	4,98
Batido	0,582 ± 0,019	1,27	3,263	0,711 ± 0,008	1,55	0,008	1,293	2,82
Dosificado	1,391 ± 0,018	3,03	1,287	0,493 ± 0,011	1,07	0,011	1,884	4,11
Enfriado	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,014 ± 0,002	0,03	0,002	0,014	0,03
Empaquetado	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,000	0,00
Sellado	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,000 ± 0,000	0,00	0,000	0,000	0,00

En el proceso de elaboración de chocolate se presenta un porcentaje de residuos únicamente en las 4 primeras actividades del proceso, las cuales son conchado, batido, dosificado y enfriado. De forma que a excepción del conchado y enfriado que únicamente presenta pérdida y desperdicio, respectivamente en cada operación, las demás operaciones presentan ambos tipos de residuos. Esto se debe al tipo de maquinaria que se utiliza para la actividad del conchado, donde existe una pérdida de 4,98%, la cual puede llegar a variar dependiendo de la capacidad de la máquina. El resto de procesos como la batida, en muchas de las empresas no se tiene pérdida alguna ya que utilizan la forma manual para su realización, sin embargo, para las empresas que funcionan ya con una máquina fija para esta operación, tienen pérdidas, debido al chocolate que queda adherido en ella que en este caso fue de 1,27%, mientras que el desperdicio de la misma que pudo ser recuperable fue de 1,55%. Al hablar del dosificado se pierde un 3,03% del producto mientras que en cuanto al desperdicio que es recuperable tiende a ser de 1,07%; y finalmente en el enfriado, un desperdicio del 0,03%, siendo un valor sumamente bajo y no tan representativo durante la producción, pero que puede ser considerado para el reproceso del producto con el fin de no tener una pérdida mayor en la producción total.

CONCLUSIONES

Los procesos de transformación de cacao en las empresas artesanales de valor agregado dependieron del tipo de producto el cual se va a realizar, que en este caso fue la pasta de cacao y el chocolate, es decir, pasta de cacao añadida con azúcar y harina; en el caso de la pasta de cacao se presentó 4 actividades básicas a realizar como la limpieza, tostado, descascarillado y la molienda; mientras que para el chocolate, una vez realizadas las actividades mencionadas se lo termina junto con el conchado, batida, dosificado, enfriado, empaquetado y sellado.

Los diagramas de flujo presentaron el balance de materiales de cada uno de los procesos productivos en la transformación del cacao, donde se presentó, cada una de las pérdidas y desperdicios en cada operación de trabajo, obteniendo de esta forma un rendimiento de 79,63% en cuanto a la pasta de cacao sola y 88,06% en cuando a los semielaborados de cacao (chocolate).

Las pérdidas y desperdicios presentadas dentro de la transformación del cacao en semielaborados van desde el proceso inicial de la limpieza del producto hasta a enfriada del mismo, donde se determinó diferencias encontradas en cada uno de los procesos ya que algunas de las actividades no compartían ambos tipos de pérdidas, residuos los cuales se generan debido a la mala manipulación del producto y una deficiente infraestructura dentro de la empresa, la cual no es tomada en cuenta por los productores al no buscar medidas de solución que puedan aumentar su rendimiento productivo.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo formó parte del Proyecto de Investigación-DIDE "Evaluación del Impacto del COVID-19 en la Cadena de valor del cacao en la Zona 3" PFCA 20- según Resolución Nro. UTA-CONIN-2021-0151-R y financiada por la Universidad Técnica de Ambato-Ecuador.

REFERENCIAS

- [1] Y. A. Vargas Corredor y L. I. Pérez Pérez, «Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente,» Revista Facultad de Ciencias Básicas, vol. V, nº 1, pp. 59-72, 2018.
- [2] N. Parra, M. Henríquez y S. Villanueva, «Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao,» *ornadas de Investigación*, 2018.
- [3] D. Jácome, «El Chocolate Ambateño como generador de una experiencia cultural, aplicado al diseño interior de entornos turísticos,» Ambato, 2018.
- [4] C. Tapia, «Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión,» Facultad de Ingeniería, Carrera Alimentos., Ambato, 2015.
- [5] N. Basso, M. Brkic, C. Moreno, P. Pouiller y A. Romero, «Valoremos los alimentos, evitemos pérdidas y desperdicios,» *Diaeta*, vol. 34, nº 155, pp. 25-32, 2016.
- [6] T. Bernal, «Revalorización de residuos de la Industria de Chocolate para la obtención de biomoléculas de interés industrial a partir de la cáscara de cacao,» Cuenca, 2021.
- [7] FAO, *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo - Alcance causas y prevención*, Roma: Interpack, 2012.

- [8] C. Cuenca, «Análisis y diseño de la identidad corporativa del chocolate ambateño y su impacto en el reconocimiento y aceptación por parte del mercado local,» Ambato, 2016.
- [9] R. Sánchez, «La Consolidación de Producción de Chocolate Artesanal, y la rentabilidad de los productores en la parroquia Huachi Chico del cantón Ambato durante el periodo 2013,» Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [10] S. Barrezueta Unda y J. Chabla Carrillo, «Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador,» La Técnica: Revista de las Agrociencias, pp. 25-34, 2017.
- [11] C. Encalada Mora, J. Quevedo Guerrero, J. Zhiminaicela Cabrera, S. Herrera Reyes, A. Morocho Castillo y J. León Toro, «Influencia de la madurez de las mazorcas de cacao: calidad nutricional y sensorial del cultivar CCN-51,» Revista Bases de la Ciencia, vol. 6, nº 2, pp. 27-40, 2021.
- [12] Z. F. Pesantez Cedeño y E. M. Cabrera Avila, «Análisis del plan estratégico del cacao fino y de aroma ecuatoriano, periodo 2013-2017,» ECA Sinergia, vol. 12, nº 3, pp. 135-147, 2021.
- [13] I. L. Cañadas Salazar y N. Sablón Cossío, «Análisis de la cadena de suministro de cacao en el contexto de la Amazonia ecuatoriana,» Sablón Cossío, Neyfe, vol. 10, nº 2, pp. 17-28, 2019.
- [14] E. Sangronis, M. J. Soto, Y. Valero y I. Buscema, «Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones,» Archivos Latinoamericanos de Nutrición, vol. 64, nº 2, 2014.
- [15] CCA, Caracterización y gestión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en América del Norte, informe sintético, Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017, p. 52.

La Autora



Carla Patricia Arcos Pazmiño. Bachiller en Ciencias. Estudiante universitaria de la carrera de Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Caracterización de la técnica y tecnología de criocirugía

Villarreal Elio

<https://orcid.org/0000-0001-5789-8366>

criomed2015@gmail.com

Centro de Investigación e Ingeniería CRIOZUR,
Departamento de investigación,
Quito-Ecuador

Fierro César

<https://orcid.org/0000-0003-4445-8622>

cafl_24@hotmail.com

Universidad nacional de Chimborazo UNACH,
Escuela de Medicina,
Riobamba-Ecuador

Romero Lorena

<https://orcid.org/0000-0002-0798-2778>

leromero@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador UCE,
Facultad de Ciencias Médicas,
Quito-Ecuador

Morales Gladys

<https://orcid.org/0000-0002-1966-9746>

gpmorales@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador UCE,
Facultad de Ciencias Médicas,
Quito-Ecuador

Recibido(16/04/2022), Aceptado(19/05/2022)

Resumen—En el presente documento se describe la técnica y tecnología que en la actualidad son empleadas para la aplicación de la criocirugía, técnica que se basa en el empleo de bajas temperaturas para fines médicos y que permite la destrucción controlada de células y tejidos patológicos. La criocirugía es un proceso eficaz e inócuo con las características de ser indoloro, seguro y económico, aplicado a múltiples especialidades en las que brinda alternativas a sus métodos tradicionales. Se realizó una búsqueda de artículos y revisiones bibliográficas referentes al tema de la Criocirugía y a partir de cuya información se obtuvo esta nota técnica. Investigaciones realizadas sobre la aplicación de La Criocirugía presentan evidencia sólida de sus beneficios, por ello, se ha empleado en varios países y campañas de salud presentando excelentes resultados, motivo por el cual se propone que la criocirugía es una técnica segura para implementarla en sistemas de salud.

Palabras clave: criocirugía, técnica, tecnología, caracterización.

Characterization of Cryosurgery Technique and Technology

Abstract— This document describes the technique and technology currently used to apply cryosurgery, a technic based on low temperatures for medical purposes that allows the controlled destruction of pathological cells and tissues. Cryosurgery is an effective and innocuous process that is painless, safe and economical, applied to multiple specialities in which it provides alternatives to its traditional methods. A search was carried out for articles and bibliographic reviews referring to Cryosurgery and from whose information this technical note was obtained. Research on the application of Cryosurgery presents solid evidence of its benefits. Therefore, it has been used in several countries and health campaigns, showing excellent results, so it is advisable to implement it in health systems.

Keywords: cryosurgery, technique, technology, characterization.

I. INTRODUCCIÓN

El uso del frío relacionado con el tratamiento de enfermedades y padecimientos, se remonta al antiguo Egipto según información documentada en papiros datados de 1500 a. C. en los que se describieron los beneficios del frío para disminuir la inflamación en traumatismos y heridas infectadas. Hipócrates (400 a.C.) también lo empleaba para tratar la inflamación y el dolor. Se tiene evidencia de que los en el año 1050 d. C., monjes ingleses usaban el frío como anestésico local [1].

El primero en emplear el frío con ultrabajas temperaturas para la destrucción de tejido fue el médico inglés James Arnott (1797 – 1883), quien para aplicar el frío utilizó una mezcla de sal y hielo picado con una porción de cloruro de sodio para la destrucción de tejidos dañinos e irregulares [1]. Los desarrollos de Arnott, también permitieron comprobar que el frío era eficaz para el tratamiento de la neuralgia como para las migrañas.

En 1892 James Dewar, químico y físico escocés, desarrolló el termo para almacenar líquido criogénico y en 1907 Withhouse de origen estadounidense utilizó aire líquido en una botella con atomizador. En 1950 Irving S. Cooper aplicó criocirugía para tratar el Parkinson y el Dr. Ray Allington usó por primera vez nitrógeno líquido con un hisopo de algodón. En 1960 Setrag Zacarian y Adham usaron discos cilíndricos de cobre sumergidos en nitrógeno líquido y en 1961 Irving S. Cooper usó nitrógeno líquido (N₂L) en un sistema cerrado. Hasta que en 1968 Douglas Torres, Setrag Zacarian y Michael Bryne desarrollaron un dispositivo de mano para rociar nitrógeno líquido, que es el precursor actual del equipo spray de nitrógeno líquido [1,2].

Se han desarrollado nuevas técnicas con criógenos e instrumentos distintos a los empleados en un comienzo. Existen actualmente dos tecnologías, una por contacto y una segunda por contacto y aerosol, dependiendo de las sustancias empleadas que pueden ser Óxido Nitroso y Nitrógeno líquido.

Con el equipo de Óxido Nitroso el proceso de congelación se produce sólo en la punta de las sondas, y el cuerpo se mantiene aislado, solo es posible usarlo por método de contacto y su temperatura está limitada a -89°C. El equipo de Nitrógeno Líquido, es más versátil, pues sus sondas de aplicación permiten ser usadas tanto por contacto como por aerosol (atomización) y puede alcanzar hasta una temperatura de -196°C. [2], [6].

El interés por la criocirugía se incrementó en la década de 1990, se desarrollaron avances en tecnología para equipos crioquirúrgicos y el uso de ultrasonido intraoperatorio para proporcionar una imagen del proceso de congelación del tejido [3]. Con estos avances, la criocirugía visceral fue práctica y se estimuló la investigación relacionada con la congelación de tejidos.

Se evidenciaron, a partir de casos de estudio, las ventajas de la criocirugía como lo son: versatilidad para el tratamiento de diferentes enfermedades, tratamiento en cualquier zona corporal, el tratamiento paliativo de tumores inoperables. Posee ventajas adicionales como un bajo costo, tratamientos que prescinden del uso de anestesia en la mayoría de los casos, no se necesita quirófano, se puede usar en una gran cantidad de lesiones, proporciona un procedimiento seguro y relativamente sencillo con pocas o leves complicaciones.

Algunas ventajas adicionales respecto de otros tratamientos alternativos con posibilidad de realizar criocirugías durante etapas de embarazo, en personas que habitualmente rechazan la cirugía convencional o para que sientan menor riesgo quirúrgico, no existe un límite de edad recomendado y es adecuada para pacientes en silla de ruedas o dificultades de movilidad [4], [5],[6],[7].

Las desventajas que propicia el uso de técnicas de criocirugía es no contar con una base de estudios lo suficientemente documentada para los múltiples casos que pueden tratarse con esta técnica. Adicional a esto, su uso puede generar discromías de la piel en cuanto a su aspecto superficial. En lo que respecta a las contraindicaciones, se destaca la intolerancia al frío por parte de los pacientes, enfermedad de Raynaud, lesiones en el borde libre del párpado, lesiones en las que la identificación histopatológica es necesaria y existan dudas diagnósticas.

La criocirugía en general es una técnica sencilla de aprender, sin embargo, necesita tener una fundamentación teórica básica, destreza y una buena realización práctica. El éxito del tratamiento con criocirugía depende fundamentalmente de la aplicación correcta de la técnica y control de los parámetros de funcionamiento, tiempos de exposición y cantidades de crioaente suministradas en la cirugía. [5], [9], [16].

En este documento se evidencian los avances en técnicas y tecnologías de criocirugía basada en documentación desde el año 2000 hasta el 2022, se describen las técnicas empleadas y una descripción de los equipos y sus tecnologías de mayor impacto en el ámbito del bienestar y salud.

II. DESARROLLO

En este apartado se describen dos partes fundamentales de la criocirugía, las cuales permiten su desarrollo, por una parte las técnicas de aplicación del frío sobre la piel para necrosar tejidos no deseados y por otra parte la tecnología que se emplea en la actualidad que considera ciertos agentes criogénicos que dependiendo de sus características, permiten el uso de una u otra técnica.

A. Técnicas para la realización de Criocirugía.

La criocirugía es una técnica que se realiza produciendo la destrucción local de tejido de forma controlada por medio de la aplicación de frío sobre la piel a ultra bajas temperaturas de tal manera que se obtiene una mayor eficacia en la eliminación de tejidos no deseados al congelar rápido y descongelar lentamente [4]. La criocirugía es un procedimiento ambulatorio, económico, que depende de la destreza del personal que brinda el tratamiento y que puede ser realizado en un consultorio, permitiendo ser empleado con en una múltiple variedad de tratamientos que requieren de la destrucción de tejidos anormales como tumores o lesiones cutáneas precancerosas. En la actualidad se considera como un procedimiento sencillo, barato, rápido y eficaz para tratar diferentes lesiones. Esta técnica requiere un breve aprendizaje y constituye una herramienta que puede ser utilizada para brindar atención primaria.

Actualmente las fuentes de frío más empleadas para la aplicación de técnicas de criocirugía son el nitrógeno líquido (-195°C) y el gas de Argón (-186°C). La aplicación del frío sobre los tejidos puede realizarse con el empleo de torundas de algodón, con pinzas, pulverización o contacto mediante equipos [5]. A partir de sumergir torundas de algodón en nitrógeno líquido durante un tiempo de 10 segundos, se consiguen temperaturas bajas para la aplicación de frío sobre la lesión durante varios segundos hasta que la zona de la piel tratada tome un aspecto blanquecino en un área de 1 a 3 mm de diámetro. Cuando la coloración toma un aspecto de color normal, se repiten los pasos anteriores entre 2 y 3 veces. Este método resulta es poco útil en lesiones profundas, múltiples o extensas.

Mediante el uso de una pinza que previamente se introduce en nitrógeno líquido, para después aplicarla directamente sobre la lesión, se transfiere baja temperatura sobre la piel, permitiendo necrosar tejido de una manera más puntual que con la aplicación de las torundas de algodón. Debido a la baja efectividad de las dos técnicas antes mencionadas, son poco utilizadas ya que proveen de poca efectividad y su aplicación propicia resultados variables y de poca efectividad [7].

Para el uso de Óxido Nitroso y Nitrógeno líquido, se emplean equipos que permiten congelar puntas criogénicas que se aplican sobre la piel o tejido a tratar. Para el caso del nitrógeno líquido el frío además puede pulverizarse e incidir sobre la piel humana con mucha más baja temperatura que con óxido nitroso. Dentro de las complicaciones que pueden presentarse en el uso de esta tecnología, se identifican complicaciones como dolor, cefalea, hemorragia intradérmica o edema, formación de vesículas y ampollas.

B. Tecnologías para la aplicación de Criocirugía.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), presenta una descripción de la tecnología utilizada para la criocirugía. Si bien es claro y definido el principio de operación de estas técnicas, existen factores importantes y de gran influencia en el desarrollo de la criocirugía y la competencia técnica de los equipos crioquirúrgicos existentes en el mercado. Existen en la actualidad tres tipos de sistemas crioquirúrgicos: sistemas de carácter móvil, tipo estacionario y ambulatorio.

Los sistemas crioquirúrgicos de carácter móvil emplea una estación compacta que consta de un bloque de dirección automático para activar el proceso criogénico. Se emplea una unidad para el almacenamiento del criogente y permite brindar crioactividad ininterrumpida durante 3 a 4 horas, ideal para intervenciones médicas en áreas de cirugía, ginecología, urología, proctología, dermatología, etc. Sistemas Criogénicos de tipo estacionarios se han diseñado para su uso en quirófanos modernos para lo cual emplea una serie de instrumentos crioquirúrgicos que están dispuestos sobre una base o mesa y que permiten el alcance fácil y cómodo de los cirujanos durante la operación.

Los sistemas crioquirúrgicos ambulatorios o portátiles, emplea un bloque de dirección y otro más liviano que pesa alrededor de 1.5 kg y que contiene alrededor de 400 ml de nitrógeno líquido, consta además de un juego de criodispositivos y aplicadores. Su sencillez de transporte y capacidad solamente permiten la destrucción de alrededor de máximo 40 cm³ de volumen de tejido con la posibilidad de usarse mientras se transporta al paciente o in situ.

El equipo presentado en la figura 1, es utilizado con óxido nitroso. Si se emplea óxido nitroso, alcanza temperaturas de - 89 °C y se aplica solo por contacto, por lo cual puede ser aplicado en patologías malignas no profundas. Mientras que el empleado con nitrógeno líquido, las temperaturas que proporciona es de -195°C con un tiempo de exposición menor y la posibilidad de emplearlo en un mayor número de patologías, ya sean malignas o profundas. Los tiempos de exposición son variables en dependencia de muchos otros factores como el tipo de lesión, si es benigna o maligna, su profundidad, su localización en el cuerpo, el tipo de patología, si es una verruga plantar o una simple queratosis, el área que ocupa los tiempos de aplicación pueden variar entre medos de 1 segundo o en ocasiones hasta aproximadamente los 30 segundos.

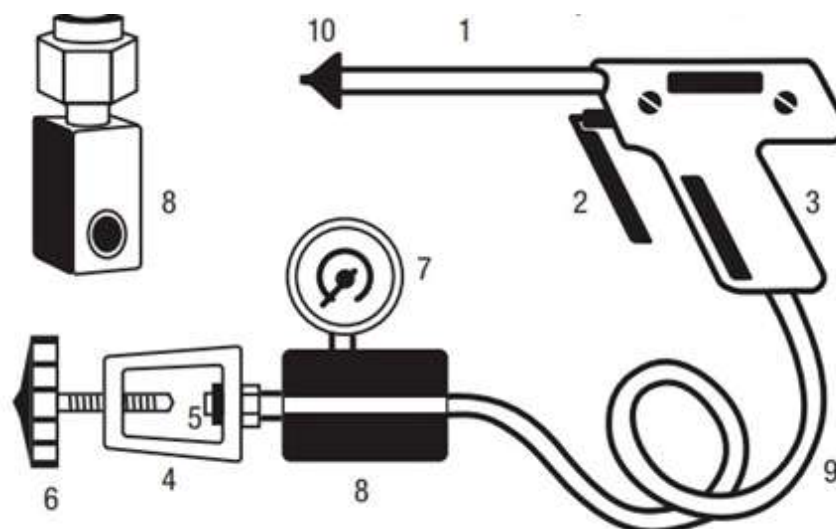


Fig. 1. Esquema de equipo de criocirugía con aplicación de gas criogénico.

En la fig. 1, Desde el cilindro de gas el fluido (dióxido de carbono CO₂ u óxido de nitrógeno N₂O) se conduce hasta el acople de alta presión en (5) el cual es asegurado con un yugo (4) y un tornillo (6). El fluido pasa a través de un equipo silenciador (8) que además permite medir la presión suministrada. EL fluido continua su paso por el conducto criogénico (9) hacia el mango de agarre (3) en cuyo interior existe una válvula que se activa con el gatillo (2), permitiendo el paso del fluido hacia el tubo sonda (1) que direcciona el flujo hasta la punta sonda (10), la cual permite emitir el flujo gasificado o el enfriamiento de la punta para interactuar con la piel ya sea por contacto o por rociado de nitrógeno. El dispositivo descrito en la figura 1, permite transportar el gas criogénico hasta la punta de la sonda, de tal manera que esta al fluir el gas se congela por la baja temperatura y el resto del equipo, debido a sus materiales aislantes, se mantiene a temperatura ambiente brindando adecuada sujeción por parte del operador.

En la punta de la sonda se produce una expansión del gas criogénico, la punta se enfría rápidamente y permite la expansión del gas de manera continua. El equipo presentado trabaja bajo el principio básico de expansión isotrópica adiabática de compresión de gas (efecto Joule Thompson) o sea la expansión rápida de un gas a través de un orificio estrecho induce un descenso en la temperatura, las presiones pueden variar entre 750 y 900 libras por pulgada cuadrada y el diámetro del orificio varía entre 0.013 y 0.018 pulgadas (10). La temperatura dentro de la boquilla de la sonda es igual al punto de ebullición del gas que sea utilizado. La temperatura varía de acuerdo con el gas que se use: óxido nitroso (-89 grados centígrados), dióxido de carbono (-78 grados centígrados). El metal de la boquilla puede ser de oro, plata o cobre. La temperatura de congelación ideal debe ser menor de - 60 grados centígrados.

Los equipos de criocirugía (unidades portátiles) con nitrógeno líquido por sus posibilidades y ventajas se han ido imponiendo en muchas especialidades como la dermatología, otorrinolaringología, ginecología, otorrinolaringología, dermatología, odontología, estética, urología, proctología, neurocirugía, etc. Debido a las ultrabajas temperaturas el efecto del frío puede penetrar a la profundidad necesaria y con una gran rapidez [13],[15]. Las dos tecnologías fundamentales y actuales que se emplean comúnmente son las que usan Óxido Nitroso y Nitrógeno Líquido.

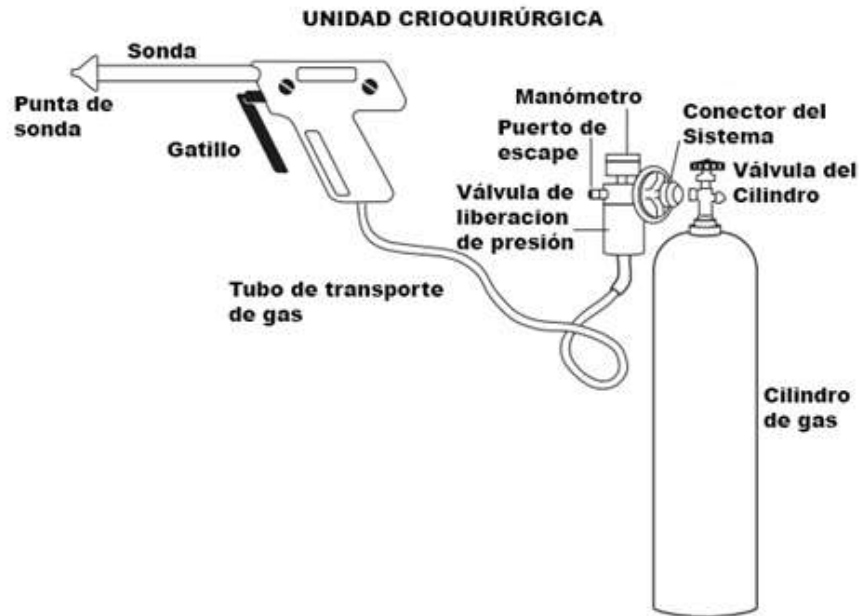


Fig. 2. Descripción de funcionamiento de una unidad de Criocirugía.

En la fig. 2, se describe una Unidad Criquirúrgica que alimenta y provee al equipo de la figura 1, del agente criogénico que es almacenado en un cilindro de gas, que debe ser un termo criogénico que logre mantener al fluido en bajas temperatura y tiempos considerables. Todo cilindro de gas poseerá una válvula de cilindro la cual posee una llave de paso del gas y una salida exclusiva para el gas. Un conector del sistema asegura a la válvula anterior con un sistema de manómetro, llaves y válvula de liberación de presión luego del cual el gas es trasladado hacia el equipo dispersor del gas directo a la aplicación

Unidades portátiles. Son termos metálicos herméticos (4) provistos de un mecanismo para pulverizar nitrógeno líquido cuya emisión se controla mediante un gatillo. Constan de un recipiente térmico de acero inoxidable (4), recubierto por una estructura de bronce y acero inoxidable, con un sistema de válvula de seguridad, una gran boca de llenado y un terminal de emisión del NL. Son ligeros y de fácil transporte, y los más utilizados en la actualidad.

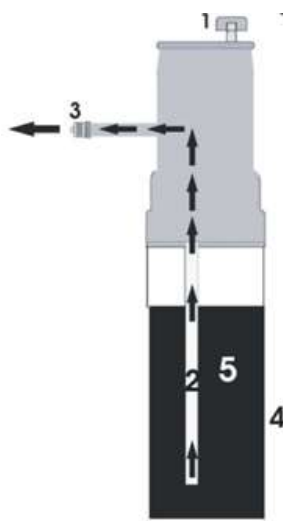


Fig. 3. Equipo portátil para criocirugía para uso con nitrógeno líquido.

La fig. 3, presenta el esquema de la configuración de un equipo de criocirugía que consta de 5 partes fundamentales, un botón de apertura de flujo (1) que activa una válvula interna que permite el paso de nitrógeno líquido (2), un recipiente de nitrógeno líquido cuyas paredes permiten transferencia de calor al líquido; un conducto de escape de nitrógeno líquido o gaseoso; un ducto de salida para el nitrógeno, una punta por donde se dosificará el nitrógeno expulsado.

Existen otras técnicas más avanzadas empleadas en centros de investigaciones o instalaciones especiales, como son las dedicadas a la ablación de órganos internos. La crioablación para el cáncer es un tratamiento mediante el cual se eliminan las células cancerosas con frío extremo. En la crioablación, se inserta una aguja delgada con forma de varilla (criosonda) a través de la piel y directamente en el tumor canceroso. Se bombea un gas en la criosonda a fin de congelar el tejido. Se utilizan las criosondas para tratar tumores que se encuentran por debajo de la superficie de la piel y en lugares profundos del cuerpo. Utilizando la guía por imágenes, el médico inserta una o más criosondas a través de la piel hacia el sitio del tejido enfermo. La criosonda administra el nitrógeno líquido o el gas argón y congela el tejido enfermo [8].

C. Desarrollos Futuros

Las técnicas crioquirúrgicas deben desarrollarse aún más para lograr su optimización. Las tasas de fracaso en terapia de tumores, nos muestra la importancia de mejorar las técnicas y las prácticas. Se enfatiza en que los tejidos biológicos resisten la lesión por congelación y que es necesario incorporar la terapia adyuvante para mejorar los resultados, ya sea con fármacos o irradiación. Destacar la importancia de la investigación in vivo para definir mejor las complejidades de la lesión criogénica y tener una mejor percepción del rol de la apoptosis y su relación en la aplicación de la terapia adyuvante. Estas investigaciones deben ampliar el diapazón del uso de las técnicas crioquirúrgicas y sobreponerse ante la competencia de otras técnicas. A nivel mundial la Crioinmunología, es un nuevo concepto, representado en sustancias crio inducidas inmunogénicas autólogas y alogénicas [10],[11],[12]. La crioablación de tumores es una forma de lograr una vacuna autóloga in vivo de lisado tumoral y tratar la enfermedad metastásica. La Criocirugía es y será en un futuro un procedimiento quirúrgico fácilmente disponible, simple y rentable [5]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la criocirugía es apropiada para su uso en entornos de bajos recursos, su efectividad es mayor al 90% presentando efectos secundarios limitados. Como ventaja importante esta tecnología no emplea electricidad siendo por ello más económica y simple de implementar comparada con otros tratamientos [5]. La criocirugía es una técnica que por sus bondades y los avances en el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones se impondrá cada vez [13].

III. METODOLOGÍA

A partir de la búsqueda de los términos relacionados con criocirugía, técnicas, tecnologías, nitrógeno y Argón, se obtuvo 126 documentos en las 3 bases empleadas PubMed, IEEE Xplore y ScienceDirect. La búsqueda contempló, del total de documentos se eliminaron 94 que eran documentos duplicados quedando 32 artículos para el proceso de revisión. Se cribaron por el título y abstract un total de 5 artículos que no fueron pertinentes con las técnicas y tecnologías de criocirugía. De los 27 artículos restantes, se cribaron los artículos cuyo contenido no describía las técnicas de empleo de la criocirugía, por ello se eliminaron 12 textos quedando solamente para su uso en la revisión 15 documentos mismos que correspondieron a los años 2020 en adelante. La figura 4, presenta un esquema gráfico para el filtrado de artículos de utilidad para el presente trabajo de revisión. Cabe indicar que la información sobre la técnica y equipos no se difunde de gran manera en la literatura científica, sin embargo, existen muchos artículos de evidencia de beneficios de la aplicación de este tipo de técnica que emplea frío extremo.

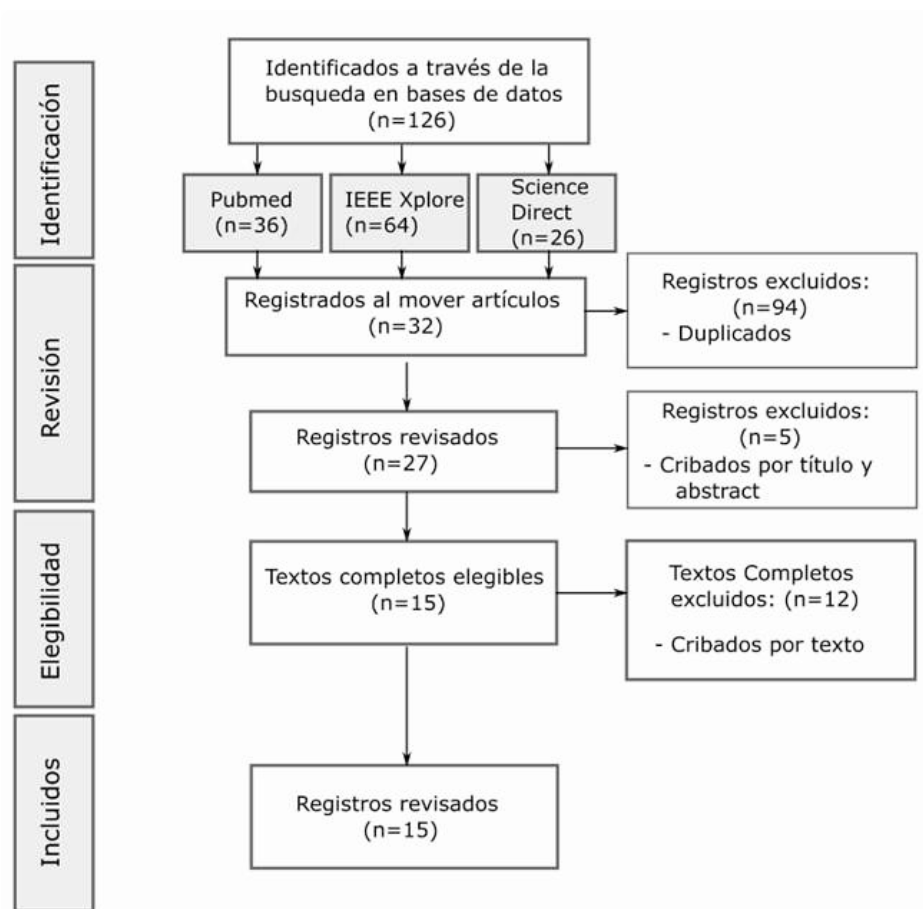


Fig. 4. Esquema del proceso de búsqueda bibliográfica realizada en bases científicas.

IV. RESULTADOS

De los artículos revisados en este trabajo, destacan puntos de vista divergentes en torno a los beneficios en las aplicaciones que se han estudiado sobre la aplicación de la criocirugía. Muy poca documentación se ha encontrado sobre la explicación de los tipos de equipos empleados en este tipo de cirugías con frío extremo. Debido a la variabilidad de algunos resultados en la aplicación de las mismas técnicas es variado sin aportar datos generales y sólidos sobre los efectos de la criocirugía como técnica para la eliminación de tejidos no deseados.

Existen algunos trabajos que evalúan por igual la aplicación de Óxido nítrico y de nitrógeno líquido y esto probablemente incurre en un error ya que usar Óxido nítrico en patologías premalignas, malignas y profundas no posee los mismos resultados de la aplicación de nitrógeno líquido. Se recomienda en la documentación una mayor aplicación de nitrógeno líquido. A pesar de los años, las técnicas de criocirugía conservan su principio de operación con el uso de agentes criogénicos que al parecer resultan ser los más eficientes para la transmisión de bajas temperaturas sobre la piel humana. EL uso de agentes líquidos también permite un ahorro sustancial de cantidad de líquido para que los equipos posean una autonomía prolongada entre recargas.

CONCLUSIONES

La criocirugía se ha desarrollado a lo largo del tiempo con muy pocas técnicas para la aplicación sobre el tejido humano, sin embargo, estas técnicas son suficientes para lograr el efecto de necrosar tejidos no deseados, de hecho, temperaturas de -60 son suficientes para lograr el efecto y dado que se emplean agentes de menores temperaturas, se logra mayores efectividades con la aplicación en tiempos menores.

El uso de nitrógeno como agente criogénico, proporciona mejores resultados debido a que se trata de un gas inerte cuyas características le permiten, además, aplicarse sin contacto sobre la piel tratada. Adicional a esto, su almacenamiento y transporte y posibilidad de contaminación al ambiente son muy limitadas.

Según la nomenclatura tanto las técnicas como las tecnologías mas empleadas con agentes criogénicos líquidos, representan sistemas confiables para la aplicación de técnicas de criocirugía, adicional a esto, resulta ser tecnología de mucho mas bajo costo y sencillez de implementación que en algunos casos se recomienda como alternativas a los tratamientos convencionales del área médica.

REFERENCIAS

- [1] J. Acker, A. Larese, H. Yang., «Cell-Cell Contact Affects Membrane Integrity after Intracellular Freezing» *Cryobiology*, 1999, Vol 38, 363- 371.
- [2] M. Tobón, V. Franco, E. Fierro., «Criocirugía. Revista Asociación Colombiana de Dermatología», 2014, Vol 22, numero 4, pp. 305-316
- [3] J. Pontones, J. Morera, C. Vera, J. Jimenez., «Cryosurgery in the management of prostate cancer», *Cryobiology*, 2007. Vol31, numero 3, pp. 211-232.
- [4] D. Larrey., «Memoirs of military surgery: and campaigns of the French armies, on the Rhine, in Corsica, Catalonia, Egypt, and Syria : at Boulogne, Ulm, and Austerlitz : in Saxony, Prussia, Poland, Spain, and Austria», *Mémoires de chirurgie militaire*, 2011, p. 1812-7.
- [5] A. Seidel., «Criocirugía en dermatosis inflamatorias», *Revista Asociación Colombiana de Dermatología & Cirugía Dermatológica*, 2004, Vol 9, numero 2, julio 2001, pp. 527-533.
- [6] R. Castillo, A. Morales., A. Carrasco., «Guía de uso de la criocirugía en atención primaria». *Medicina de Familia (And)*, 2002, Vol 3, numero 2, pp.114-22.
- [7] S. Castañeda, G. Garrido., «Tratamiento de lesiones bucales con criocirugía». *Investigación, Medicoquir* 2019, Vol 11, numero 14.
- [8] M. Paprocka, J. Nowosielska, L. Kikowski, J. Olszewski, H. Zlelinska., « Cryosurgery in the treatment of allergic and non-allergic rhinitis», *Wiad Lek*, 2018, vol 71(6), pp. 1131-1140.
- [9] H. Afshar, A. Rasekh, B. Treistman, C.- Van-Leeuwen, J. Duncan & A. Massumi., « Cryoablation of incessant ventricular tachycardia: Case report and long- term follow-up», *Texas Heart Institute Journal*, 2000, Vol 27, numero 1, pp. 52-54.
- [10] A. Machlenkin, O. Goldberger, B. Tirosh, et al. «Combined Dendritic Cell Cryotherapy of Tumor Induces Systemic Antimetastatic Immunity». *Clin Cancer Res*, 2005, Vol 11, numero 13, pp. 4955-4961.
- [11] N. Bertho, H. Adamski, L. Toujas, et al. «Efficient migration of dendritic cells toward lymph node chemokines and induction of TH1 responses require maturation stimulus and apoptotic cell interaction». *Blood*, 2005; Numero 106: 1734-1741.
- [12] J. Smith, B. Sanusi, A. Swarts, M. Faesen, S. Levin, B. Goeieman, et al. «A randomized clinical trial comparing cervical dysplasia treatment with cryotherapy vs loop electrosurgical excision procedure in HIV-seropositive women from Johannesburg, South Africa». *Am J Obstet Gynecol*.2017; Vol 217(2).

- [13] P. Alessandro, B. Arduino, M. Borgo, G. Saccone, R. Venturella, A. Di Cello, et al. «Loop electrosurgical excision procedure versus cryotherapy in the treatment of cervical intraepithelial neoplasia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials». *Gynecol Minim Invasive Ther*, 2018 Vol7(4).
- [14] E. Lili, K. Chatzistamatiou, A. Kalpaktsidou, T. Moysiadis, T. Agorastos., «Low recurrence rate of high-grade cervical intraepithelial neoplasia after successful excision and routine colposcopy during follow-up». *Medicine (Baltimore)*, 2018, Vol 97(4), pp. 97-119.
- [15] M. Fouw, R. Oosting, A. Rutgrin, et al., «A systematic review and meta-analysis of thermal coagulation compared with cryotherapy to treat precancerous cervical lesions in low- and middle-income countries». *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 2019, Vol 147, numero 1, pp. 4-18.

Análisis multivariante del impacto e interdependencia del teletrabajo con variables de productividad, eficiencia, eficacia, satisfacción laboral y conocimiento en herramientas digitales: un caso de estudio.

Alvarez Jesica

direccionejecutiva.coachorg@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3124-2961>

Unexpo Puerto Ordaz

Estado Bolívar, Venezuela

Recibido(12/04/2022), Aceptado(30/04/2022)

Resumen—A partir de la revisión e investigación sobre la modalidad del teletrabajo y las variables que lo impactan a nivel organizacional, como calidad de vida, comunicación, cultura organizacional o productividad, se propone un caso de estudio bajo el modelo de innovación y teletrabajo de una empresa automotriz japonesa para la aplicación de técnicas de Análisis Multivariantes como el Análisis de Componentes Principales y la Regresión lineal, a fines de condensar la información aportada por múltiples variables en componentes principales y validar las relaciones e impacto que existen entre ellas, determinando así la interdependencia y correlación de las mismas con la variable teletrabajo, permitiendo simplificar la complejidad de espacios muestrales con muchas dimensiones. Se lograron identificar los componentes principales con etiquetas propias de las variables y se validaron estadísticamente las variables dependientes y predictivas del caso, a través del uso del software IBM SPSS.

Palabras clave: teletrabajo, análisis multivariante, componentes principales.

Multivariate analysis of the impact and interdependence of teleworking with variables of productivity, efficiency, effectiveness, job satisfaction and knowledge in digital tools: a case study.

Abstract— Based on the review and research on the teleworking modality and the variables that impact it at the organizational level, such as quality of life, communication, organizational culture or productivity, a case study is proposed under the innovation and teleworking model of a company. Japanese automotive industry for the application of Multivariate Analysis techniques such as Principal Component Analysis and Linear Regression, in order to condense the information provided by multiple variables into principal components and validate the relationships and impact that exist between them, thus determining the interdependence and correlation of the same with the telework variable, allowing to simplify the complexity of sample spaces with many dimensions. It was possible to identify the main components with the variables' own labels and the dependent and predictive variables of the case were statistically validated, through the use of the IBM SPSS software.

Keywords: telecommuting, multivariate analysis, principal components.



I. INTRODUCCIÓN

La crisis sanitaria mundial generada por la pandemia del COVID-19 ha logrado impactar considerablemente las estructuras organizacionales, desde las transformaciones radicales de sus naturalezas hasta sus organizaciones y sistemas, por lo que las mismas han buscado la forma de adaptarse a los vertiginosos cambios dinámicos y demandantes de los consumidores. Desde las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) las organizaciones han evolucionado a nuevos modelos productivos, lo que ha implicado a su vez cambios importantes en sus estructuras internas [1]. Así, las organizaciones tradicionales han adaptado de forma brusca sus metodologías de trabajo, la medición de objetivos, los resultados y entregables a la nueva realidad de teletrabajo o trabajo remoto; en la cual el desempeño se ha visto significativamente impactado. Por ello, se desea determinar los componentes principales de las variables observables organizacionales relacionadas con el teletrabajo a partir de un caso de estudio vinculado a una empresa automotriz japonesa; para lo cual se hará uso del software IBM SPSS a fines de llevar a cabo el análisis multivariante y la simulación de la data referencial sobre los indicadores de productividad, eficiencia, eficacia, satisfacción laboral y, de esta manera, obtener de la regresión lineal los coeficientes de los factores con mayores pesos de las varianzas asociadas a la variable del teletrabajo [2]. El presente caso de estudio contiene como partes del trabajo: el desarrollo, la metodología, los resultados y conclusiones, así como las referencias bibliográficas de soporte.

II. DESARROLLO

El teletrabajo consiste en una modalidad laboral desarrollada a distancia (fuera de la organización) a través de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), lo que genera el desplazamiento del “producto” hasta el sitio de interés en vez del individuo. Si la producción y los entregables del empleado son de carácter intelectual, la realización de las asignaciones y las tareas laborales podrían efectuarse desde cualquier locación (siempre y cuando se tenga acceso a las TIC) [3].

En el proceso de investigación sobre el tema de teletrabajo, se consigue visualizar el uso de variedades de términos que hacen alusión a la definición de la modalidad del trabajo remoto, como los vocablos telework, telecommuting (teledesplazamiento), networking (trabajo en red), remote working (trabajo a distancia), flexible working (trabajo flexible), o home working (trabajo a domicilio) [4].

Existen diversos estudios y autores que proponen el vínculo entre algunas variables observables entorno al ámbito laboral – bienestar (personal) con el teletrabajo. Entre ellos, [3] plantea el teletrabajo con la calidad de vida y la productividad como resultado de una relación recursiva así como un modelo organizacional de teletrabajo que comprenden dichos elementos esenciales objeto de estudio. Otra investigación analizada incorpora un elemento adicional vinculado a las TIC´s y a las comunicaciones, en la cual se plantea el impacto del teletrabajo en la cultura organizacional y las posibilidades de intervención desde el campo de la tecnología con la evolución de la modalidad de teletrabajo [1].

De igual forma, se consigue un modelo de ecuaciones estructurales puesto en prueba a través de un modelo predictivo, en donde se detectan que los factores demandantes, recursos laborales y recursos personales que inciden significativamente en la productividad percibida por el empleado (afectada por el estrés) y su satisfacción laboral [5].

El proceso técnico generado para el presente caso de estudio de teletrabajo consiste en un modelo de estructura organizacional basado en la propuesta de tres (03) variables observables: la transformación del negocio, la evolución de la cultura organizacional y la innovación como estilo de trabajo, el cual puede visualizarse a continuación:



Fig. 1 Modelo de nuevo estilo organizacional bajo el enfoque del teletrabajo

Para ello, se identificaron las variables observadas vinculadas de forma interdependiente con los siguientes indicadores: eficiencia, eficacia, productividad y satisfacción laboral, para lo cual se propone el siguiente esquema de categorización de variables:



Fig. 2 Modelo propuesto para el Análisis Multivariable

Es importante destacar, que las variables latentes o constructos (componentes principales) son aquellos que no son directamente observables o medibles, por lo que no presentan una unidad de medida específica, y en consecuencia, cualquier estimación supone un error asociado. Mientras que las variables observables son un conjunto de medidas que se utilizan para definir o inferir la variable latente [5].

III. METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo con la aplicación de las técnicas multivariadas que permitieron una aproximación de los datos dentro de un marco interpretativo, captar las complejidades e interrelaciones del fenómeno para así proveer un marco teórico que vislumbren los componentes principales [5]. Por ello, para el desarrollo del estudio de caso se aplicó el análisis de datos interdependientes denominada Análisis de Componentes Principales (ACP), la cual permite abordar de forma simultánea múltiples medidas de los objetos bajo observación, creación de conocimiento y el mejoramiento en la toma de decisiones dentro de las organizaciones [6].

De esta forma, el ACP busca hallar combinaciones lineales de las variables originales que expliquen la mayor parte de la variación total. El primer factor o componente será aquel que determina la mayor parte de la varianza total y el segundo factor la mayor parte de la varianza restante, sucesivamente la relación de peso entre varianzas [7]. También, ACP es considerado un análisis de tipo descriptivo con la función primordial es reducir el número de variables existentes, excluyendo aquellas que tengan menos influencia a la hora de establecer diferencias entre los individuos [8].

Para estudiar las relaciones que se presentan entre p variables correlacionadas (que miden información común) se puede transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de nuevas variables incorrelacionadas entre sí (que no tenga repetición o redundancia en la información) llamado conjunto de componentes principales [9].

A. Cálculo de los componentes principales:

Se considera una serie de variables (x1, x2, ... , xp) sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables (y1, y2, ... , yp), incorrelacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente, generándose la siguiente ecuación matemática [9]:

$$y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = a_j^0 x \quad (1)$$

Siendo $a_j^0 = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ un vector de constantes y se presenta como $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix}$

Para este caso, la metodología a seguir radica en que cada componente principal será expresado como función de p variables observadas correlacionadas entre sí, que se ponderan en dicho componente, mediante la siguiente expresión matemática [7]:

$$CP_1 = \lambda_{11}x_1 + \lambda_{12}x_2 + \dots + \lambda_{1p}x_p \quad (2)$$

$$CP_2 = \lambda_{21}x_1 + \lambda_{22}x_2 + \dots + \lambda_{2p}x_p \quad (3)$$

.....

$$CP_k = \lambda_{k1}x_1 + \lambda_{k2}x_2 + \dots + \lambda_{kp}x_p \quad (4)$$

Donde:

λ_{nm} = pesos o coeficientes de saturación

X= variables, si están estandarizadas se sustituyen por Z [7].

De forma gráfica, el ACP se visualiza de la siguiente manera:

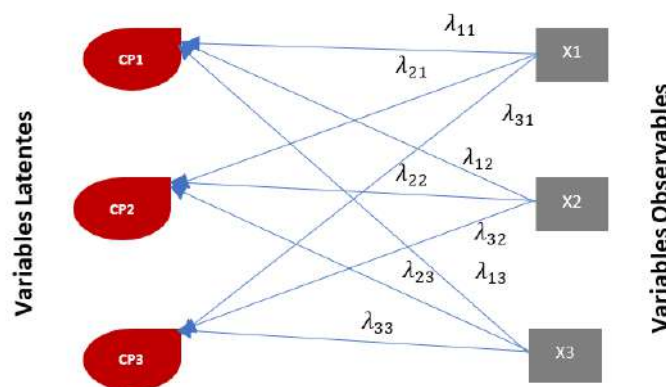


Fig. 3 Matriz Variables Latentes vs Variables Observadas

Para el análisis de los componentes principales del caso se hizo uso del software IBM SPSS, para la corrida de la muestra de datos y variables observadas como: antigüedad del empleado, resultado de evaluación de desempeño, nivel del cargo, condición laboral (fijo – contratado), tipo de clase de nómina (gerencial, operativa), edad, sexo, departamento laboral, Horas anuales de formación técnica, asistencia promedio al mes y días de ausentismo al mes, el % de conocimientos de herramientas digitales, % de productividad (horas laboradas vs entregables generados), % de eficiencia con base a objetivos alcanzados, % de eficacia (optimización de recursos) y el % de satisfacción laboral.

B. Reducción de Dimensiones (Factor) -ACP.

Se procede a la reducción de dimensiones a través de la función factor, estableciéndose como método de análisis el ACP para el proceso de extracción. De igual forma, se configura el análisis para la generación de una matriz de correlación, inicialmente sin la rotación del factor de solución y se especifica un número máximo de correlaciones por convergencia de 25. De esta forma, se seleccionan las variables observadas objeto del presente estudio, obteniéndose así las comunalidades y las varianzas para su respectivo análisis, así como la matriz de Componentes principales, la cual nos presenta la solución factorial y estará constituida por las correlaciones entre las variables originales o saturaciones para cada componente o factor:

C. Análisis Factorial.

El análisis factorial busca identificar variables subyacentes, o factores, que expliquen la configuración de las correlaciones dentro de un conjunto de variables observadas. El análisis factorial se suele utilizar en la reducción de los datos para identificar un pequeño número de factores que explique la mayoría de la varianza observada en un número mayor de variables manifiestas. Dicho procedimiento de análisis factorial ofrece un alto grado de flexibilidad y métodos de rotación [10].

Primero, se buscaron los estadísticos descriptivos de la data en estudio:

Los descriptores univariados incluyen la media, la desviación estándar y el número de casos válidos para cada variable. La solución inicial muestra las comunalidades iniciales, los autovalores y el porcentaje de varianza explicada [10].

Matriz de correlaciones. Para el caso de estudio se aplicarán KMO y prueba de esfericidad de Bartlett., y la reproducida a fines de contrastar los resultados obtenidos.

D. Tipo de datos a analizar:

·Datos. Las variables son cuantitativas a nivel de intervalo o de razón.

·Supuestos. Los datos tienen una distribución normal bivariado para cada pareja de variables y las observaciones son independientes. El modelo de análisis factorial especifica que las variables vienen determinadas por los factores comunes (los factores estimados por el modelo) y por factores exclusivos (los cuales no se superponen entre las distintas variables observadas); las estimaciones calculadas se basan en el supuesto de que ningún factor único está correlacionado con los demás, ni con los factores comunes [10].

IV. RESULTADOS

A través del software SPSS se obtuvieron los siguientes resultados, a partir del Análisis de Componentes Principales:

A. Descriptores univariados:

Se obtuvieron los estadísticos descriptivos de la tabla 1:

Tabla 1. Estadísticos Descriptivos

Estadísticos Descriptivos	Media	Desviación estándar	N analizado
% Productividad (horas laboradas vs entregables)	66,17	3,267	375
% Eficiencia según objetivos alcanzados	65,83	3,412	375
% Eficacia (optimización de recursos)	56,05	6,416	375
% Satisfacción laboral	93,82	2,790	375
% conocimiento de herramientas digitales	66,06	3,639	375
Antigüedad	18,32	7,794	375
Edad	45,15	7,651	375
nivel	5,27	1,500	375
grado	6,62	2,526	375

A continuación, se presenta la matriz de correlación:

Tabla 2. Matriz de correlación

Matriz de Correlación ^a										
		% Productividad (horas laboradas vs entregables)	% Eficiencia según objetivos alcanzados	% Eficacia (optimización de recursos)	% Satisfacción laboral	% conocimiento de herramientas digitales	Antigüedad	Edad	nivel	grado
Correlación	% Productividad (horas laboradas vs entregables)	1,000	0,015	0,061	-0,079	-0,147	0,070	0,034	-0,124	-0,004
	% Eficiencia según objetivos alcanzados	0,015	1,000	0,047	0,067	-0,108	0,043	0,103	-0,039	0,027
	% Eficacia optimización de recursos)	0,061	0,047	1,000	-0,083	-0,056	-0,023	-0,044	-0,227	0,056
	% Satisfacción laboral	-0,079	0,067	-0,083	1,000	0,054	0,079	0,157	0,072	0,026
	% conocimiento de herramientas digitales	-0,147	-0,108	-0,056	0,054	1,000	-0,036	-0,108	0,161	-0,166
	Antigüedad	0,070	0,043	-0,023	0,079	-0,036	1,000	0,748	-0,154	0,225
	Edad	0,034	0,103	-0,044	0,157	-0,108	0,748	1,000	-0,265	0,382
	nivel	-0,124	-0,039	-0,227	0,072	0,161	-0,154	-0,265	1,000	-0,154
grado	-0,004	0,027	0,056	0,026	-0,166	0,225	0,382	-0,154	1,000	
Sig. (1-tailed)	% Productividad (horas laboradas vs entregables)		0,385	0,118	0,062	0,002	0,087	0,257	0,008	0,470
	% Eficiencia según objetivos alcanzados	0,385		0,182	0,046	0,018	0,204	0,023	0,227	0,300
	% Eficacia optimización de recursos)	0,118	0,182		0,055	0,139	0,329	0,196	0,000	0,141
	% Satisfacción laboral	0,062	0,046	0,055		0,150	0,064	0,001	0,083	0,307
	% conocimiento de herramientas digitales	0,002	0,018	0,139	0,150		0,241	0,018	0,001	0,001
	Antigüedad	0,087	0,204	0,329	0,064	0,241		0,000	0,001	0,000
	Edad	0,257	0,023	0,196	0,001	0,018	0,000		0,000	0,000
	nivel	0,008	0,227	0,000	0,083	0,001	0,001	0,000		0,001
grado	0,470	0,300	0,141	0,307	0,001	0,000	0,000	0,001		

a. Determinante = 0.268

En la tabla anterior, se logra visualizar el valor del determinante en 0.268. Los determinantes próximos a cero, como resultante del caso en estudio, está indicando que las variables utilizadas están linealmente relacionadas, lo que significa que el análisis factorial, es una técnica pertinente para analizar esas variables

B. Comunalidades:

La Comunalidad asociada a la variable j-ésima es la proporción de variabilidad de dicha variable explicada por los k factores considerados. Se pueden visualizar las comunalidades asignadas a las variables (inicial) y la extracción vinculada a las variables generadas por la solución factorial, en la siguiente tabla:

Tabla 3. Comunalidades

Comunalidades	Inicial	Extracción
% Productividad (horas laboradas vs entregables)	1,000	0,609
% Eficiencia según objetivos alcanzados	1,000	0,724
% Eficacia (optimización de recursos)	1,000	0,724
% Satisfacción laboral	1,000	0,502
% conocimiento de herramientas digitales	1,000	0,542
Antigüedad	1,000	0,752
Edad	1,000	0,860
nivel	1,000	0,538
grado	1,000	0,345

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

C. Total Varianza explicada

Los autovalores iniciales expresan la cantidad de varianza total que está explicada por cada componente o factor. De esta forma, se obtuvieron cuatro (4) valores mayores a uno (1) que explican el 62.184% de la varianza total. En este caso se sugiere retener 4 componentes. Se aplica criterio de Kaiser, que consiste en conservar aquellos factores cuyo autovalor asociado sea mayor que 1, según la tabla a continuación:

Tabla 4. Explicación del Total de la Varianza

Total Varianza Explicada						
Componentes	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la Varianza	% acumulado	Total	% de la Varianza	% acumulado
1	2,138	23,760	23,760	2,138	23,760	23,760
2	1,393	15,478	39,238	1,393	15,478	39,238
3	1,065	11,828	51,067	1,065	11,828	51,067
4	1,001	11,117	62,184	1,001	11,117	62,184
5	0,930	10,331	72,516			
6	0,839	9,320	81,836			
7	0,741	8,237	90,073			
8	0,678	7,532	97,605			
9	0,216	2,395	100,000			

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

D. Gráfico de sedimentación.

De igual forma, se genera el gráfico de la varianza que está asociado a cada factor, el cual nos permite determinar cuántos factores se deben conservar. En el caso de estudio, se considerarán los componentes 1, 2, 3 y 4, validando el método de Kaiser aplicado anteriormente.

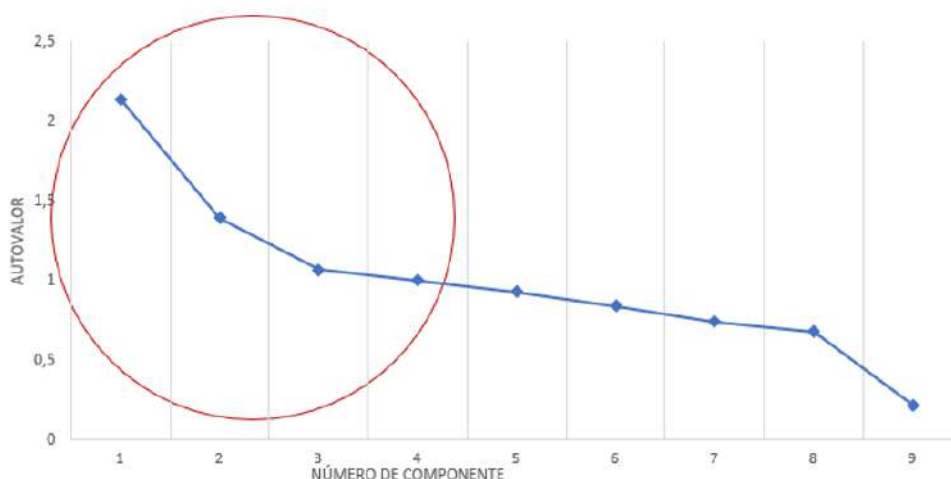


Fig. 4. Gráfico de sedimentación

Se puede observar en el gráfico anterior que la trama muestra una ruptura distinta entre la pendiente pronunciada de los factores grandes y la salida gradual del resto.

E. Matriz de Componentes Principales:

La Matriz de Componentes, Matriz de Cargas o Saturaciones Factoriales, señala la carga de cada variable en cada factor, de forma que los factores con pesos factoriales más elevados en términos absolutos indican una relación estrecha con las variables. De esta forma, la siguiente matriz presenta la solución factorial, la cual está constituida por las correlaciones entre las variables originales o saturaciones para cada componente o factor.

Tabla 5. Matriz de Componentes Principales

Matriz de Componentes	Componentes a			
	1	2	3	4
% Productividad (horas laboradas vs entregables)	0,159	-0,450	-0,028	-0,617
% Eficiencia según objetivos alcanzados	0,185	-0,054	0,828	0,051
% Eficacia (optimización de recursos)	0,091	-0,582	0,032	0,613
% Satisfacción laboral	0,143	0,507	0,455	0,133
% conocimiento de herramientas digitales	-0,295	0,455	-0,332	0,371
Antigüedad	0,793	0,276	-0,202	-0,070
Edad	0,888	0,252	-0,090	-0,011
nivel	-0,466	0,494	0,097	-0,260
grado	0,573	-0,030	-0,051	0,118

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

F. Matriz de correlaciones resultantes

-Test de esfericidad de Barlett. Para comprobar que las correlaciones entre las variables son distintas de cero de modo significativo, se comprueba si el determinante de la matriz es distinto de uno, es decir, si la matriz de correlaciones es distinta de la matriz unidad.

- La medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación del muestreo obtenido en el caso fue 0.553 está entre 0.75 y 0.5. por lo que es aceptable, tal y como se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla 6. KMO & Brlett´s Test

<i>KMO y el Test de Barlett</i>	0,553
Chi-cuadrado (Aprox.)	487.311
Test de esfericidad de Barlett	df 36
Significancia	0.000

Como p (el nivel de significancia) es menor que 0,05 se rechaza la Hipótesis nula, donde se expresa la matriz de correlación es una matriz de identidad. De esta forma, se acepta la Hipótesis alternativa: el modelo de factor es apropiado.

-Reproducida. Representa la matriz de las correlaciones que se obtiene a partir de la solución factorial hallada. A continuación, se presenta la tabla con los resultados de la correlación reproducida, donde se logra obtener un diagnóstico bueno del modelo y el número de factores el adecuado, ya que la estructura factorial fue capaz de reproducir la matriz de correlaciones, en función de las comunalidades finales.

Tabla 7. Correlación Reproducida

Correlaciones Reproducidas										
		% Productividad (horas laboradas vs entregables)	% Eficiencia según objetivos alcanzados	% Eficacia (optimización de recursos)	% Satisfacción laboral	% conocimiento de herramientas digitales	Antigüedad	Edad	nivel	grado
Correlaciones Reproducidas:	% Productividad (horas laboradas vs entregables)	.609 ^a	-0,001	-0,103	-0,300	-0,471	0,051	0,037	-0,139	0,033
	% Eficiencia según objetivos alcanzados	-0,001	.724 ^a	0,106	0,382	-0,335	-0,039	0,075	-0,046	0,071
	% Eficacia (optimización de recursos)	-0,103	0,106	.724 ^a	-0,186	-0,075	-0,138	-0,076	-0,486	0,140
	% Satisfacción laboral	-0,300	0,382	-0,186	.502 ^a	0,087	0,153	0,213	0,193	0,059
	% conocimiento de herramientas digitales	-0,471	-0,335	-0,075	0,087	.542 ^a	-0,067	-0,121	0,234	-0,122
	Antigüedad	0,051	-0,039	-0,138	0,153	-0,067	.752 ^a	0,793	-0,235	0,448
	Edad	0,037	0,075	-0,076	0,213	-0,121	0,793	.860 ^a	-0,295	0,504
	nivel	-0,139	-0,046	-0,486	0,193	0,234	-0,235	-0,295	.538 ^a	-0,317
	grado	0,033	0,071	0,140	0,059	-0,122	0,448	0,504	-0,317	.345 ^a
	Residual ^b :	% Productividad (horas laboradas vs entregables)		0,016	0,164	0,220	0,324	0,020	-0,004	0,015
% Eficiencia según objetivos alcanzados			0,016		-0,295	0,227	0,082	0,028	0,007	-0,044
% Eficacia (optimización de recursos)			0,164	-0,059		0,104	0,018	0,032	0,259	-0,084
% Satisfacción laboral			0,220	-0,295	0,104		-0,033	-0,074	-0,056	-0,033
% conocimiento de herramientas digitales			0,324	0,227	0,018	-0,033		0,031	0,013	-0,073
Antigüedad			0,020	0,082	0,115	-0,074	0,031		-0,046	0,081
Edad			-0,004	0,028	0,032	-0,056	0,013	-0,046		0,030
nivel			0,015	0,007	0,259	-0,122	-0,073	0,081	0,030	
grado			-0,037	-0,044	-0,084	-0,033	-0,044	-0,223	-0,122	0,163

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales

a. Comunalidades reproducidas.

b. Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Hay 19 (52,0%) residuos no redundantes con valores absolutos superiores a 0,05.

Tabla 10. Coeficientes

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error Tip	Beta		
1	(Constante)	54,549	0,468		116,474	0,000
	REGR factor score 1 for analysis 1	6,392	0,469	0,554	13,631	0,000
	REGR factor score 2 for analysis 1	-3,266	0,469	-0,283	-6,964	0,000
	REGR factor score 3 for analysis 1	-0,262	0,469	-0,023	-0,559	0,576
	REGR factor score 4 for analysis 1	0,457	0,469	0,040	0,975	0,330

a. Variable Dependiente: % de modalidad de Teletrabajo (Horas remotas)

Se propone la siguiente ecuación final:

Variable Teletrabajo = 54.549 + 6.392(factor score1) – 3.266 (factor score2) – 0.262 (factor score3) + 0.457(factor score 4).

CONCLUSIONES

A través de la aplicación de las técnicas de análisis multivariante interdependiente: Análisis de Componentes Principales y Análisis factorial, se lograron obtener los 04 componentes principales con una varianza total de 62.184% (mayor a 60%), bajo las siguientes etiquetas: 1er Componente, es un factor que vincula la variable Eficacia con la Productividad. 2do Componente, es un factor que vincula Conocimientos de herramientas digitales con el nivel de satisfacción laboral y el nivel. 3er Componente, es un factor que integra Antigüedad, con la edad y el grado laboral. 4to Componente, vinculado a la eficiencia según objetivos alcanzados.

Se presentaron los resultados de los descriptivos estadísticos: la media, la desviación estándar y el número de casos válidos para cada variable.

KMO: arrojó aceptación de las variables con 0.553% (aceptable entre 0.5 y 075).

La Prueba de esfericidad de Bartlett: Como p es menor que 0,05 se rechaza la Hipótesis nula, donde se expresa la matriz de correlación es una matriz de identidad. De esta forma, se acepta la Hipótesis alternativa: el modelo de factor es apropiado.

En la diagonal de la matriz reproducida se encuentran las Comunalidades finales. La matriz de las correlaciones que se obtiene a partir de la solución factorial hallada resultó demostrar que el modelo es aceptable y el número de factores el adecuado, ya que la estructura factorial fue capaz de reproducir la matriz de correlaciones junto con las comunalidades finales.

Finalmente, partiendo de la Regresión lineal y vinculación de la variable teletrabajo con los componentes nuevos se obtiene la ecuación de teletrabajo: Teletrabajo = 54.549 + 6.392(factor score1) – 3.266 (factor score2) – 0.262 (factor score3) + 0.457(factor score 4).

REFERENCIAS

- [1] D. Colombo, «sedici.unlp.edu.ar,» Universidad Nacional de La Plata, 2008. [En línea]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1933>. [Último acceso: 9 Enero 2021].
- [2] TLAC Toyota, «Movility Toyota,» Argentina, 2020.
- [3] «scielo.org.co,» Universidad del Norte, 2013. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n35/n35a05.pdf>. [Último acceso: 10 Enero 2022].
- [4] A. Belzunegui, Diversificación en las formas de trabajo, Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2001.
- [5] O. Tapasco, Factores que inciden en la, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2021.
- [6] J. Hair, G. T. Hult, C. Ringle y M. Sarstedt, Structural equation modeling, Thousand Oaks, 2017.
- [7] C. Marvel, Introducción al Análisis de Datos, Puerto Ordaz: UNEXPO Doctorado, 2021.
- [8] «vivaelssoftwarelibre.com,» vivaelssoftwarelibre.com, [En línea]. Available: <https://vivaelssoftwarelibre.com/fantasticos-graficos-de-analisis-de-componentes-principales-en-r/>. [Último acceso: 3 1 2022].
- [9] estadistica.net, «estadistica.net,» [En línea]. Available: https://www.estadistica.net/Master-Econometria/Componentes_Principales.pdf. [Último acceso: 3 Enero 2022].
- [10] ibm.com, «ibm.com,» ibm.com, 1989. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/SaaS?topic=analysis-factor-rotation>. [Último acceso: 4 Enero 2022].
- [11] IBM SPSS , «Representación tridimensional de satucción,» 2021.

Análisis histórico de la contaminación hídrica en el río Portoviejo

Guambo Gonzalo
jguambo5601@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2241-4461>
Maestría en Ingeniería Química: Mención
Ambiente. Instituto de Postgrado
Universidad Técnica de Manabí.
Manabí-Ecuador

Torres Julio
julio.torres@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1290-5240>
Departamento de Química. Instituto de Ciencias
Básicas. Universidad Técnica de Manabí.
Manabí-Ecuador

Quiroz Santiago
santiago.quiroz@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2962-0583>
Director del Instituto de Postgrado. Profesor
Titular Tiempo completo de la Universidad
Técnica de Manabí.

Recibido(12/10/2021), Aceptado(30/04/2022)

Resumen—El río Portoviejo atraviesa de forma total o parcial cuatro cantones de la provincia de Manabí y es la principal fuente de agua para los pobladores de la zona para ser utilizada en los diversos usos. El objetivo del presente artículo de revisión bibliográfica es realizar un análisis histórico de la contaminación hídrica del río Portoviejo. Se empleó metodología de investigación documental cualitativa, de orientación descriptiva. Los autores concluyen que los factores que inciden en la contaminación del río Portoviejo son las constantes descargas directas de aguas residuales y de desechos sólidos a lo largo de su recorrido por los pobladores de la zona y el aporte de la planta de tratamiento de aguas residuales de la zona.

Palabras clave: calidad de agua, contaminación ambiental, ecosistemas degradados, río Portoviejo.

Historical analysis of water pollution in the Portoviejo River

Abstract— The river Portoviejo crosses four cantons of the province of Manabí and is the main source of water for the inhabitants of the area to be used in the various uses. The objective of this bibliographic review article is to carry out a historical analysis of the water pollution of the Portoviejo River. Qualitative and descriptive documentary research methodology was used. The authors conclude that the factors that influence the pollution of the Portoviejo River are the constant direct discharges of waste water and solid waste along its route by the residents of the area and the contribution of the water treatment plant waste from the area.

Keywords: water quality, environmental pollution, degraded ecosystems, Portoviejo river.

I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad del agua representa posibilidad de mejoramiento agrícola, social, industrial, sanitario y de calidad de vida [1]. Si escasea, es motivo de pobreza, guerras, enfermedades y estancamiento económico. Por tanto, su presencia o ausencia es factor fundamental en el desarrollo civilizatorio [2].

Territorialmente Ecuador dispone cuatro veces el promedio per cápita mundial de agua superficial. Dichos recursos proceden principalmente de lluvias, escurrimiento superficial de ríos y reservas subterráneas [3]. Su inadecuada distribución produce incremento acelerado de la contaminación que afecta la calidad y cantidad de agua [4]. Ecuador consume 9 700 Hm³ aproximadamente, distribuidos, entre riego, uso doméstico y el sector industrial, en proporción de 82; 12,5; y 5,5%, respectivamente [5].

La conformación del sistema hidrográfico ecuatoriano, y por tanto la definición de cuencas hidrográficas, está determinado por la localización de la Cordillera de los Andes; misma que, atraviesa Ecuador de norte a sur y es considerada como zona donde se concentra una alta heterogeneidad ambiental y una elevada diversidad biológica [6]. La elevada altitud y complejidad fisiográfica de esta cadena montañosa influyen en la circulación del aire y condicionan el clima [7], influenciando de forma importante los regímenes hidrológicos de sus ríos [8], [9].

La ubicación de la Cordillera de los Andes sucede la conformación de tres regiones naturales continentales diferenciadas, Litoral o Costa, Interandina o Sierra, y Amazónica u Oriental [10]. Además, se define una cuarta región, la Insular, que comprende el Archipiélago de Colón, provincia de Galápagos [11].

El territorio nacional se divide en 31 sistemas hidrográficos conformados por 79 cuencas. Estos sistemas corresponden a dos vertientes hídricas originada en los Andes. En número de 24 drenan hacia el Océano Pacífico, y siete hacia la Región Oriental representando 123 243 km² un 48,07%, y 131 802 km² simbolizando 51,41%, de la región ecuatoriana, respectivamente [12].

La Costa se presenta como una región con características sui géneris. La zona central, constituye una unidad hidrogeológica de excepcionales características, en la que se perforaron la mayor cantidad de pozos a nivel nacional [13].

El sistema hidrográfico de Manabí lo constituyen esencialmente los ríos de las cuencas Portoviejo, Chone, Jama, Pedernales y Jipijapa, cuencas hidrográficas que benefician a las comunidades, tanto para consumo humano en el tema de potabilización como agua cruda y para los sistemas de riego [14].

La escasez de agua representa principal incertidumbre relacionada con recursos hídricos en la provincia manabita, única en Ecuador, que no obtiene su agua de la Cordillera de los Andes sino de la Cordillera Costanera. Estas cuencas, se forman con la escorrentía de la Cordillera Costanera de Chongón - Colonche que, se ubica casi al centro de la provincia y corre en dirección norte-sur, separando las pequeñas cuencas de los ríos litorales, al occidente, de las grandes cuencas de los ríos orientales [15].

El uso creciente del recurso hídrico para satisfacer las diferentes demandas de un sistema, muchas veces por encima de su disponibilidad hídrica, ha generado una reducción en el nivel de satisfacción de dichas demandas, así como, una reducción en los caudales medioambientales necesarios para alcanzar el buen estado ecológico.

A largo plazo, estos problemas pueden verse intensificados como consecuencia del cambio climático. La satisfacción de las demandas de un sistema sin afectar al medio ambiente es uno de los principales objetivos de una eficaz gestión del recurso hídrico.

II. DESARROLLO

A. *Caracterización del río Portoviejo*

Portoviejo, capital y centro comercial de Manabí, Ecuador, posee 280.029 habitantes, una Población Económicamente Activa, en adelante (PEA), de 48,4% (22% de la PEA de Manabí), 954,9 km² de espacio territorial y 24°C de temperatura media. La pluviosidad promedio registrada en la provincia, entre las anualidades 2000 a 2009 fue 596,20 mm destacando como más lluviosos los anuarios 2000 y 2008 con 733 y 823 mm, respectivamente, contradictoriamente temporadas secas como 2001, 2003 y 2009 presentaron precipitaciones inferiores a 500 mm.

Limita al norte con la parroquia Charapotó del cantón Sucre y por jurisdicciones de las cabeceras cantonales Rocafuerte, Junín y Calceta. Al este, la parroquia San Sebastián, constitutiva del cantón Pichincha. Al sur, las parroquias Honorato Vásquez, y Ayacucho, y por la jurisdicción de la cabecera cantonal Santa Ana, todas constitutivas del cantón de igual nombre. Al oeste la jurisdicción de la cabecera cantonal Jipijapa, del cantón homónimo, la parroquia La Pila del cantón Montecristi y por las jurisdicciones de las cabeceras cantonales Montecristi y Jaramijó. Portoviejo está instituido por nueve parroquias urbanas, Portoviejo Matriz, 12 de Marzo, Andrés de Vera, Colón, Francisco Pacheco, Picoazá, San Pablo, 18 de octubre y Simón Bolívar. La ruralidad la estructuran siete parroquias, San Plácido, Alajuela, Abdón Calderón, Crucita y Río Chico, Pueblo Nuevo y Chirijos.

Entre las principales actividades que generan mayor ingreso se encuentran: comercio por mayor y menor - reparación de vehículos automotores y motocicletas (70,2%); administración pública y defensa - planes de seguridad social de afiliación obligatoria (11,6%); enseñanza (3,3%); industrias manufactureras (2,1%); información y comunicación (1,9%); actividades de atención de salud humana y de asistencia social (1,4%); actividades de alojamiento y de servicio de comidas (1,4%); actividades profesionales, científicas y técnicas (1,1%), otros (6,4%). Algunos autores afirman que las precipitaciones en la región central de la provincia de Manabí son altamente estacionales y están fuertemente relacionadas con el calentamiento estacional del océano circundante a la costa ecuatoriana y al tránsito de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

La cuenca del río Portoviejo lo forman el río Portoviejo, el río Lodana y el embalse de Poza Honda, está localizada en una zona eminentemente agrícola en la región central y costera de la provincia de Manabí, entre las coordenadas: 1° 04´ de latitud sur y 80° 26´ longitud oeste. Con una extensión de más 2 100 km², aporta 1 590 Hm³/año o el equivalente al dos por ciento nacional. Limita al norte con la cuenca del río Chone, al sur con las cuencas del río Jipijapa, Bravo y Manta; al este con la demarcación hidrográfica del Guayas y al oeste con el océano Pacífico y las cuencas del río Jaramijó y Pajonal. Comprende los cantones Portoviejo (45% del área de la cuenca), Santa Ana (27%), Rocafuerte (11%), 24 de Mayo y Jipijapa (17%) y en menor área en los cantones Pichincha y Junín. La cuenca del río Portoviejo con 323.805 habitantes (64% urbana y 36% rural), es considerada como una zona de elevada densidad poblacional (154 hab/km² vs. 47,4 hab/km² del promedio nacional). La actividad económica más importante es la agricultura, que ocupa a más del 50% de la PEA. Un 52% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs), se dedican a la agricultura de subsistencia. Otros a agricultura permanente, agricultura de ciclo corto y pastos.

El río es principal fuente de agua para la región central de Manabí. Abastece de agua potable a cifra superior de 752.000 habitantes (52% población manabita). Ciudades como Portoviejo, Santa Ana, Rocafuerte e inclusive adicionales fuera de su cuenca como Manta, Montecristi, Jaramijó y Jipijapa. Además, representa un fundamental sistema hidrológico de la vertiente del Pacífico del Ecuador.

IV. RESULTADOS

A. Contaminación de la cuenca del río Portoviejo

La cuenca del río Portoviejo, fuente natural de vida y riqueza, en los años recientes ha devenido en motivo de preocupación a causa de la acción errónea del Estado ecuatoriano y de algunas instituciones públicas de la provincia de Manabí donde se halla ese territorio hídrico.

La contaminación del agua de los ríos se puede dar de forma natural y antropogénica. La primera se debe particularmente al arrastre de partículas o de gases atmosféricos, las cuales tienen la capacidad natural de autodepuración. La segunda se debe principalmente a las actividades industriales, vertidos urbanos, la navegación, la agricultura y la ganadería.

Uno de los factores que favorece la contaminación del río Portoviejo es el aumento de la población que se asienta en sus riveras asociado con diferentes actividades, ha tenido como consecuencia un incremento en los volúmenes de descarga de aguas residuales, con la consecuente entrada de contaminantes.

Es deber primordial del Estado ecuatoriano proteger el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza. La constitución de la República en el artículo 12 indica: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Y el artículo 14 señala: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados [36].

B. Algunos estudios realizados en el río Portoviejo

Otros autores enumeran las principales fuentes de contaminación hacia el curso hídrico del río Portoviejo: Descarga de aguas servidas de sistemas de alcantarillados sanitarios deficientes; vertido de aguas servidas domiciliarias, en comunidades rurales que no cuentan con sistemas de alcantarillado sanitario; escurrimiento de aguas con plaguicidas; escurrimiento de aguas lluvias con mucha presencia de sedimentos causados por la pérdida de cobertura vegetal de las montañas de la cuenca; disposición de residuos sólidos en riberas; escurrimiento de residuos peligrosos de lavandería y lubricadoras a lo largo del río.

Factores como falta de planificación y orientación del crecimiento urbano ha generado que las áreas servidas por los canales de riego cercanos a la ciudad de Portoviejo estén siendo ocupadas por urbanizaciones sin los adecuados servicios básicos, en especial con la falta de un adecuado tratamiento de aguas residuales domésticas.

Las descargas al río inician desde Santa Ana, donde agricultores, por ejemplo, lavan el café y otros productos en las orillas. Luego en la población de Portoviejo encontramos descargas de aguas servidas desde las lagunas de oxidación, en Picoazá. Los moradores, en Picoazá, de las orillas del río utilizan estas aguas para bañarse, lavar su ropa e incluyendo para consumo. Habitantes del lugar informan que tanqueros vienen todas las tardes para aprovisionarse del líquido vital para comercializar en otros sectores.

En el puente de la vía Picoazá-Portoviejo, se observa mucha basura a veces animales muertos que flotan. Los agricultores de Santa Ana contaminan el río Portoviejo con los químicos que utilizan para fumigar sus cultivos y con otros desechos. Denuncias de personas anónimas dan cuenta que algunas lavadoras de vehículos también mantienen instalaciones clandestinas de descarga de las aguas con aceite y lubricantes.

Desde el sector el Guabito hasta la parroquia Picoazá, unos 12 km donde el río pasa toda la zona urbana de Portoviejo, se convierte en un vertedero de residuos sólidos y de aguas servidas, realizándose descargas de aguas residuales en su cauce. Además, se debe sumar como un factor contaminante los afluentes como el estero Monte Santo, Lodana y otros que aportan cantidades de sedimentos en cada temporada invernal.

Un estudio realizado en el cantón Portoviejo, encontró que había 536 conexiones clandestinas en 21 colectores pluviales que vertían sus aguas directamente al río Portoviejo.

Estudios realizados en la cuenca del río Portoviejo en 15 muestras, encontró coliformes fecales por encima del límite permitido 200 NMP/mL, reportando los siguientes hallazgos: represa Caza Lagarto (325 NMP/mL), Lodana (245 NMP/mL), puente Santa Cruz (220 NMP/mL), puente Velazco Ibarra (3500 NMP/mL) y puente Ceibal (238 NMP/mL). Reportes del Gobierno Provincial de Manabí (GPM) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) confirman lo realizado.

En el sitio donde se descargan las aguas de la laguna de oxidación de Portoviejo, el nivel es de 1 200 NMP/mL y donde están las descargas de la laguna de oxidación en el cantón Santa Ana, los niveles llegan entre 5 200 NMP/mL y 3 000 NMP/mL. La mayor problemática surge por las descargas clandestinas y luego por la contaminación de desechos de químicos de la agricultura a lo largo del cauce del río.

Prácticas culturales desventajosas como cultivos a favor de la pendiente, pastoreo no controlado y presencia de "pie de vaca", son entre otros, síntomas del proceso degradativo de los suelos que inciden definitivamente en la calidad de los recursos, y fundamentalmente son causa para el azolvamiento de los canales de riego, ríos, esteros y estuarios de la cuenca media y baja del río Portoviejo y de todos sus afluentes.

Uno de los mayores problemas de su cuenca es el manejo inadecuado de los suelos y cultivos, desde escurrimientos de agroquímicos y fertilizantes, pasando por la erosión hídrica que aporta con sedimentos hasta vertidos de aguas servidas poblacionales sin previo tratamiento, lo que se agudiza en las partes media y baja de la cuenca, donde los vertidos poblacionales se incrementan, existe mayor carga de sedimentos e inclusive hay vertidos de aguas residuales de camaroneras.

Otras fuentes generadoras de contaminación y de desechos son las industrias, hospitales, camales, lubricadoras, entre otros; e igualmente, no tienen registro ni puntos de control de sus efluentes; todos los desechos se envían a través del carro recolector municipal, y los efluentes directamente al ambiente (ríos, quebradas, etc.).

A. Impacto de la contaminación hídrica

Según el último informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos se espera que el uso doméstico del agua, que representa aproximadamente el 10% de las extracciones de agua a nivel mundial, aumente significativamente durante el período 2010-2050 en casi todas las regiones del mundo y que la demanda mundial para la producción agrícola y la energía (principalmente alimentación y electricidad), ambas con un uso intensivo de agua, aumenten aproximadamente un 60% y un 80% respectivamente antes de 2025.

Lo que sumado a las consecuencias del cambio climático supone riesgos en la disponibilidad de agua para las poblaciones; por ello es importante asegurar la calidad a fin de evitar limitaciones en sus usos. Tomar de ejemplo modelos de gestión ambiental internacionales, como el caso de la cuenca de Ruhr, la exitosa recuperación del río Emscher en Alemania, que se convirtió en gran oportunidad para esta región para que modernice la infraestructura del tratamiento de aguas residuales.

En la actualidad los habitantes a lo largo del río Portoviejo no tienen un adecuado acceso a los servicios de saneamiento básico que contrasta lo reportado por otras investigaciones para los países en vías de desarrollo. Otro trabajo desarrollado evidenció que la calidad de agua va disminuyendo a medida que el río recorre la trayectoria de su cauce, produciendo en la población que la consume enfermedades diarreicas agudas.

CONCLUSIONES

- 1.- Los factores que inciden en la contaminación del río Portoviejo son las constantes descargas directas de aguas residuales y de desechos sólidos a lo largo de su recorrido por los pobladores de la zona y el aporte de la planta de tratamiento de aguas residuales de la zona.
- 2.- Las normas y leyes nacionales y municipales, no se cumplen de manera obligatoria a lo largo del río Portoviejo por falta de control de las políticas de Estado.
- 3.- Hacen falta estudios que permitan evaluar de manera integral los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales (esenciales y tóxicos) en agua, sedimento y peces en épocas de sequía y lluvia para conocer el estado ecológico y predecir su posible comportamiento frente a diferentes escenarios ambientales.

REFERENCIAS

- [1] G. L. Kayser, P. Moriarty, C. Fonseca, and J. Bartram, "Domestic water service delivery indicators and frameworks for monitoring, evaluation, policy and planning: A review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 10, no. 10, pp. 4812–4835, 2013, doi: 10.3390/ijerph10104812.
- [2] N. E. Samboni, A. Reyes T., and Y. Carvajal E., "Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta.," *Ing. y Compet.*, vol. 13, no. 2, pp. 49–60, 2011, [Online]. Available: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=74995605&lang=es&site=ehost-live>.
- [3] G. Da Ros, *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*, Abya-Yala. Quito - Ecuador: Tecnioffset C., 1995.
- [4] Z. Chen, H. H. Ngo, and W. Guo, "A critical review on the end uses of recycled water," *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 43, no. 14, pp. 1446–1516, 2013, doi: 10.1080/10643389.2011.647788.
- [5] C. O. Camacho-López and V. M. Astudillo-Fernández, "Evaluación del aprovechamiento empírico del agua subterránea somera del cantón Morona-Ecuador," *Dominio las Ciencias*, vol. 6, no. 2, pp. 460–473, 2020, Accessed: Jan. 17, 2021. [Online]. Available: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1179/html>.
- [6] K. Young, *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. Introduction to Andean Geographies*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 2011.
- [7] P. Emck, A. Moreira-Muñoz, and M. Richter, "El clima y sus efectos en la vegetación," *Botánica Económica los Andes Cent.*, pp. 11–36, 2006.

-
- [8] D. Montgomery, G. Balco, and S. Willett, "Climate , Tectonics , and the Morphology of the Andes.," *Geology*, vol. 7613, pp. 579–582, 2001, doi: 10.1130/0091-7613(2001)029<0579.
- [9] J. Argollo, "Aspectos geológicos.," *Botánica Económica los Andes Cent.*, pp. 1–10, 2006.
- [10] M. Iriondo, "The Quaternary of Ecuador," *Quat. Int.*, vol. 21, no. C, pp. 101–112, 1994, doi: 10.1016/1040-6182(94)90024-8.
- [11] R. Galárraga Sánchez, "Estado de los Recursos Hídricos en Ecuador.," *HidroRed*, 2004. <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html> (accessed Feb. 26, 2020).
- [12] R. H. Galárraga-Sánchez, "Agua para el siglo XXI para America del Sur De la Visión a la Acción: Informe Ecuador," *Cepal, Glob. Water Partnersh.*, p. 88, 2000, [Online]. Available: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23346/InEc00100.23346.pdf>.
- [13] N. Burbano, S. Becerra, P. Efrén, and L. Pérez, "Introducción a la Hidrología del Ecuador. 2da Edición," Quito - Ecuador, 2015.
- [14] N. Burbano, S. Becerra, and E. Pasquel, "Caracterización Hidrogeológica de las Cuencas Portoviejo - Chone.," *INAMHI*, 2011. https://issuu.com/inamhi/docs/caract._hidrogeologica-manabi/7 (accessed Feb. 27, 2020).
- [15] M. del A. del E. MAE, "Evaluación de necesidades tecnológicas para el manejo de la oferta hídrica en cantidad y calidad.," Quito - Ecuador, 2013.

Avances tecnológicos en sistemas y equipos de comunicaciones militares

Velastegui Niccolay
<https://orcid.org/0000-0003-0599-625X>
nvelastegui@armada.mil.ec
Fuerza Naval Ecuatoriana, Comando de Operaciones Navales
Guayaquil-Ecuador

Pavón Estefania
<https://orcid.org/0000-0002-4832-1386>
eestefania@hotmail.com
Fuerza Terrestre Ecuatoriana, Brigada de Artillería 27 Portete
Cuenca-Ecuador

Jácome Hugo
<https://orcid.org/0000-0002-6600-8131>
hxjacomel@gmail.com
Fuerza Terrestre Ecuatoriana, Brigada de Infantería Motorizada Loja
Loja-Ecuador

Torres Freddy
<https://orcid.org/0000-0002-5964-4551>
freddytorres.6647@gmail.com
Fuerza Aérea Ecuatoriana, Ala de Combate 22
Guayaquil
Guayaquil-Ecuador

Pico Melissa
<https://orcid.org/0000-0001-9425-3778>
mpicoparedes@gmail.com
Fuerza Terrestre, Ecuatoriana Brigada de Selva
21 Cóndor
Macas-Ecuador

Recibido(10/11/2021), Aceptado(03/03/2022)

Resumen—En este artículo se presenta una revisión sistemática que aborda el desarrollo de tecnologías que han impulsado a la comunicación de carácter militar, se describe la evolución de equipos y protocolos de comunicación empleados a través de la historia. Este trabajo se realizó a partir de la revisión de 80 artículos relacionados con el ámbito de las comunicaciones militares, a partir de los cuales se extrajeron los fundamentos sobre las diferentes tecnologías, equipos y medios de comunicación. Se concluye que el avance tecnológico ha mejorado la velocidad de respuesta en las señales digitales, ha propuesto nuevos métodos y protocolos de encriptación de la información transmitida y a más de ello ha optimizado la eficiencia energética de los equipos, que ahora poseen autonomía suficiente para completar extensas misiones sin recargas de energía con el uso de dispositivos más compactos y livianos.

Palabras clave: comunicaciones militares, protocolos de comunicación, transmisión de información, tecnologías.

Technological advances in military communications systems and equipment

Abstract— This article presents a systematic review carried out around the development of technologies that have driven military communication, describing the evolution of communication equipment and protocols used throughout history. This work was carried out from the review of 80 articles related to the field of military communications, from which the fundamentals of the different technologies, equipment and means of communication were extracted. It is concluded that technological progress has improved the speed of response in digital signals, has proposed



new methods and protocols for encrypting the transmitted information and has also optimised the energy efficiency of the equipment, which now has sufficient autonomy to complete long missions without recharging energy with the use of more compact and lighter devices.

Keywords: military communications, communication protocols, transmission of information, technologies

I. INTRODUCTION

Communications in the military field are an aspect of vital importance for the coordination and control of operations, sending information (voice, data, video), which are necessary to acquire an adequate perception of the environment and the situation. Communication is required by military personnel, at all levels and through different environments such as underwater, on land, air and in space. Military communications must be characterised by having flexibility, adaptability, and controllability of characteristics such as frequency, bandwidths, speed of transmission of information, and response times and guarantee the continuity of communications despite variant environments that may arise [1].

Faced with the needs of modern deployments in the military field, it is necessary to develop new technologies to fill current technological gaps, in the same way, that we are participants in the evolution of mobile communication technologies, better ranges, data transmission speeds, information security are required, equipment autonomy, more compact technologies, etc. The present work describes in the Development section, a description of the standardized technologies implemented in the military communications systems of land, naval and air defense in the armies of greater technological advance in the world. The Methodology section describes the considerations taken in the realization of this comprehensive review document, finally in results, relevant findings and data found in the analysis of the information are presented.

II. COMMUNICATION SYSTEMS OF MILITARY FORCES

The military forces have their reach in continental, maritime and air territory, most countries have this structure

A. Military Ground Communications

The safety and efficiency of communication are very important, and in the military field, they must contemplate catastrophic situations, interference, failures in energy systems and collapse of local communication networks. The Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T) created by General Dynamics (US) and implemented in 2002 in the US Army, has a structure in the form of a network of servers, routers, and switches that work in vehicles or mobile stations (Figure 1). The technology is peer-to-peer (Technical Operations Center-TOC) communication radios and lower level connectivity [2].

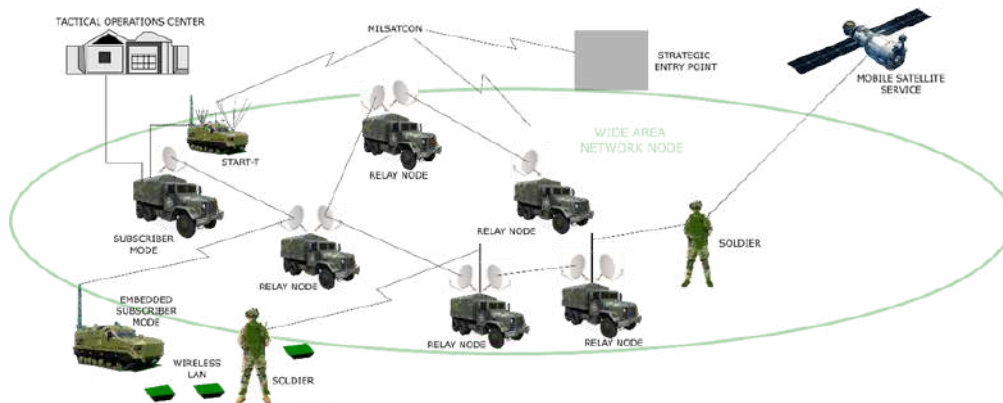


Fig 1. Architecture Warfighter Information Network-Tactical (WINT-T)

The WINT-T architecture presented in Figure 1 illustrates a series of mobile and fixed stations that allow the transmission of communications without requiring fixed network communication stations, which allows consistent communication to sets of mobile fighters, vehicles, improved stations, and satellite communication through technologies that use cables and of a wireless nature. The architecture of a tactical communications system considers mobile infrastructure for operations in multiple locations and has some components based on the technology of the type Communication and Networking Riser (CNR), technology owned by the INTEL® brand.

Due to the limitations of Communication and Networking Riser (CNR) systems, WINT-T was developed to support communication as a logical network that allowed voice and data to be transferred with the flexibility of implementation in its physical part. At the lower level, combat troops carry a device that acts as a network node and access terminal. Battery power and the need for small omnidirectional antennas mean that ranges and capacities are limited. At the upper level, the trunk communications systems have been designed to possess a semi-mobile structure. Since these systems operate in remote locations, they employ generators for their power supply. Large capacity antennas are deployed on braced masts in vehicles or fixed stations to provide coverage with reasonable ranges.

To extend the range of communications, an alternative is to raise the position of the antennas, which has been solved with a repeater or satellite-based switch, significantly increasing the ranges between network nodes. A satellite-based solution is not considered desirable in all cases due to its inability to meet the requirements of a minimum organic communications system and whose transmission security may be altered; therefore, an airborne subsystem is required to support long-range flights to increase the Lower-level tactical communications capability by eliminating range restriction at high frequencies that can provide additional capacity from small to omnidirectional antennas. A Tactical Communications System may provide a basic level of service. It should be able to be extended, where possible, with overlapping communications systems, such as the public telephone network, satellite-based communications systems, personal communications systems, etc. These overlapping systems cannot be guaranteed availability and therefore cannot be included in the basic tactical system, yet a significant advantage can be gained from their use. To simplify the user interface of the multiple subsystems used in the WINT-T system, a switching level is required; these have various forms, including a set of vehicles, mobile stations and a local area networksk around the brigade headquarters.

Within the architecture of the WINT-T tactical communications system, a few systems and subsystems allow its operation. In figure 2, the four fundamental systems are appreciated: Overlaid Communications, Tactical Communications and Supported, in addition to this and for security reasons the strategic communications system is added. The subsystems in which WINT-T is supported are Combat Radio, Tactical Data Distribution, Tactical Trunk, Tactical Airborne, and Local to simplify the user interface with the other communications subsystems and the communications systems.

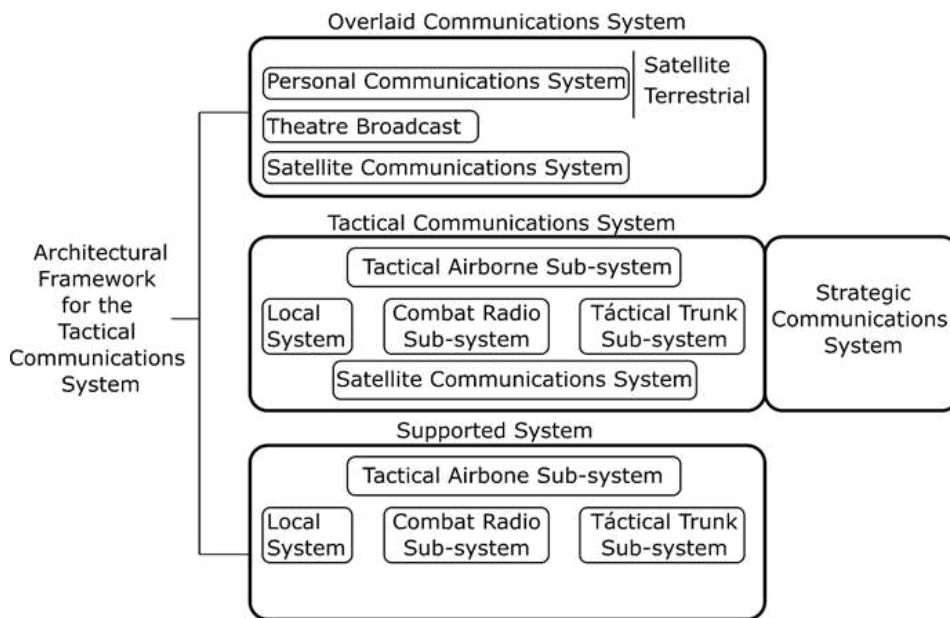


Fig 2. Architecture for the Tactical Communications System

B. Maritime and Aeronautical Communications of a military nature

The communications of the armed forces, both dedicated to the maritime and air aspects share similar technical and operational characteristics that depend on the distances at which they are from other aircraft or ships, as well as from fixed communication stations. Figure 3 illustrates an outline of the technologies used for the aeronautical and maritime aspects, supported by a set of satellites that triangulate the position obtaining and transmitting the positions through the use of the GPS Global Positioning System.

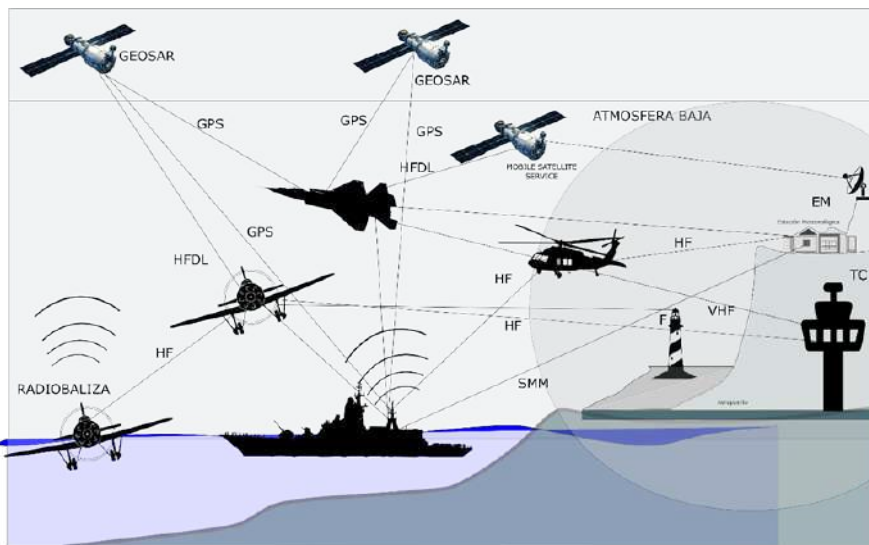


Fig 3. Outline the use of communication technologies in Aeronautical and Maritime communications.

C. Aeronautical Communications

For the positioning of the ships, whether these are combat aircraft, helicopters, light aircraft and even commercial aircraft, these systems are linked by satellites that correspond to GEOSAR technologies, which from a triangulation of the signal between three or more satellites, manage to obtain the position of the aircraft and helicopters. The operations and communications carried out between the aircraft and the ground stations use an Aeronautical Service of communications S.A., while to support the mobile telephony inside the plane are companies such as Onair and AeroMobile, which provide the Aeronautical Mobile Service. The frequency bands most used are two of HF (High Frequency) and VHF (Very High Frequency). The HF frequency, known as shortwave, is used for international radio communications in frequency ranges from 2.8 to 22 MHz and corresponds to the upper sideband in which the emission types J3E (voice communication used by users of the aeronautical area), A3E (used in AM broadcasting in low and medium frequency) are located.

The audio frequencies used in aeronautics are made in audio frequencies from 300 to 2700 Hz, with which large coverages are achieved and a propagation that can vary according to the seasons of the year and activity of the Ionosphere; through the use of HF, you can have direct communication between aircraft and ground stations, even if they are long distances. VHF frequencies are useful for the duration of flights and short distances, useful in operations such as takeoff or landing and operate on frequencies from 117.9 to 136 MHz, which is why they are used in the vicinity of airports. For the military field, the bands used are from 136 to 143 MHz, with a modulation greater than 85%. In cases of emergencies or disasters, communications are broadcast at frequencies above 2182 kHz and 121.5 MHz. For take-off and landing situations, the aircraft rely on the services of air terminals, and support stations such as: Weather aid stations, fixed take-off stations and fixed landing stations, each with its own technologies and communication protocols.

D. Maritime Communications

The Maritime Mobile Service (SMM) allows communication between coastal stations and vessels, allows the detection of rescue devices and radio beacons. In addition to this, there is the Maritime Stations Service (SRM) that regulate maritime traffic in accordance with regulations and regulations imposed with international conventions. Figure 3 illustrates the ships' communications with ground stations, aircraft, and satellites operating in low and high levels of the Earth's atmosphere. Maritime communications in the past contemplated semi-duplex communications in which communication was carried out in only one direction at a time, however, new technologies already allow duplex communication and that correspond to the same HF and VHF technologies that are used by aircraft with a different band and respecting the legislation of each country.

The frequencies for maritime communications are given in two main groups: long-range operating in bands from 4 to 30 MHz with a worldwide coverage and in HF, the second frequency corresponds to short range in bands from 156 to 174 MHz in VHF. Ships and mobile communications also have their classification due to the size of the vessels, this is for communications between vessels and coastal stations. There are two types of communication bands that are: inshore which includes ships of up to 1600 tons, and the band for large transoceanic; for these last two cases frequency ranges of 4 kHz to 25097 KHz are used.

In the case of shipwrecks or dangerous situations, the beacons (frequency of 406 MHz) can communicate with the SARSAT-COSPAS system that corresponds to a set of search and rescue satellites (SAR) through which and by triangulation can locate signal emissions managing to locate the source of the signal and at the same time transmitting to aircraft and stations on the ground. Some international organizations related to maritime

defence and civil aviation recommend that ships and aircraft possess Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB) and Emergency locator transmitter (ELT), respectively. EPIRB allows localisation in case of accidents, while ELT facilitates location in emergencies. For personal location, in the water and on land, Personal Locator Beacons (PLB) are used. The satellites that operate with SARSAT-COSPAS technology and that allow the communication of the vessels are of two types, those that operate in low orbit called Low Earth Orbit (LEO) and those that operate in higher orbits called Geostationary Earth Orbit (GEOSAR).

E. Advances in the Communication Systems of military forces

Although in the previous sections the communications of a military nature, whether land, air and sea, referred to technologies for the transmission of voice, files and static images; currently, the concept of real-time applications of videos and data between teams is already being addressed, dynamic maps that provide information to identify risk areas. Communications today seeks to generate solutions as a unified entity allowing greater availability of information and accessibility for more military members.

Advances in Military Ground Communications

The use of Software Defined Radio or SDR has been proposed as an alternative due to its robustness, scalability and conditions for rapid deployment. This technology makes it possible to create an efficient and automatic communication network without the need for any prior infrastructure or frequency planning. An example of this type of solution is formed by the BNET family of radios of the multinational Rafael Advanced Defense Systems, which acts as the backbone of a communications network and offers key advantages by offering broadband, low delay and reliability in connectivity. An SDR radio communication option has different patented features that allow forces deployed in the field, mounted in vehicles or in the air, to operate even if the geographical and operational scenarios are highly complex.

BNET technology allows multi-band communications, IP-based network link (Internet Protocol), multichannel reception, and Mobile ad hoc Network (MANET) network management; these possibilities added to the low delay, scalability to more than a thousand terminals and its high level of integration, provide facilities to the user to configure their communications in complications and safely. High data speed and reliability provide a competitive advantage to battlefield actors. This technology has been adapted for the foot soldier (BNET -HH), for a useful backpack in tactical controls (BNET -MPS) and for fixed installations and vehicles (BNET-V).

Evolution of Tactical Communications Technologies.

Very Small Aperture Terminal (VSAT) Networks enable mobile, secure and real-time relays of information via satellites over commercial or government frequencies or a combination of both. Satellite antennas, modems and other related equipment have become smaller, lighter and more mobile, meeting the ideal requirements of size, weight and power (Shared Wireless Application Protocol, SWaP) to meet the demands of military users. Inmarsat Global Government, ViaSat, Hughes Government Solutions, Harris CapRock and Newtec are the major players in the field of VSAT service solutions, providing ever-higher specification offerings to an extremely competitive and fast-moving market.

Ethernet and VoIP networks have evolved in tactical scenarios increasing the need to integrate digital voice over IP (VoIP), file transfer, image and video transmission, and field web-based applications. The ICC-201 IP-based digital intercom system and the PRC-525 tactical combat network radio meet the needs mentioned

above, simultaneously improving connectivity, interoperability, flexibility and mobility. The EID tactical network provides equipment that the C4I technology customer needs to increase command, control and communications capability seamlessly, providing solutions to aid the deployment of state-of-the-art IP-based tactical networks, from simple cable-to-fibre-to-fibre Ethernet converters and vehicular power supplies to sophisticated, rugged servers, rugged routers/switches, radio access points, and radio-VoIP gateways. The ICC-201 digital intercom system is an IP-based concept that enables the integration and deployment of a robust, compact and seamless system.

A revolutionary technology is 3D printing and synthetic telepathy, whose technology employs a "brain-computer" interface, or "synthetic telepathy", which are emerging technologies after research in synthetic telepathy by scientists over the years. American researchers successfully demonstrated the use of one person's brain signals to control another person's hand in 2014. From signals obtained by electroencephalography (EEG) and enhanced by transcranial magnetic stimulation (TMS), these signals were delivered to the brain of a second subject. Synthetic telepathy could propose new communication alternatives if subsequent developments achieve applicability and solid evidence of the advantages of its use within the military.

According to the latest advances in physics and quantum computers of the current generation, quantum communications can be transmitted at reasonable distances on Earth and, according to the theory, much greater distances in space. The fact that the information has a different state at each moment and that when obtaining the information it can change makes quantum communications one of the safest anti-hackers. The only way to observe the photon is for it to interact with an electron or electromagnetic field, which would cause the photon to decoherence or interfere with it in a way that would only be apparent to the intended recipient in possession of the encryption key. The advantages of quantum communications in the military field will allow to quickly give orders to soldiers on the battlefield without fear that anyone will hack the information and manage to securely transmit the information to the headquarters for analysis without the possibility of enemy interference.

Advances in Aeronautical and Maritime Communications

BNET technologies also have solutions for the aeronautical field with the incorporation in aircraft with the BNET-AR version. However, there are new alternatives that allow widespread communication to air and sea-land systems; below are some of the most recent developments and projects in development.

Wireless Communication Technologies

The future of aeronautical communications is being developed around a new alternative called Free-Space Optical Technology (FSO) which corresponds to the type of Optical Wireless Communication (OCW). The two terms mentioned above and that are similar refer to the use of optical media in visible bands, infrared (IR) and ultraviolet (UV); for this, laser light or light-emitting diodes are used. This technology in development can provide better response times to sound communications and electromagnetic spectra. However, its use is still debated due to the variability of atmospheric conditions and distortions that can affect light patterns.

OCW technologies have five alternatives: ultra-short range, short-range, long-range and ultra-long-range OCW. These alternatives support not only aircraft without including people on foot, vehicles, aircraft, submarines and even satellites [O1]; an illustration of the interactions of OCW technology can be seen in Figure 4.

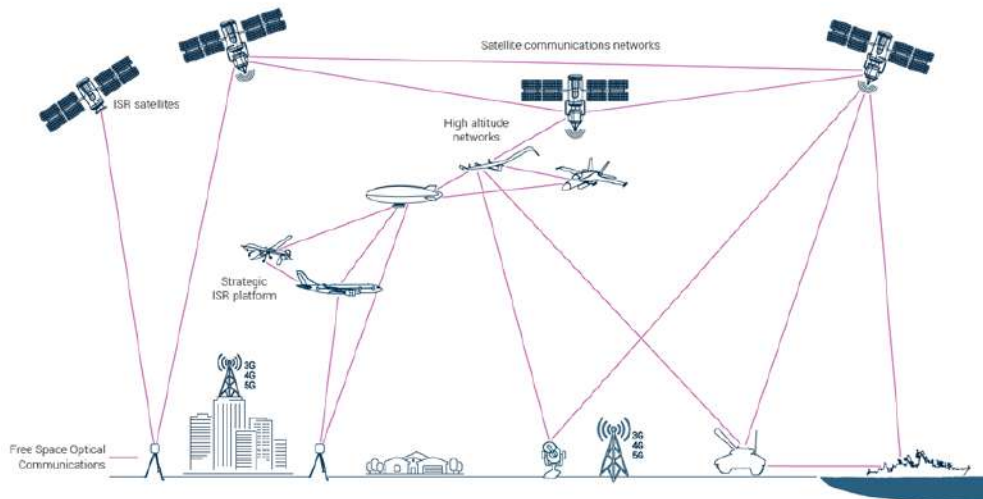


Fig 4. OCW Optical Wireless Communication Technologies for general communications between land, aeronautics and maritime.

Tropospheric Dispersion Communications

Although these communications have been used for years by military organizations for long-distance communications at multiple frequencies and in remote areas, they are currently considered to be used to use the lack of homogeneity in the troposphere to send signals transmitted to a receiver that uses high-gain antennas and that at the same time allow transmission in high powers of the order of 100 W and that commonly are mobile. The interest in the use of the dispersion of the troposphere considers the creation of more precise channels and multiple inputs and outputs (MIMO) transmission techniques which would improve reliability. The use of dual antenna is foreseen to avoid interruptions allowing the transmission of several dozen data in Mbps.

Many factors have been tried to solve for the application of this technology in the aeronautical field, such as the influence of altitude that decreases the density of the troposphere, presenting variations in altitude in the tropics and areas near the poles. The reason why, these technologies will be used in limited situations, but despite this, their information transmission speeds will prevent this technology from falling into disuse for a considerable time.

Near Vertical Incidence Skywave Communications (NVIS)

This type of communication works from the launch of waves in a high frequency spectrum HF in frequencies of 0.5 and 10 MHz, signals are sent with angles above 80° with respect to the horizontal direction and depending on the time of day and the variation of the refraction of the ionosphere, to take advantage of its refraction and provide ranges of hundreds of kilometers. Figure 5 illustrates the rebound effect of electromagnetic waves in the ionosphere for when they are sent at angles greater than 80° (NVIS) and when they are performed with smaller angles in which case transmissions are achieved at longer distances but with lower fidelity for frequencies used by NVIS.

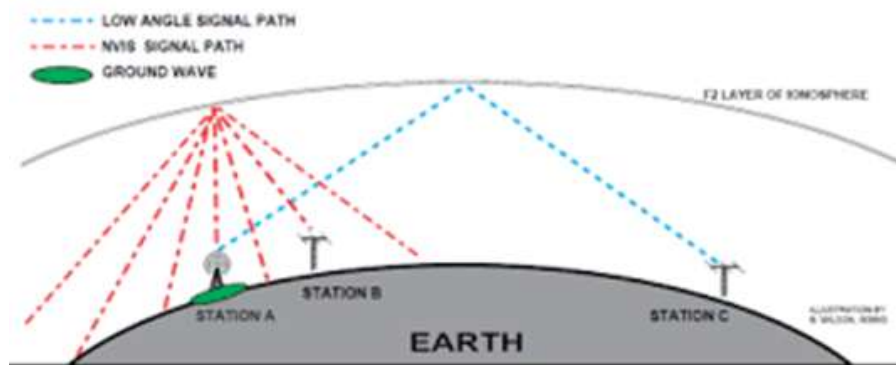


Fig 5. Tecnologías de comunicación Skywave de Incidencia Casi Vertical (NVIS)

The rebound with the almost vertical angle provides the communications system with a suitable alternative for regional aviation especially for reception, and this technology can also be used in drones through HF type modems that are adaptable to the changing conditions of the refraction of the ionosphere. If it is short messages of regional volume, NVIS offers a useful alternative for some air systems.

Orbital Angular Momentum (OAM) Transmission

Analogous to the use of electric field polarisation, angular momentum transmission gained attention more than a decade ago when the scientific community demonstrated the feasibility of optical wave propagation. Waves of OAM character are considered helical that can be configured with different modes and forms of energy density on the plane perpendicular to the direction of propagation. Higher-order modes of these waves are mostly attenuated according to distance, this technology is one of the most useful. At present, the scope for which it has been tested is insufficient. Still, this technology has the potential to better develop its coverage, as well as enjoying the possibility of a high rate of data transmission, so with a bit of development, it could become an alternative that leads in the future of aviation.

Orthogonal Time Frequency Space Modulation (OTFS)

It is a new two-dimensional modulation technique proposed by Chere Technologies that works from a Doppler effect with a coordinate system instead of the conventional time-frequency domain system. The system above has successfully operated in multiple access communications schemes (OFDM (A)), multiple access code division (CDMA), MA time division (TDMA) and MA frequency division (FDMA) according to [O2], in addition, it has been effective for the implementation and 5G technologies.

The transmission is carried out in the form of pulses as if it were a radar with intervals of repetition of a burst of pulses. According to the increase in the burst of pulses, a better resolution of the Doppler effect is achieved. This technique is improved by using equalization techniques to improve its performance; in addition to this, nonlinear equalization techniques are used to perform multiple frequency diversity, not only in the delay domain (as known as TDMA and CDMA) but also in the Doppler domain.

Machine Learning for Aviation Communications of the Future (ML).

The application of Machine Learning as a tool for the use of Artificial Intelligence has been studied and proposed for applications in aeronautical communications systems. The potential achieved by the application

of ML in communication lies in the creation of solid cognitive radio networks (CRN). Which is an adaptive network that self-regulates to automatically detect the multiple channels available in wireless network spectrums, enabling a greater number of simultaneous users. It is achieved through this technology to better employ the available resources effectively and reliably. There is strong evidence of the application of CRN in terrestrial communications and WRAN wireless regional area networks and most IEEE 802.22 standards for UHF/VHF and its TV bands between 54 and 862 MHz [45].

III. METHODOLOGY

The systematic review carried out in this document contemplated in a first search 226 articles of the IEEE Xplore (168) and SCOPUS (58) scientific bases, using a search of the keywords: Military communications, Communication protocols, Information transmission, Technologies. 50 documents that were repeated in the two bases were eliminated, later of the 176 documents, 125 screened were eliminated according to the title and abstract. Of the 51 articles considered, 14 were excluded, thus obtaining 15 articles that strictly addressed the appropriate topic to carry out this research work, the procedure can be seen in Figure 6.

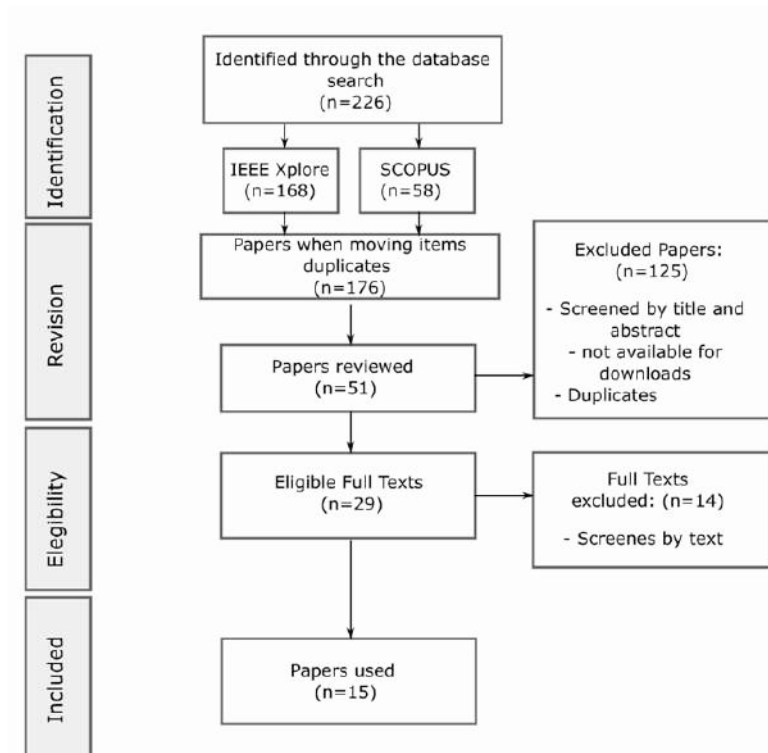


Fig 6. Workflow schema in reviewing reference documents

IV. RESULTS

Multiple technologies were found based on developments or improvements of existing and previously used technologies and new ones with the implementation of artificial intelligence and Machine Learning. In most of the communication technologies addressed, the communication frequencies that are most used correspond to HF for long distances and VHF for short distances with respect to fixed stations for both the aeronautical and maritime areas. There are methods that use technologies very different from those used in previous generations and that instead consist of quantum and extrasensory advances based on brain perceptions.

These technologies are still under development; however, they allow very high capacities compared to conventional technologies in data transfer capacity and brain signals by non-standardized but experimentally successful methods.

Electromagnetic effects, the emission of radar waves and sound, are being replaced by technologies of an optical nature due to their transmission speed and range. In addition, technologies have been proposed that take advantage of the dispersion of the ionosphere and allow the rebound of waves achieving short ranges but with high fidelity of communication.

CONCLUSIONS

Tactical communications on the battlefield have multiple alternatives in terms of communication protocols, equipment and technologies under development, and since the results take into account the participation of a swarm of satellites, they allow an improvement in accessibility for the military, which optimise communications options through the use of satellites. Cognitive radios, synthetic telepathy and quantum communications are now the buzzwords. India brings great developments.

Technological advances in the aeronautical field are highlighted by the use of electromagnetic waves, light and radio waves; these technologies employ frequencies commonly used in previous technologies. The capabilities in transmitting images, video and voice of the users have been significantly improved.

Many of the technologies used in the military-strategic field and its operations on land work to date in multiple countries. Given the variety of equipment, origins, and variable frequencies, the equipment has been developed that provides the flexibility to communicate with a multitude of bands and the same equipment.

REFERENCES

- [1] J. Ontivieros., «Comunicaciones Aeronauticas para el Futuro y Mas Allá,» In *Hispanaviación*, vol. 4, 2012. [On line]. Available: <https://www.hispaviacion.es/comunicaciones-aeronauticas-para-el-futuro-y-mas-alla-2/>
- [2] General Dynamics, « Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T)» In *Mission Systems*, 2022 [On line]. Available: <https://gdmissionsystems.com/communications/warfighter-information-network-tactical>
- [3] U.S. Army, «Army tactical communication network organization reflects on its rich history» in *Project Manager Warfighter Information Network-Tactical*, april 23 2021.
- [4] I. Pizarro, «El futuro de las comunicaciones tácticas en el campo de batalla actual: en tiempo real y en movimiento» in *C30 Millenium*, november 9 2020, [On line]. Available: <https://www.defensa.com/industria/futuro-comunicaciones-tacticas-campo-batalla-actual-tiempo-real>
- [5] Defense Review Asia, «The new palm-sized form factor shares the same technological advancements of the BNET family that include scalability, multi-channel reception, spectrum superiority, and more», in *PR NEWSwire*, 2022, [On line]. Available: <https://defencereviewasia.com/rafael-unveils-bnet-nano-software-defined-radio>.
- [6] Indra, «Indra está desarrollando el sistema de comunicaciones satelitales que portarán los grandes drones de defensa del futuro», in *Indra Company*, march 23 2022, [On line]. Available: <https://www.indracompany.com/es/noticia/indra-desarrollando-comunicaciones-satelitales-portaran-drones-defensa-futuro>
- [7] M. Cenk., H. Jamal., D. Matolak. « Potential Future Aviation Communication Technologies», in *IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, 2019, 30 April 2020, DOI: 10.1109/DASC43569.2019.9081679.

- [8] O. Pico., O. Guzman., «Futures trends of the aeronautical telecommunications network (ATN) and its contributions to the operational safety », in 2013 47th International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), 16 october 2014, DOI: 10.1109/CCST.2013.6922082.
- [9] S. Fahad., A. Trichili., N. Saeed., B. Ooi., M. Alouini. «Maritime Communications: A Survey on Enabling Technologies, Opportunities, and Challenges » in Emerging Technologies, 2022, arXiv preprint arXiv:2204.12824.
- [10] A. Bhardwaj. «5G for Military Communications », in Third International Conference on Computing and Network Communications, 2020, Vol 171, pp. 2665-2674.
- [11] A. Stroomer. «Technologies for next generation milsatcom », in IEE Colloquium on Military Satellite Communications, 2002, DOI: 10.1049/ic:19950344.
- [12] G. Yuxuan., L. yue., S. Penghi. «Research Status of Typical Satellite Communication Systems», in 19th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), 19 october 2021, DOI: 10.1109/ICOON53177.2021.9563909.
- [13] H. Min., S. Xiaoyu., W. Z. «Forward link outage performance of aeronautical broadband satellite communications », in Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2021, Vol 22, pp. 790-801.
- [14] F. Alqurashi, A. Trichili, N. Saeed, B. Ooi. «Maritime Communications: A Survey on Enabling Technologies, Opportunities, and Challenges», in Military Communications Conference, 2003, [On line]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2204.12824>
- [15] G. Capela., W. Low., L. Bastos. «5G for deployable and maritime communications», in International Conference on Military Communication and Information Systems (ICMCIS), 2021, 20 july 2021, DOI: 10.1109/ICMCIS52405.2021.9486397

LOS AUTORES



Niccolay Velastegui, Lieutenant Commander, Head of the Division of Naval Control of Maritime Traffic in the Naval Operations Command, nvelastegui@armada.mil.ec, Instructor Officer of the Naval War Academy since 2018, participation in Multinational Naval Exercises such as: UNITAS, PANAMAX, SOLIDAREX, TRANSAMÉRICA ,TRASOCEANIC, BELL BUOY, as part of the Operational and Tactical Planning Staff, "AMERICA AD HUMANITATEM" Medal awarded by the Inter-American Naval Telecommunications Network (USA), Distinction of the Inter-American Naval Telecommunications Network (USA-2022), Master in Management and Leadership in Education at UTPL. Operator Course of the CENTRIXS System (Combined Enterprise Regional Information Exchange System) (USA). Area of interest: Military Signals Systems and Education.



Estefanía Pavón, Army Signal Captain, Commander of the Signals Company No. 27 "PORTETE". Bachelor of Military Sciences Bernardo O Higgins Military School (Chile). Diploma in Military History of America (Chile). Diploma of the Pacific War (Chile). Leadership Course (EEUU). Instructor at the Signals School and the Jungle and Counterinsurgency School of the Ecuadorian Army from (2012-2015). Operations Officer of the Signals Company (2017-2022) Research Area: Military Signals Systems, Educational Pedagogy, Languages and Human Resources.



Hugo Jácome, Army Signal Lieutenant. Currently serving in the Signals Company No. 7 "LOJA", Bachelor of Military Sciences of the Ecuadorian Army University. English Military Instructor Course (Ecuador). Language Teaching Training Course (Canada). Coordinator of the English Department at Ecuadorian Army University (2018), English Military Instructor at Signals Headquarter (2018-2019), Military Instructor at the Ecuadorian Army School (2019-2020). Research Area: Military Signals Systems, Educational Pedagogy, Languages and Human Resources.



Freddy Torres, Air Force Aviation Pilot Lieutenant, Rescue Pilot "Combat Wing No.22", Graduated in Military Aeronautical Science, Armed Forces University. Security Officer (2212 Combat Squadron), TH-57A Sea Ranger Team Combat Pilot (22nd Combat Wing), Search and Rescue Seminar (221st Flight Group), RPAS OPERATOR AND RPAS INHIBITOR (COAD ELECTRONIC WAR), Technical Aeronautical English (Languages) Project Development Course (San Francisco de Quito University) Air Base Security and Defense Course (Air Infantry School). Research area: Helicopter Aerodynamics, Avionics, Leadership, Geopolitics, Security and Defense.



Melissa Pico, Army Signal Second Lieutenant, Ecuadorian Army. Signals Company No. 21 "CÓNDOR", Bachelor of Military Sciences of the Ecuadorian Army University. Leadership Certificate (EEUU) Master's student in Human Rights and Protection Systems (Spain). Research area: Human Rights, International Humanitarian Law, Military Signals Systems, Languages, and Education.

Análisis del levantamiento manual de cargas en operadores: evaluación de esfuerzos

Parreño Carolina

<https://orcid.org/0000-0001-5023-214X>

cdparreno1@utpl.edu.ec

Ingeniería en Logística y Transporte, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad Técnica Particular de Loja UTPL, Loja-Ecuador

Zúñiga Maria-José

<https://orcid.org/0000-0001-8040-9022>

majosezu30@gmail.com

Escuela Politécnica Superior del Chimborazo, Riobamba-Ecuador

Vargas Katty

<https://orcid.org/0000-0002-4832-1386>

gilyux@gmail.com

Hospital Guayaquil Abel Gilbert Pontón Guayaquil-Ecuador

Torres Alex

<https://orcid.org/0000-0001-6691-169X>

alejomar97@gmail.com

Department of Integrated Security, Tarqui Army Third Division, Ecuadorian Army, Cuenca-Ecuador

Recibido(21/04/2022), Aceptado (09/06/2022)

Resumen—En este artículo se presentan los resultados de las evaluaciones de los esfuerzos mecánicos asociados a la realización de tareas de levantamiento manual de cargas y que deben soportar los operadores en sus sitios de trabajo, considerando para ello los casos y posiciones más recurrentes. Este estudio se basa en un análisis estático de ciertas posiciones específicas del cuerpo humano, la transmisión de las fuerzas a través de la estructura musculoesquelética y generación de esfuerzos en puntos críticos del cuerpo. Adicional a esto se considera una revisión de los criterios de la Norma Técnica Española NTP-477. Existen puntos críticos de la estructura musculoesquelética que soportan esfuerzos de manera considerable, las recomendaciones y criterios proporcionados por la NTP-477 son pertinentes y aunque limitados, brindan un margen de seguridad adecuado para evitar lesiones en los trabajadores.

Palabras clave: levantamiento de cargas, operadores, esfuerzos mecánicos, NTP-477

Analysis of the Manual Lifting of Loads in Operators: Evaluation of Efforts

Abstract— This article presents the results of the evaluations of the mechanical stresses associated with the performance of manual lifting tasks of loads and those operators must endure in their workplaces, considering for this the most recurrent cases and positions. This study is based on a static analysis of certain specific positions of the human body, the transmission of forces through the musculoskeletal structure and the generation of efforts at critical points of the body. In addition to this, it is considered a revision of the criteria of the Spanish Technical Standard NTP-477. There are critical points of the musculoskeletal structure that support considerable efforts, the recommendations and criteria provided by the NTP-477 are relevant and although limited, provide an adequate margin of safety to avoid injury to workers.

Keywords: lifting loads, operators, mechanical stresses, NTP-477



I. INTRODUCCIÓN

El levantamiento y mal manejo de las cargas en operadores de la industria son causas comunes de la aparición de fatiga física y lesiones que a su vez pueden ocasionarse a consecuencia de pequeños traumatismos que pasan desapercibidos [1]. Como producto de estas afectaciones se pueden generar contusiones, heridas, fracturas y lesiones de carácter musculoesquelético, siendo las zonas más comunes y afectadas las que corresponden a los miembros superiores, espalda y sobre todo en la zona dorsolumbar. A pesar de que las lesiones, antes mencionadas, no implican riesgos mortales, requieren de largos períodos de recuperación, tiempo en el cual, el trabajador queda incapacitado para realizar su trabajo y actividades con normalidad.

Según lo expresado en la guía técnica del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la carga máxima de compresión para la aparición de riesgo de lumbalgia es de 3.4 kN [2]. La disposición de la carga puede generar un momento que transmita esta carga hacia las vértebras y crear riesgos en la zona dorsolumbar.

En este documento se realizará evaluaciones mecánicas sobre esfuerzos en la articulación de la zona glenohumeral y de compresión de la zona lumbar que corresponde a las vértebras de la L1 a L5 debido a ciertas posiciones estáticas en las que se levanta comúnmente la carga [3], se evaluó la influencia de la posición de la carga sobre la magnitud de esfuerzos y se contrastarán estos resultados con las recomendaciones propuestas por la nota técnica NTP-477.

En este artículo se presenta en la sección de desarrollo las evaluaciones de los esfuerzos en función de posiciones y cargas variables, en la sección de metodología se detallan los criterios y fundamentos matemáticos empleados en las evaluaciones de esfuerzos, momentos y fuerzas. En la sección de resultados se describen los criterios de referencia, hallazgos obtenidos y finalmente se presentan las conclusiones.

II. DESARROLLO

La Norma Técnica de Prevención NTP-477 [2], considera el levantamiento de la carga basando su estudio en distancias horizontales, verticales, una serie de parámetros que permiten el empleo de la ecuación de NIOSH (1) y el índice de levantamiento de carga (2).

$$LPR = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM \quad (1)$$

en donde, LC es la constante de carga, HM es el factor de distancia horizontal, VM es el factor de altura, DM es el factor de desplazamiento vertical, AM es el factor de asimetría, FM es el factor de frecuencia, CM es el factor de agarre.

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{\text{carga levantada}}{\text{límite de peso recomendado}} \quad (2)$$

El índice de levantamiento es un valor de referencia para la comparación de los casos y un mayor número de este índice implica un mayor riesgo. La carga levantada se considera en kg y el límite de peso recomendado (LPR) se evalúa con ayuda de (1). Las ecuaciones antes descritas se emplean con referencia a la disposición de variables según el esquema gráfico de la figura 1.

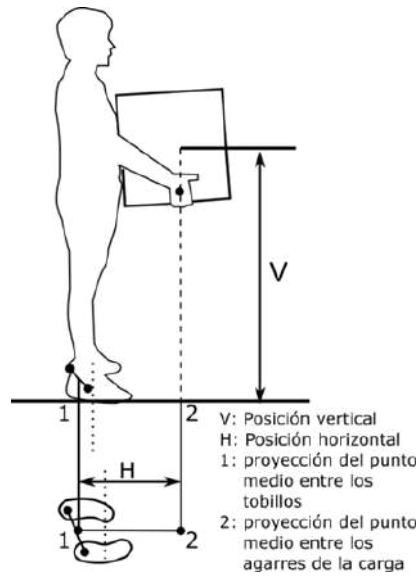


Fig 1. Identificación de parámetros para el levantamiento de cargas

Como se aprecia en la figura 1, los parámetros V y H hacen referencia a la posición vertical y horizontal del punto de sujeción de la carga, respectivamente [4]. En la NTP 477 se especifica consideraciones para cuando la carga se ubica horizontalmente a una distancia mayor y menor a 25 cm. Adicional a esto, se considera que una distancia horizontal H mayor a 63 cm puede dar lugar a un levantamiento con pérdida de equilibrio.

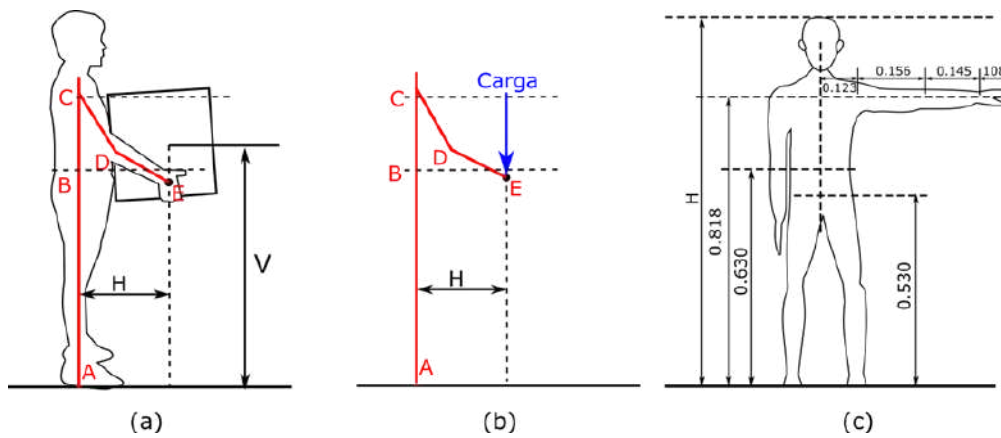


Fig 2. Identificación de parámetros para el levantamiento de cargas

Existen múltiples consideraciones para el estudio de los esfuerzos que deben soportar los brazos y la zona lumbar de los operadores en sus labores de carga [5], por ejemplo, la resistencia de la estructura musculoesquelética se compone de un conjunto de músculos que en ocasiones son quienes soportan toda la carga o su mayor parte y en otras ocasiones son los huesos los que contribuyen asumiendo la resistencia a la mayor parte de las cargas aplicadas.

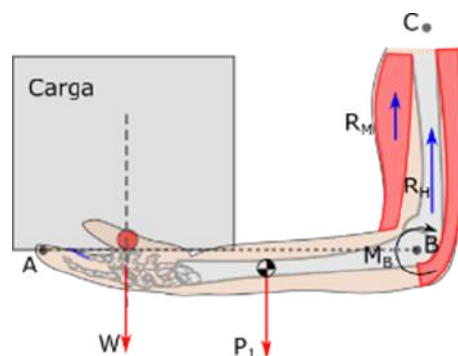


Fig 3. Esquema de fuerzas implicadas en el proceso de levantamiento de cargas.

La figura 3 presenta un esquema de la distribución de fuerzas que soporta el brazo en la que W representa el peso de la carga, P_1 es la carga del peso de la porción de brazo que está entre los puntos A y B [6]. Se observa, además, que existen dos tipos de reacciones R_M y R_H . Las reacciones de tipo R_M corresponden a la fuerza de reacción que ejecutan los músculos para mantener la porción de brazo AB en la posición de la figura para lo cual el musculo deberá comprimirse en la parte delantera y estirarse en la parte trasera. La fuerza R_H es la fuerza que soporta el hueso para evitar que el conjunto carga-brazo (porción A-B) caigan al piso.

Para definir y estudiar las fuerzas que se distribuyen en la zona de la articulación glenohumeral, se considera de utilidad el criterio propuesto en el estudio de [7], en cuyo documento se abordan aspectos sobre la resistencia considerada en el diseño de implantes de brazos completos que se rigidizarán en la zona del hombro y cuyas fuerzas se aproximan a las máximas tolerables en condiciones reales evaluadas en actividades rutinarias del diario vivir.

La fuerza de contacto del hombro durante el levantamiento de una carga posee límites como los que se destacaron en la figura 4 en la que se toma en cuenta a una persona levantando una caja desde la parte inferior hasta ubicar la carga por encima de su cabeza. Un valor de referencia obtenido en un estudio propone que el contacto que se realiza en la región glenohumeral puede llegar al 50% del exceso del peso del cuerpo humano [8], con lo cual, si se estima un peso de 70.2 kg que corresponde al peso de una persona promedio para el caso del Ecuador, entonces esta fuerza máxima podría considerarse de 105.3 Kg. Si se toma en cuenta el valor anterior como límite superior, se podrá determinar con el estudio del esfuerzo mecánico, los límites en carga y distancia para los cuales esto implica riesgos considerables sin tomar en cuenta el criterio de [7] que concluye que la resistencia muscular varía con el tiempo para el levantamiento con mano dominante (PD), mano no dominante (PN) y para cuando la carga está siendo trasladada en la mano dominante (TD) y la mano no dominante (TN). Según la figura 3b, la fuerza de compresión que puede realizar un músculo varía en función inversa al tiempo en el que realiza dicho trabajo.

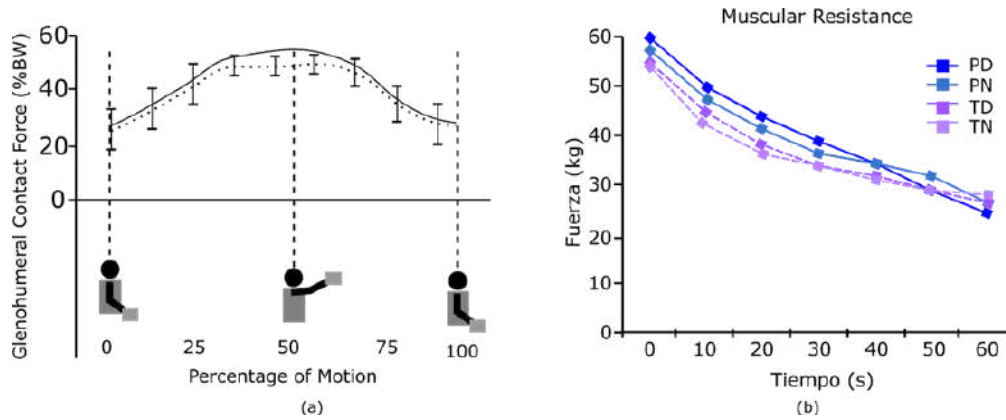


Fig 4. (a) Fuerza de contacto en la zona glenohumeral debido al movimiento de una carga respecto del peso del cuerpo, (b) reducción de la resistencia a la compresión muscular en función del tiempo.

La fuerza de contacto que se ha establecido como límite máximo en base al estudio de [9], se distribuye en la junta presentada en la figura 4 en la que estas fuerzas se descomponen en fuerza de compresión F_c y fuerza cortante F_s , predominando la fuerza F_s .

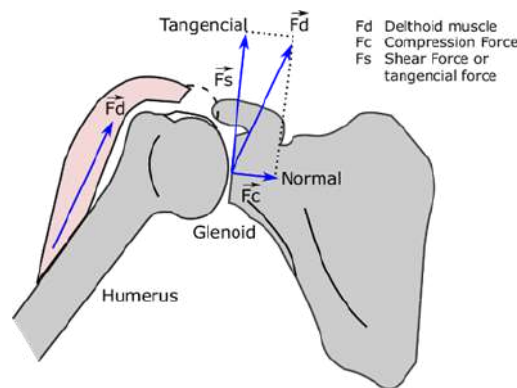


Fig 5. Fuerzas asociadas a la junta en la zona Glenohumeral

Una vez explicado el fenómeno de transmisión de fuerzas [10] hacia la región del hombro (figura 3), se empleó para el análisis mecánico, la formulación para la determinación del esfuerzo cortante [11] de la ecuación 2.

$$\tau = \frac{F_s}{A} \quad (2)$$

en donde, τ es el esfuerzo cortante en Mpa, F_s es la fuerza cortante y A es el área en m². El valor del momento generado por la carga y el peso del brazo, puede determinarse con el uso de la ecuación 3 [12], adicional a esto, las distancias deben considerarse como variables a fin de observar como varía el esfuerzo en la junta glenohumeral.

$$M = F * d \quad (3)$$

en donde M es el momento generado por una fuerza F aplicada a una distancia . Debido al efecto de las fuerzas W y P y considerando la expresión de la ecuación 3, se tendría la ecuación 4 como sigue:

$$M = W(0.186H\text{sen}\theta_1 + 0.46H\text{cos}\theta_2 + 0.054H) + P(0.186H\text{sen}\theta_1 + 0.23H\text{cos}\theta_2) \quad (4)$$

en donde, es la estatura del trabajador, son los ángulos del antebrazo y brazo que se han obtenido a partir de las proporciones de la figura 3c [13] y se han graficado conservando sus proporciones en las distintas posiciones para la sujeción levantamiento de una carga a distintas distancias respecto del eje central del trabajador. Se consideraron para la figura 5, posiciones horizontales para la carga en un rango de valores de los 25 hasta los 60 cm en incrementos de 5 cm.

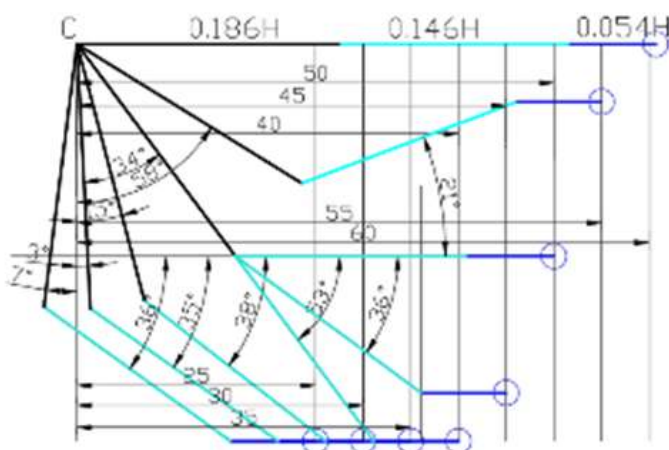


Fig 6. Distintas posiciones del Antebrazo y Brazo para el levantamiento de una carga

La figura 6 presenta unas líneas negras que corresponden al antebrazo, las líneas de color cyan representan el brazo y la línea azul es la mano de un trabajador. Se ha dibujado estas longitudes en función de las proporciones de la figura 3c. se observan los ángulos de inclinación que son empleados en la ecuación 4 a partir de los cuales se puede determinar la torsión y el esfuerzo torsor en la junta de la zona glenohumeral (figura 7).

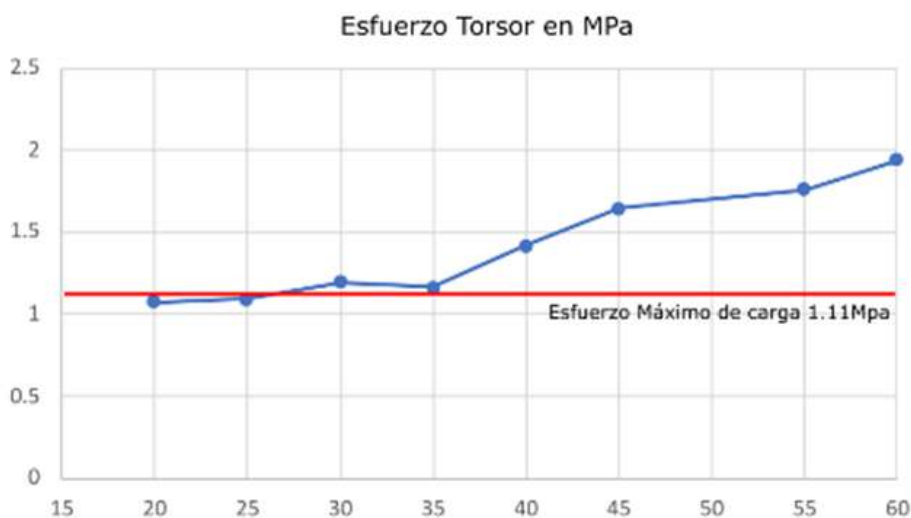


Fig 7. Esfuerzo torsor aplicado en la junta Glenohumeral debido al levantamiento de una carga con una sola mano

La línea roja de la figura 7 hace referencia al esfuerzo cortante máximo que puede ser soportado por la junta glenohumeral y debido a la fuerza de contacto máxima que se especifica en la figura 4a. por otra parte la línea azul corresponde al esfuerzo cortante por torsión debido al efecto de la carga y su distancia horizontal al ser elevada. Ambos esfuerzos cortantes se compararon debido a su naturaleza. Según la gráfica, una distancia superior a los 35 cm con una carga que 20 libras generará un esfuerzo similar al de límite máximo recomendado en el estudio de [7].

Se observa en la figura 7 que el esfuerzo torsor aplicado en la región del hombro se incrementa de forma considerable cuando la distancia supera los 35 cm medidos de forma horizontal desde el punto C (figura 2a). EL esfuerzo se mantiene con poca variación y bajos valores para distancias menores a 25 cm. Este valor de 25 cm también es tomado en cuenta como punto de referencia en la nota NTP-4, para el cálculo del factor de distancia horizontal requerido en la ecuación de NIOSH. Según lo comentado en NTP-477, cuando una carga se encuentra a una distancia horizontal mayor a los 63 cm el operador puede someterse a situaciones de pérdida de equilibrio, por lo cual se recomienda no sobrepasar ese límite, mientras que se considera que valores menores a 25 cm posee una mejor condición de carga y mejor estabilidad.

III. METODOLOGÍA

A. Evaluación del Esfuerzo Mecánico aplicado a la región glenohumeral.

Para el cálculo del esfuerzo que se aplica en la zona glenohumeral se han considerado criterios de análisis mecánicos, a partir de los cuales, se calculó la torsión transmitida por el efecto de una carga ubicada a distancias variables y horizontales respecto del punto de la zona del hombro. Por otra parte, se calculó el esfuerzo cortante de acuerdo a la fuerza de contacto máxima actuando como fuerza tangencial en la misma zona de la estructura musculoesquelética [14]. Para la determinación del momento realizado por la carga y de acuerdo con las posiciones del antebrazo, brazo y mano, se realizaron un conjunto de esquemas gráficos con las posiciones para distintas distancias horizontales y tomando en cuenta las proporciones antropométricas para la población ecuatoriana. Como primer aspecto a resolver se realizaron esquemas gráficos para hallar las posiciones del brazo, antebrazo y mano cuando se sujeta una carga a una distancia horizontal del hombro hasta que se la eleva a la altura del hombro.

B. Revisión de los criterios de la NTP-477.

Se realizó una revisión de los aspectos relacionados con el levantamiento manual de cargas que se aborda en la NTP-477, en la misma que existen valores de referencia para permitir que el trabajador opere en buenas condiciones minimizando el riesgo de adquirir lesiones de carácter lumbar o dolores en la zona glenohumeral [15], algunas de estas consideraciones se tomaron en cuenta en este estudio. Se consideraron algunos parámetros como la distancia horizontal hasta la carga desde el plano Sagital del cuerpo del trabajador, parámetro empleado en la solución de la ecuación de NIOSH abordado en la norma Técnica de Prevención NTP 477. Se contrastó el estudio mecánico con los criterios descritos en la norma NTP 477 para corroborar la fiabilidad de este método y las fuerzas que se toman en cuenta como máximas en el estudio del levantamiento de cargas en los trabajadores.

IV. RESULTADOS

A partir del desarrollo del presente trabajo, se hallaron estudios sobre la resistencia muscular en compresión, presentándose estudios que sustentaban que la fuerza con la que un musculo puede contraerse para ejecutar un trabajo, se ve reducida notablemente con el tiempo de tal manera que en un tiempo de 60 segundos, la fuerza que el musculo puede aplicar se ha reducido a un 20% de su capacidad.

De la realización del análisis mecánico de los esfuerzos aplicados durante el levantamiento de la carga, se halló una posición crítica cuando el operador levanta una carga a una distancia mayor a los 25 cm respecto de la posición del hombro, en cuyo caso el esfuerzo se ve incrementado considerablemente y de forma lineal generando riesgos considerables, tomando como referencia una carga de 20 libras.

NO se han considerado criterios de estabilidad a más de lo contemplado en la normativa NTP 477 en la cual existe una distancia segura que permite la estabilidad del trabajador cuando este eleva una carga a una distancia horizontal considerable y en todos los casos menores a 63 cm. Los cálculos se han determinado considerando que el apoyo del trabajador es firme y no contempla desequilibrio de ningún tipo en la posición de carga. Adicional a esto, no se ha contemplado el estudio para cargas repetitivas, que puede ser motivo de estudios posteriores.

CONCLUSIONES

El análisis mecánico realizado en este estudio proporciona información sobre la distancia horizontal máxima con respecto al eje vertical del cuerpo humano con un valor de 25 hasta 35 cm para elevar una carga de 20 libras, rango en el cual, el esfuerzo cortante aplicado en la zona glenohumeral es estable y reducido frente a distancias mayores a 35 cm en las cuales los valores de los esfuerzos se incrementan de manera proporcional contribuyendo con mayores riesgos de traumatismos en las zonas glenohumeral y dorsolumbar.

La estabilidad para mantener firme una carga sin riesgos de caída depende en gran manera de la posición de los pies con respecto a su distancia de separación, la posición del centro de gravedad del operador, la posición horizontal de la carga, la magnitud de la carga, el tipo de sujeción, la distancia vertical y otros múltiples parámetros que se emplean en la ecuación de NIOSHI contemplada en la Norma Técnica de Prevención NTP 477 propuesta por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad en el Trabajo.

No se considera en los estudios convencionales múltiples parámetros como la influencia de la fuerza de compresión frente a cargas repetitivas ni la reducción de la fuerza en función del tiempo de sujeción, adicionalmente no se consideran estudios que contemplen más de una carga, como es el caso de actividades del ejército en las que se realizan tareas de carga y transporte usando a la vez mochilas o cargando armamento de peso considerable por tiempos prolongados.

REFERENCIAS

- [1] L. Ruiz, «Manipulación Manual de Cargas Guía técnica del INSHT,» Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, pp. 1-30, 2022.
- [2] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, «NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH,» Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, pp. 1-10, 1998.
- [3] J. Restrepo y M. Molina, «Vértebra limbus, rara causa de dolor lumbar en jóvenes,» Revista Colombiana de Reumatología, vol. 27, nº 2, pp. 120-122, 2019.
- [4] SEISAO, «Métodos de Evaluación de Levantamiento Manual de Carga,» Colibri Publicidad, 30 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://seinsaoecuadoruio.com/metodos-de-evaluacion-de-levantamiento-manual-de-carga/>. [Último acceso: 2022 jun 20].
- [5] M. Mendinueta, Y. Herazo, R. Rebolledo y R. Polo, «Differences in postural risk and in the perception of musculoskeletal diseases in urban transport,» Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, vol. 36, nº 6, pp. 174-178, 2017.
- [6] Ergonautas, «Bio-Mec,» Universidad Politécnica de Valencia, 2022. [En línea]. Available: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>. [Último acceso: 2022 jun 20].
- [7] J. Barrionuevo, D. Furctuoso, E. Hernández y I. Martínez, «Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Tornado,» Apuntes Sport Medicine, vol. 42, nº 156, pp. 161-168, 2007.
- [8] C. Klemt, J. Rpinold, S. Morgans, S. Herrero, D. Nolte, P. Reilly y A. Toro, «Analysis of shoulder compressive and shear forces during functional activities of daily life,» Clinical Biomechanics, vol. 54, pp. 34-41, 2018.
- [9] S. Mebarki, B. Aour, F. Jourdan, E. Malachane y A. Haken, «A Study of the Biomechanical Behavior of the Implantation Method of Inverted Shoulder Prosthesis (BIO-RSA) under Different Abduction Movements,» Bioengineering, vol. 6, nº 1, 2019.
- [10] C. Klemt, Prinold, S. Morgans, S. Smith, D. Nolte, P. Reilly y A. Bull, «Analysis of shoulder compressive and shear forces during functional activities of daily life,» Clinical Biomechanics, vol. 54, pp. 34-41, 2018.
- [11] G. Seckin, N. Seckin y R. Yurtal, «Boundary shear stress analysis in smooth rectangular channels,» Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 33, nº 3, pp. 106-110, 2006.
- [12] H. Naohum, «Moment-to-force ratio,» American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics, vol. 134, nº 2, pp. 176-177, 2008.
- [13] S. Detro, «Ergonomía,» [En línea]. Available: https://docs.ufpr.br/~silvana.detro/Ergonomia/Aula%2004_Antropometria.pdf. [Último acceso: 21 jun 2022].
- [14] S. Oiseth, L. Jones y E. Maza, «Lecturio,» 9 march 2022. [En línea]. Available: <https://www.lecturio.com/es/concepts/complejo-articular-del-hombro/>. [Último acceso: 21 jun 2022].
- [15] Gobierno de Aragón, Manipulación Manual de cargas, Aragón : Secretaría de Industria, Innovación, Salud Laboral y Medio Ambiente de UGT Aragón, 2009.

LOS AUTORES



Carolina Parreño, Master universitario en Dirección Logística Universidad Internacional de la Rioja (España), Ingeniera en Gestión de Transporte Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador), Docencia Universitaria 2018-2020 Universidad de las Fuerzas Armadas 2021 hasta la presente fecha Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) Directora de la carrera de Ingeniería en Logística y Transporte 2021 hasta la presente fecha. Áreas de investigación Transporte,



Katty Yuxeky Vargas Romero, Educación superior Médico general graduada en el Universidad de Guayaquil, Máster en infecciones por el Virus de inmunodeficiencia Humana, Máster en Seguridad y salud del trabajo.



María José Zúñiga, Médico General , Máster en Salud Ocupacional, , proyectos encaminados al seguimiento del impacto generado como consecuencia de la pandemia por COVID-19, además de vigilancia de la salud de los pacientes.



Alex Martín Torres Jumbo, Artillery Major, Ecuadorian Army, Tarqui Army Third Division, Head of the Department of Integrated Security. Bachelor of Military Sciences, "Eloy Alfaro" Military High School (Ecuador). Instructor of the Training Center and Joint Anti-Aircraft Artillery "Tcrn. Octavio Icaza" School of the Joint Command of the Armed Forces of Ecuador 2004-2006. General Inspector of the Armed Forces Educational Unit. Military College No. 1 "Eloy Alfaro"; 2017-2018. Research area: Human Resources, Safety and Accident Prevention, Flight Safety and Human Factors, Investigation of Occupational Accidents in the Armed Forces, Safety, Health and Environment Management Administration, Error Management.

Estilos y formas de aprendizaje en la educación universitaria

Ana Cecilia De Paz Lazaro
<https://orcid.org/0000-0001-6121-422X>
adepaz@unab.edu.pe
Universidad Nacional de Barranca
Barranca – Perú

Yorrlanka Evelin Damian Espinoza
<https://orcid.org/0000-0002-5029-249X>
ydamian@unab.edu.pe
Universidad Nacional de Barranca
Barranca – Perú

Hernán Edwin Verde Luján
<https://orcid.org/0000-0002-1059-1057>
hverde@unab.edu.pe
Universidad Nacional de Barranca
Barranca – Perú

Recibido(15/04/2022), Aceptado (19/06/2022)

Resumen—En este trabajo se discuten los diferentes estilos de enseñanza-aprendizaje y cómo se pueden aplicar a la educación universitaria. Es un error común pensar que solo hay tres estilos de aprendizaje: visual, auditivo y cinestésico. En realidad, existen nueve estilos de aprendizaje diferentes que se pueden aplicar a la enseñanza-aprendizaje universitaria. Con un análisis bibliográfico, se explorarán estos nueve estilos de aprendizaje diferentes y cómo se pueden utilizar en el entorno del salón de clases. Además, se explorarán las técnicas y estrategias de enseñanza en la educación universitaria. También se discutirá la importancia de estas técnicas y cómo se pueden mejorar, tomando en cuenta tres métodos diferentes: aprendizaje activo, aprendizaje colaborativo y aprendizaje autodirigido, tomando en cuenta la integración de la tecnología en su diseño. Finalmente se hará una disertación sobre las nuevas formas de enseñanza para la formación de profesionales para la industria 4.0 y las nuevas exigencias laborales.

Palabras clave: enseñanza universitaria, educación 4.0, formas de aprendizaje, técnicas de enseñanza.

Styles and forms of learning in university education

Abstract— This paper discusses the different teaching-learning styles and how they can be applied to university education. It is a common misconception that there are only three learning styles: visual, auditory, and kinesthetic. There are nine different learning styles that can be applied to university teaching-learning. With a literature review, these nine different learning styles and how they can be used in the classroom setting will be explored. In addition, teaching techniques and strategies in university education will be explored. The importance of these techniques and how they can be improved will also be discussed, considering three different methods: active learning, collaborative learning, and self-directed learning, taking into account the integration of technology in its design. Finally, a dissertation will be made on the new forms of teaching for the training of professionals for industry 4.0 and the new labor demands.

Keywords: university education, education 4.0, ways of learning, teaching techniques.



I. INTRODUCCIÓN

La mejor manera de brindar a los estudiantes una educación apta para ellos, es atender sus estilos de aprendizaje individuales. Es necesario entender qué tipo de aprendiz es un estudiante y luego enseñarle de una manera que le ayude a aprender de manera más efectiva. En este sentido es importante saber que hay tres tipos principales de aprendices: visuales, auditivos y cinestésicos. Los aprendices visuales aprenden mejor al ver la información presentada frente a ellos. Los aprendices auditivos aprenden mejor escuchando la información que se habla en voz alta o escuchándola leer en voz alta. Los aprendices cinestésicos aprenden mejor cuando pueden interactuar físicamente con el material que están estudiando, como leerlo en voz alta o escribirlo en un papel [1], [2].

Es importante señalar que el proceso de enseñanza-aprendizaje es el proceso mediante el cual se transfiere el conocimiento de una persona a otra. Además, se puede definir como el proceso de transferencia de conocimientos de un profesor a un alumno. Este proceso se puede dividir en cuatro pasos principales: preparación, presentación, retroalimentación y evaluación. Sin embargo, estos cuatro pasos también se denominan ciclo de enseñanza [3]. En este sentido, es importante que los maestros entiendan que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera y deben ajustar sus estilos de enseñanza en consecuencia, asegurándose de saber cómo aprenden sus alumnos antes de comenzar a enseñarles para aumentar la participación de ellos y los niveles de comprensión [4].

En este sentido, es importante destacar que las nuevas tendencias globales de tecnología afectan también a la educación y, por ende, los métodos de enseñanza en la educación universitaria están cambiando. En este sentido se ha visto que el formato tradicional de estilo de conferencia no es la mejor manera de aprender, por lo tanto, los estudiantes deben estar comprometidos y motivados, pero también deben colaborar con otros estudiantes y recibir comentarios de sus compañeros. De esta manera, se ha observado que hay muchas maneras a través de las cuales los estudiantes pueden aprender en un entorno universitario [5]. Por su parte, hay algunos profesores que usan métodos más tradicionales como dar conferencias, mientras que otros usan técnicas más avanzadas como aulas invertidas o MOOC (cursos masivos abiertos en línea) [3].

Las técnicas de enseñanza cobran cada vez más importancia en la formación universitaria. Estas técnicas se pueden utilizar para ayudar a los estudiantes a aprender mejor y hacer que el proceso de aprendizaje sea más interactivo [6]. Son muchas las técnicas didácticas que se pueden utilizar en la formación universitaria, como, por ejemplo:

- Clases magistrales: las clases magistrales son una forma de enseñanza donde el profesor habla a la clase sobre un tema.
- Demostraciones: las demostraciones implican que los profesores muestren a los alumnos cómo hacer algo haciéndolo ellos mismos.
- Trabajo en grupo: el trabajo en grupo es cuando los estudiantes trabajan juntos en grupos en una tarea o proyecto, a veces con un estudiante designado como líder.
- Aprendizaje colaborativo: el aprendizaje colaborativo es cuando los estudiantes trabajan juntos en tareas o proyectos sin un líder designado.

En este trabajo se abordan los estilos de aprendizaje en contraste con las formas de aprendizaje, para conocer su correspondencia a las nuevas técnicas de enseñanza y a las nuevas exigencias laborales, de tal manera que sea posible conocer el rol del docente en la educación actual y cómo las universidades deberán transformarse para que los profesionales del futuro puedan cubrir las demandas laborales en la industria moderna [7].

II. DESARROLLO

En la educación universitaria, los profesores deberían poder adaptar la instrucción de acuerdo con los nueve estilos de aprendizaje, estos pueden clasificarse según sean visual, auditivo, verbal/lingüístico, lógico-matemático, corporal-kinestésico, intrapersonal, interpersonal y naturalista. Al enseñar de acuerdo con estos nueve estilos de aprendizaje, proporciona una mejor comprensión de cómo aprenden los estudiantes y qué tipo de estilo de enseñanza necesitan. Algunas personas son aprendices visuales, mientras que otras prefieren recibir información a través de sus oídos. Estos nueve estilos de aprendizaje diferentes se pueden usar para ayudar a los estudiantes a aprender de manera más efectiva en el salón de clases [8].

En el pasado, las universidades solo se enfocaban en la enseñanza y el aprendizaje. Pero ahora, hay nuevas formas de aprender en la universidad, por ejemplo, pueden usar la tecnología para ayudarlos a aprender mejor [9]. Algunas universidades han comenzado a utilizar herramientas de aprendizaje impulsadas por IA para ayudar a los estudiantes con sus estudios. Han visto un aumento en las calificaciones y las tasas de retención después de implementar estas herramientas.

El propósito de la educación es proporcionar a los alumnos las habilidades y el conocimiento que necesitan para tener éxito en el futuro. Por eso es importante que los educadores encuentren formas efectivas de enseñar a los estudiantes cómo aprender. En un entorno universitario, los educadores se enfrentan a una multitud de desafíos al tratar de mantenerse al día con las necesidades cambiantes de sus estudiantes [10]. Para ayudar a hacer frente a estos desafíos, muchas universidades han comenzado a adoptar nuevos métodos y tecnologías de enseñanza que pueden ayudar a los estudiantes a participar y motivarse más en el aula [11]. El proceso de enseñanza en la educación universitaria es complejo. No debe verse como un proceso efímero y pasivo, sino activo. El docente debe comprometerse con los estudiantes, crear un ambiente de aprendizaje positivo y motivar a los estudiantes a asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje.

A.La educación 4.0

Se acerca una nueva era de la educación. Estamos pasando del sistema educativo tradicional a la era digital. La nueva era de la educación se llama Educación 4.0, que es un modelo educativo que adopta la tecnología para hacer que el aprendizaje sea más interactivo, personalizado y efectivo para todos los alumnos. También hace que el aprendizaje sea más accesible y asequible para todos en el mundo. La idea de la educación 4.0 es crear un entorno de aprendizaje en el que los estudiantes participen más y tengan más oportunidades de aprender [1], [10], [12]. Es un modelo educativo que incluye el uso de herramientas digitales para enseñar, aprender y evaluar. En esta nueva forma de educación, los maestros pueden usar herramientas basadas en inteligencia artificial para generar lecciones personalizadas para sus alumnos. Además, también pueden proporcionarles comentarios sobre su progreso u ofrecer sugerencias para mejorar.

El término "4.0" hace referencia a la cuarta generación de tecnologías basadas en Internet, que se caracterizan por el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático. La cuarta revolución industrial ha cambiado significativamente la educación y la formación. La era digital ahora está influyendo en todas las áreas de nuestras vidas, incluida la educación [8]. Con la introducción de nuevas tecnologías en la educación, se hace posible personalizar la educación para cada estudiante individual y proporcionar un conjunto más diverso de cursos que se adaptan a diferentes intereses y conjuntos de habilidades. Este nuevo sistema tiene muchos beneficios sobre las formas tradicionales de educación: brinda una experiencia personalizada para los estudiantes, fomenta el aprendizaje permanente, permite rutas de aprendizaje flexibles y brinda acceso a la información desde cualquier parte del mundo en cualquier momento.

Con este sistema actualizado de la educación, debemos centrarnos en tres cosas: habilidades, competencias y actitudes. Las habilidades son lo que sabemos hacer, las competencias son en lo que somos buenos y las actitudes son lo que sentimos acerca de nosotros mismos. Deberíamos centrarnos en desarrollar estas tres áreas para proporcionar un mejor sistema educativo para nuestros estudiantes.

Las habilidades que se requieren para tener éxito en el futuro están cambiando. La forma en que aprendemos también está cambiando y debemos adaptarnos a este nuevo entorno. En un mundo donde la automatización está cada vez más presente, es importante para nosotros poder trabajar con estas máquinas y comprender cómo funcionan para que puedan ayudarnos en lugar de reemplazarnos. Esto será una necesidad si queremos que nuestros hijos tengan la oportunidad de tener éxito en el futuro. Además, las exigencias laborales también han sufrido una transformación en los últimos años, que obliga a la transformación de los entornos sociales y, por ende, a la educación [12].

B. La industria 4.0 y la educación universitaria

El sistema educativo universitario necesita adaptarse a las nuevas exigencias de la industria 4.0. Ya no se trata de los títulos y diplomas, sino de las habilidades, capacidades y formas de aprendizaje que son relevantes para el entorno laboral actual. Con el fin de preparar a los estudiantes para sus futuras carreras, las universidades deben brindar más experiencia práctica en la industria 4.0 y otras tecnologías emergentes. El futuro se trata de aprender cómo aprender, no solo qué aprender. El sistema educativo debe enseñar a los estudiantes a desarrollar sus habilidades y destrezas para que puedan adaptarse y seguir aprendiendo a lo largo de su vida [13].

La educación ha sido tradicionalmente un proceso unidireccional, siendo los docentes los únicos encargados de entregar el conocimiento a los estudiantes. Este modelo tradicional, sin embargo, no es tan efectivo como lo era antes, en gran parte debido a los cambios que se han producido con la tecnología y la forma en que aprendemos hoy. Las nuevas demandas de la industria 4.0 exigen una forma diferente de comprender y enseñar conjuntos de habilidades que están diseñadas para este mundo que cambia rápidamente [14]. Necesitamos pensar en las habilidades que se requerirán en el futuro y cómo podemos preparar a los estudiantes para ellas. Necesitamos enseñar a los estudiantes cómo aprender y asumir la responsabilidad de su propia educación. Con el fin de preparar a los estudiantes para el futuro, las universidades deben adaptar su sistema educativo mediante el desarrollo de planes de estudio que estén en línea con los requisitos de la industria 4.0 y las habilidades de enseñanza que son necesarias en un mundo cambiante. Esto significa que es necesario centrarse en las habilidades y destrezas que están en demanda en el mercado laboral. También significa que debemos pensar en formas de aprendizaje que sean más apropiadas para el ritmo actual de cambio. Esto podría lograrse mediante la implementación de un nuevo sistema de enseñanza y aprendizaje en las universidades, que se base en el aprendizaje basado en proyectos y la digitalización [10], [3], [13].

El sistema educativo necesita ser ajustado a las demandas de la industria. Las universidades deben proporcionar a los estudiantes las habilidades que están en demanda en el mercado laboral, para que puedan encontrar un trabajo más fácilmente. La Industria 4.0 está cambiando la forma en que trabajamos y vivimos. Las viejas formas de aprender están desactualizadas y no preparan a los estudiantes para las nuevas demandas de la industria 4.0. En cambio, deberíamos centrarnos en desarrollar habilidades que sean relevantes para la economía futura. Necesitamos repensar la forma en que enseñamos y aprendemos para preparar a los estudiantes para las demandas de la industria 4.0. Necesitamos enfocarnos en las habilidades y destrezas que son relevantes para sus futuras carreras, porque serán diferentes de lo que habrían aprendido en la escuela hoy.

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica utilizando una búsqueda en las principales bases de datos latinoamericanas, con el fin de conocer la postura científica y de investigación de los sectores universitarios frente a las necesidades de transformación en la educación universitaria. Además, esta selección de trabajos estuvo compuesta de un proceso sistemático, que se describe en la figura 1, donde se observa que la fase inicial estuvo compuesta de la generación de preguntas clave basadas en los objetivos de la investigación, luego un proceso de revisión bibliográfico, donde se llevó a cabo la selección detallada de documento, seguido a esto se realizó un proceso de revisión documental y análisis de contenido, para conocer las fuentes explícitas de información que pudieran dar respuesta a cómo ha evolucionado el sistema de enseñanza-aprendizaje en tan corto tiempo, pues aún no se ha terminado de definir la idea de los estilos de aprendizaje, cuando ya empiezan a aflorar otros aspectos más desafiantes, como las formas de aprendizaje para la valoración de habilidades y aptitudes para la industria moderna. Finalmente, en este proceso se ha considerado el tratamiento de la información basado en la selección apropiada de contenido, elementos y características de la realidad que debe afrontar la educación universitaria en Latinoamérica.



Fig. 1. Proceso metodológico empleado.
Fuente: Propia.

En las fases de revisión se han evaluado diferentes trabajos académicos con la finalidad de indagar sobre la visión y las perspectivas que tienen los centros educativos ante las exigencias laborales y cómo esto obliga a un cambio radical en el sistema educativo universitario. La figura 2 describe los elementos de búsqueda, revisión y selección de trabajos, que caracterizan la metodología empleada.

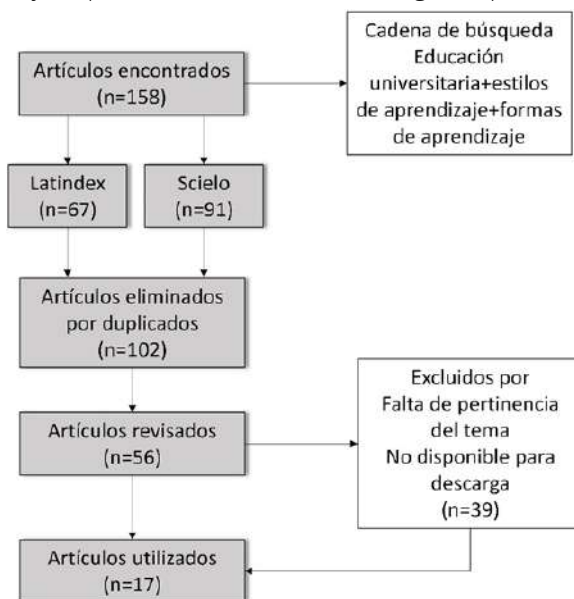


Fig. 2. Proceso de revisión bibliográfica.
Fuente: Propia

Además de la revisión documental, se realizó una encuesta a 83 docentes de diferentes países latinoamericanos, para conocer las principales técnicas empleadas en sus aulas de clase y poder identificar si estas técnicas se corresponden a las nuevas propuestas de la educación 4.0. Pero también, se realizó una encuesta a 165 estudiantes universitarios, con el fin de evaluar cuáles son las preferencias en las estrategias de enseñanza, para lo cual se plantearon 3 actividades, en principio realizadas con estilo de enseñanza visual, y luego con estilo auditivo. La idea fue que los estudiantes pudiesen elegir la estrategia de preferencia para poder abordar las actividades.

IV. RESULTADOS

Una vez realizada la revisión bibliográfica se pudo constatar lo siguiente:

- Los estilos de aprendizaje son una forma de aprender que no aplica para todas las personas, ya que es posible encontrar personas con diferentes estilos de aprendizaje, que tengan las destrezas para adquirir el conocimiento de varias formas, sin embargo esto puede aplicar principalmente para la educación primaria y pre escolar, pero en la enseñanza universitaria se presentan otras características, empiezan a florecer los aspectos de la personalidad, las destrezas y habilidades individuales, y las preferencias, que harán posible al profesional integral.
- Por su parte, las formas y técnicas de enseñanza son una necesidad en la educación actual, para la adecuada formación de profesionales competitivos y aptos para la industria moderna. En este sentido, las formas de aprendizaje son las habilidades que deben aprender a desarrollar los estudiantes para conocer sus potenciales destrezas y sus debilidades para lograr metas cada vez más altas.
- La educación latinoamericana está en alto riesgo, ya que las universidades sostienen una educación tradicional donde los seminarios y conferencias, clases magistrales prevalecen por encima de las metodologías online y las nuevas estrategias de enseñanza, quedando retrasada con relación a otros países, que han decidido promover y fortalecer la educación online, técnicas de autogestión del aprendizaje, trabajos colaborativos, y aplicaciones prácticas apropiadas.

En la evaluación de las encuestas, con el fin de conocer las principales técnicas de enseñanza y aprendizaje utilizadas en países latinoamericanos, se muestran los resultados descritos en la fig.3, donde es posible observar que en la región prevalecen las clases y actividades tradicionales, a pesar de que se incorporan elementos tecnológicos, no son utilizados para la autogestión del conocimiento, sino como herramienta de apoyo para seguir con métodos tradicionales, esto es, que la clase sigue siendo magistral pero a través de la computadora.

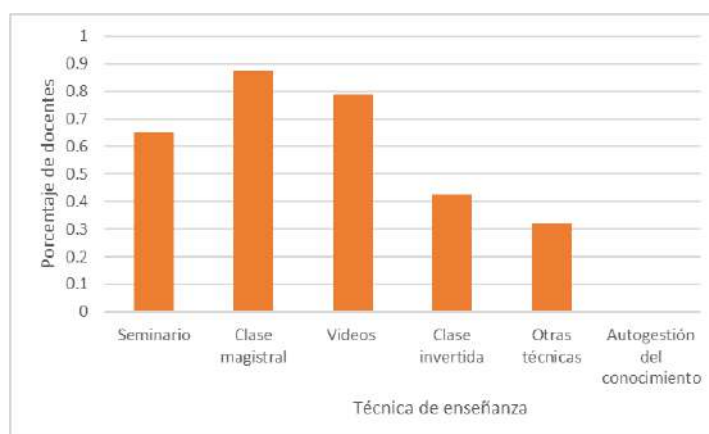


Fig. 3. Principales técnicas de enseñanza empleadas en países latinoamericanos.

Fuente: Propia

Por otro lado, se evaluaron los estilos de aprendizaje en contraposición a las formas de aprendizaje (Tabla 1) y pudo conocerse que al aplicar un estilo de aprendizaje todos los estudiantes podían adquirir el conocimiento por igual si se mejoraban las estrategias de aprendizaje. Se observó que con el estilo de aprendizaje visual se obtenían casi los mismos resultados que con el estilo auditivo, siempre que la estrategia de enseñanza fuera colaborativa.

Tabla 1. Resultados de las actividades realizadas con el estilo visual y la estrategia colaborativa.

Estilo visual	
Actividades	Comprensión y motivación
Actividad 1	93.40%
Actividad 2	87.90%
Actividad 3	96.80%

Fuente: Propia.

Por otro lado, cuando se le dio más énfasis al estilo auditivo, y las actividades se organizaron con este, manteniendo la estrategia colaborativa, los resultados en cuanto a comprensión y motivación, también fueron positivos (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de las actividades realizadas con el estilo auditivo y la estrategia colaborativa.

Estilo auditivo	
Actividades	Comprensión y motivación
Actividad 1	98.70%
Actividad 2	97.20%
Actividad 3	76.80%

Fuente: Propia.

Estos resultados muestran que, en las poblaciones estudiadas, prevalece la preferencia a las estrategias colaborativas, aun a pesar de que se cambien los estilos de enseñanza, lo que muestra además es que los estudiantes se ven más motivados si se realizan ajustes en las estrategias de aprendizaje que más se adapte a las tendencias actuales y al contexto en particular.

Las estrategias colaborativas resultan de gran interés por un número importante de estudiantes en diferentes regiones de Latinoamérica, sin embargo, es posible encontrar pequeños grupos que prefieren otras estrategias más individuales, estos, por lo general, suelen ser estudiantes con altos estándares de exigencia para el cumplimiento de sus actividades, con poca tolerancia a las diferencias de criterios de los demás y que prefieren entregar las actividades según sus ritmos de trabajo. Sin embargo, en su gran mayoría los estudiantes prefieren los trabajos colaborativos por encima de los trabajos individuales.

CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación es posible establecer algunas conclusiones:

1. La educación latinoamericana requiere una transformación de paradigmas, que apunten a la formación de profesionales con habilidades para la industria moderna, que tengan integración multicultural y destrezas para el trabajo en equipo, y para esto es necesario que se cambie la forma de enseñar, los estudiantes deben aprender y entender que la autogestión del conocimiento es fundamental para el crecimiento y el desarrollo individual.

2.Las habilidades prevalecerán a la utilización de títulos académicos en la búsqueda de empleos en las grandes corporaciones, y será un reto para las universidades adaptarse a estas nuevas exigencias del mercado internacional, con la formación de individuos integrales y competitivos.

3.La motivación de universidades y docentes para crear estudiantes que sepan autogestionar el conocimiento es necesaria para el éxito de carreras universitarias desagregadas, novedosas e innovadoras, que sean fuente de profesionales aptos para la industria 4.0 y para impulsar el desarrollo y el potencial de las naciones, así como de fomentar sociedades más competitivas y capaces de asumir retos colectivos.

REFERENCIAS

- [1] J. Carvajal, «La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe,» de 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Global Partnerships for Development and Engineering Education", Boca ratón, Estados Unidos, 2017.
- [2] S. Fischer, M. Rosilius, J. Schmitt y V. Bräutigam, «A brief review of our agile teaching formats in entrepreneurship education,» Sustainability (Switzerland), p. 251, 2022.
- [3] G. Garcés y C. Peña, «Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio,» Revista de Estudios y Experiencias en Educación, vol. 19, nº 40, pp. 129-148, 2020.
- [4] C. Guindalini, M.-L. Verreyne y T. Kastle, «Taking scientific inventions to market: Mapping the academic entrepreneurship ecosystem,» Technological Forecasting and Social Change, p. 121144, 2022.
- [5] V. Gupta, L. Rubalcaba, C. Gupta y L. Pereira, «Library social networking sites for fostering startup business globalization through strategic partnerships,» Journal of Academic Librarianship, p. 102504, 2022.
- [6] M. Jalil, «Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo,» Revista Internacional y Comparada de RELACIONES LABORALES Y DERECHO DEL EMPLEO, vol. 6, nº 1, pp. 164-194, 2018.
- [7] Z. K. Kadeeva, N. V. Kraysman y E. N. Kadeeva, «Using Business Games to Build Engineering Competencies in Technological University Students,» Lecture Notes in Networks and Systems, pp. 676-683, 2022.
- [8] B. Manrique-Losada, M. C. Gómez-Álvarez y L. González-Palacio, «Estrategia de transformación para la formación en informática: hacia el desarrollo de competencias en educación básica y media para la Industria 4.0 en Medellín – Colombia,» RISTI, vol. 39, nº 10, pp. 1-17, 2020.
- [9] X. Martínez, «Disrupción y aporía: de camino a la educación 4.0,» Innovación educativa, vol. 19, nº 80, pp. 7-12, 2019.
- [10] J. Ortiz, A. Carrillo y M. Olgúin, «Built education 3.0 since early teacher's training to face challenges of industry 4.0,» Informes de Investigación, vol. 3, nº 5, pp. 135-146, 2020.
- [11] M. Ramírez, F. Suárez y Erika, «Diseño de procesos de enseñanza para la industria 4.0,» Rev. Universidad, Ciencia y Tecnología, pp. 129-136, 2021.
- [12] C. Schultz, «A Balanced Strategy for Entrepreneurship Education: Engaging Students by Using Multiple Course Modes in a Business Curriculum,» Journal of Management Education, pp. 313-344, 2022.
- [13] R. T. P. B. Santoso, I. W. R. Junaedi, S. H. Priyanto y D. S. S. Santoso, «Creating a startup at a University by using Shane's theory and the entrepreneurial learning model: a narrative method,» Journal of Innovation and Entrepreneurship, p. 21, 2021.

-
- [14] F. M.-L. Rivera, P. Hermosilla, J. Delgadillo y D. Echeverría, «Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS),» *Propuesta de construcc*, vol. 14, nº 2, pp. 75-84, 2021.
- [15] E. Ries, *La Startup way*, Italia: Editore Franco Angeli, 2018.
- [16] E. Ries, *El método Lean Startup*, Editorial Desuto, 2012.
- [17] Z. Yordanova, «Lean Startup as a Project Management Method in Science Organizations,» *Communications in Computer and Information Science*, pp. 165-175, 2021.



Edited by:

