

EL CONSUMO RESPONSABLE EN LAS

SOLUCIONES INTEGRALES PARA

# EL DESARROLLO SOSTENIBLE

TOMO II



III CONGRESO INTERNACIONAL DE  
**INVESTIGACIÓN**  
SOLUCIONES INTEGRALES PARA  
EL DESARROLLO SOSTENIBLE

En cumplimiento de los objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. ONU 25 de septiembre de 2015:



1. Fin de la pobreza



4. Educación de Calidad



8. Trabajo decente y  
crecimiento económico



**William Fernando Sánchez Corredor**

**RECTOR**

**Ernesto Parra Herrera**

**SECRETARIO GENERAL**

**Ferney Rodrigo Ortiz Jiménez**

**REPRESENTANTE DEL  
CONSEJO DIRECTIVO**

**Wilson Ferney Molano García**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**Mónica Rocío Páez Roa**

**DIRECTORA DE OFICINA DE RELACIONES  
INTERNACIONALES E INTERINSTITUCIONALES**

**Manuel Fernando García García**

**DIRECCIÓN DE LA DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
TECNOLÓGICA APLICADA DITA**

**Ferney Rodrigo Ortiz Jiménez  
Wilson Ferney Molano García  
Brayan Daniel Prieto Téllez  
Sergio Arley Puerto Moreno  
Diego Felipe Torres Garzón  
Claudia Lucía Caro Gómez**

**COMITÉ CIENTÍFICO**

**Luis Alejandro Parra Mora  
Lady Johanna Herrera Vargas  
Ella Yohanna González Guevara  
Miguel Ángel Ceballos Triviño**

**COMITÉ EDITORIAL**

**Dayiry Tatiana Bedoya  
Jonathan Castro**

**DIAGRAMACIÓN Y ESTILOS**

**Manuel Fernando García García  
EDITORIAL TEINCO  
Av. calle 63 #22-39  
Sede 7 de agosto Bogotá D.C.  
5714856565- 3124319746  
manuel.garcia@teinco.edu.co**

**EDITOR**



El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales en la ONU adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. Es así que para el III CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES TEINCO 2020 SOLUCIONES INTEGRALES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE se adoptaron los objetivos 1. Fin de la pobreza: en la actualidad más de 800 millones de personas en el mundo viven en pobreza, como meta se espera reducir un 50% el nivel de pobreza en el mundo en los próximos años. 4. Educación de Calidad: La pobreza y los conflictos armados son las principales razones que mantienen alejados a muchos niños y niñas de la educación. La ONU informa que desde el año 2000 se ha progresado notablemente de garantizar educación primaria a todos los niños y niñas del mundo y 8. Trabajo decente y crecimiento económico: En los países en vías de desarrollo, la clase media casi se ha triplicado en los últimos 25 años, constituyendo más de un tercio de la población mundial. Sin embargo, también se ha registrado un incremento de las desigualdades y el número de desempleados en el mundo. Es imprescindible erradicar el trabajo forzoso, la esclavitud y la trata de personas, y promover políticas que fomenten la creación del empleo y el espíritu emprendedor empresarial. Este libro de memorias contiene los resúmenes de las ponencias como uno de los representantes más claros y aún más importantes de la cultura investigativa, y como libro pese al avance de diferentes soportes tecnológicos, es sin duda alguna una de las creaciones más relevantes del ser humano no sólo en lo que hace a la conservación sino también a la transmisión de la cultura, de la ciencia, de la historia y la tecnología. Este libro tiene un formato relativamente simple, pero su contenido es una fuente importantísima de información, de conocimiento y de memoria de III congreso Internacional de Investigaciones TEINCO 2020 para las generaciones futuras.

**Manuel Fernando García García**  
Dirección de la División Tecnológica Industrial Aplicada DITA

**BRIEF REVIEW OF THE PROCESS OF  
INDUSTRIALIZATION. THE PROBLEM OF INNOVATION**

Henry Daniel Vera Ramírez

Ferly Antonio Valencia Serna



12

<b>– 1. Introducción</b>	<b>13</b>
<b>– 1.1. Brief introduction to Modern Science and Industrialization</b>	<b>13</b>
<b>– 1.2. Determinism and Indeterminacy in the History of Technology</b>	<b>15</b>
<b>– 1.3. The Anthropocene Society</b>	<b>15</b>
<b>– 1.4. The fear of Innovation</b>	<b>17</b>
<b>– 2. Method</b>	<b>17</b>
<b>– 2.1 Methodological strategies</b>	<b>18</b>
<b>– 3. Results</b>	<b>18</b>
<b>– 4. Discussion and Conclusions</b>	<b>24</b>
<b>– 5. Referencias (Bibliographic reference)</b>	<b>25</b>

**CARACTERIZACIÓN DE PRESTADORES DE SERVICIOS TURÍSTICOS Y  
ESTABLECIMIENTOS DE APOYO A LA ACTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO  
DE BOYACÁ, FASE DOS CASOS PROVINCIA DE NORTE.**

Mafy-Daniela Rodríguez- Moreno

Laura-Juliana Tarazona-Cepeda



27

<b>– 1. Introducción</b>	<b>28</b>
<b>– 2. Método</b>	<b>28</b>
<b>– 2.1. Estrategias metodológicas</b>	<b>28</b>
<b>– 2.1.2. Población y muestra</b>	<b>28</b>
<b>– 2.1.3. Instrumentos de recogida de información</b>	<b>28</b>
<b>– 2.1.4. Procedimiento</b>	<b>28</b>
<b>– 3. Resultados</b>	<b>29</b>
<b>– 4. Conclusiones</b>	<b>30</b>
<b>– 5. Referencia bibliográfica</b>	<b>31</b>



32

**PREPARACIONES GASTRONÓMICAS A BASE DE PIÑA IDENTIFICADAS EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA – SANTANDER Y SU DECONSTRUCCIÓN.**

Natali López Mejía

Nelly Bibiana Morales Posada

Juan Carlos Bernal Antolínez

– 1. Introducción	33
– 2. Materiales y Métodos	34
– 4.1 Estrategias metodológicas	34
– 4.2 Población y muestra	34
– 4.3 Instrumentos de recogida de información	34
– 4.4 Procedimiento	34
– 4.4.1. Trabajo de campo y definición del área geográfica	34
– 4.4.2. Deconstrucción del plato	34
– 4.4.3. Análisis sensorial	34
– 4.4.4. Diseño experimental y análisis estadístico	34
– 3. Resultados y Discusión	34
– 5.1 Trabajo de campo	34
– 5.2 Recetas identificadas	36
– 5.3 Deconstrucción del plato	36
– 5.4 Análisis sensorial	38
– 4. Conclusiones	39
– 5. Referencia bibliográfica	40



41

**REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO PARA VALIDAR EL MÉTODO DE DESCENSOS NATURALES**

Caio Henrique Marques Machado

Thiago Vieira da Silva

Fábio de Brito Gontijo

– 1. Introducción	42
– 2. Método	42
– 2.1 Estrategias metodológicas	42
– 2.1.2 Población y muestra	42
– 2.1.3. Instrumentos de recogida de información	43
– 2.1.4. Procedimiento	43
– 3. Resultados	57
– 4. Discusión y conclusiones	57
– 5. Referencia bibliográfica	58

**SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS EMG PARA CONTROLE DE PRÓTESE ELETROMECCÂNICA**

Hiago Soares Vaz

Gaspar Eugenio Oliveira Ramos

– 1. Introdução	60
– 2. Referencial teórico	61
– 2.1 Características de la senäl emg	61
– 2.2 Amplificação	62
– 2.3 Filtragem	62
– 2.4 Eletrodos	63
– 3. Metodología	63
– 3.1 Circuito de Pré Amplificação	69
– 3.2 Circuito de amplificación	64
– 3.3 Filtro de paso alto	65
– 3.4 Filtro de paso bajo	65
– 3.5 Filtro de rechazo de banda	65
– 4. Resultados y discusiones	66
– 5. Conclusão	66
– 6. Referências	67

**SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE MATERIAL, UTILIZANDO UN ENTORNO MATEMÁTICO EN SU ELABORACIÓN EN ESPECIAL LA CONSTRUCCIÓN DE CILINDROS.**

Jonathan Varón Granados

Andrés Felipe Castro García

Jhoan Andrey López Reyes

– 1. Introducción	69
– 2. Justificación	69
– 3. Estado del arte	70
– 3.1 Cifras que confirman las ventajas de tener una aplicación educativa	70
– 3.2 Aplicaciones dirigidas a la ingeniería	70
– 3.3 Aplicaciones dirigidas a educación media	70
– 3.4 Aplicaciones dirigidas a Niños	70
– 3.5. Beneficios e importancia de las matemáticas	70
– 3.6 Beneficios de las matemáticas para la educación	70
– 3.7 Aplicaciones móviles para la enseñanza de las Matemáticas. Una opción a tener en cuenta dentro y fuera del aula de clase.	70
– 3.8 Apps Móviles	71
– 4. Método(s)	72
– 5. Procedimiento	72
– 6. Resultados	72
– 7. Discusión y conclusiones	72
– 7.1) Programación en Python Usando el Ide PyCharm Community	74
– 8. Recomendaciones	74
– 9. Referencia bibliográfica	75



59



68



**GEOLOCALIZACIÓN POR DESCUBRIMIENTO DE PUNTOS DE ACCESO WI-FI**

Fábio De Brito Gontijo

Lucas Guilherme da Silva

– 1. Introducción	77
– 2. Método	77
– 3. Resultados	78
– 4. Conclusiones	78
– 5. Referencia bibliográfica	79

**ILUSTRACIONES CORRESPONDIENTES A ESTE LIBRO**

– Imagen 1 The increasing rates of change in human activity since the beginning of the Industrial Revolution	15
– Imagen 2 Fuente Source: Pinch and Bijker (1984)	17
– Imagen 3 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	18
– Imagen 4 Source: Cheremukhin et al. (2017)	19
– Imagen 5 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	19
– Imagen 6 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	20
– Imagen 7 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	21
– Imagen 8 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	22
– Imagen 9 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	23
– Imagen 10 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files	23
– Imagen 11 Fuente: Elaboración propia, 2019	28
– Imagen 12 Fuente: Elaboración Propia, 2019	29
– Imagen 13 Fuente: Elaboración Propia, 2019	29
– Imagen 14 Fuente: Elaboración Propia, 2019	29
– Imagen 15 Fuente: Elaboración Propia, 2019	29
– Imagen 16 Fuente: Elaboración Propia, 2019	29
– Imagen 17 Fuente: Elaboración Propia, 2019	30
– Imagen 18 Fuente: Elaboración Propia, 2019	30
– Imagen 19 Fuente: Generada por los autores (2019)	35
– Imagen 20 Fuente: Generada por los autores (2019)	35
– Imagen 21 Fuente: Generada por los autores (2019)	35



– Imagen 22 Fuente: Generada por los autores (2019)	35
– Imagen 23 Fuente: Generada por los autores (2019)	35
– Imagen 24 Fuente: Generada por los autores (2019)	36
– Imagen 25 Fuente: Generada por los autores (2019)	37
– Imagen 26 Fuente: Generada por los autores (2019)	37
– Imagen 27 Fuente: Willy Huallpa Vega, BIBLIOCAD	42
– Imagen 28 Fuente: Willy Huallpa Vega, BIBLIOCAD	43
– Imagen 29 Fuente: NBR 5419, 2015	43
– Imagen 30 Fuente: NBR 5419, 2015	44
– Imagen 31 Fuente: NBR 5419, 2015	44
– Imagen 32 Fuente: FILHO, 2011	45
– Imagen 33 Fuente: MAMEDE, 2018	45
– Imagen 34 Fuente: NBR 5419, 2015	45
– Imagen 35 Fuente: NBR 5419, 2015	46
– Imagen 36 Fuente: TAVAKOLI; BENUSSI; LOURENCO (2017)	60
– Imagen 37 Fuente: KONRAD (2005)	61
– Imagen 38 Fuente: KONRAD (2005)	63
– Imagen 39 Fuente: YAMANOI et al. ( 2017)	64
– Imagen 40 Fuente: Autoría propia	64
– Imagen 41 Fuente: Autoría propia	64
– Imagen 42 Fuente: Autoría propia	65
– Imagen 43 Fuente: Autoría propia	65
– Imagen 44 Fuente: Autoría propia	65
– Imagen 45 Fuente: Autoría propia	65
– Imagen 46 Fuente: Autoría propia	66
– Imagen 47 Figura N° 1 Programación (Propia)	72
– Imagen 48 Figura N° 2 Programación (Propia)	72
– Imagen 49 Figura N° 3 Programación (Propia)	72
– Imagen 50 Figura N° 4 Programación (Propia)	72
– Imagen 51 Figura N° 5 Programación (Propia)	73
– Imagen 52 Figura N° 6 Programación (Propia)	73
– Imagen 53 Figura N° 6 Programación (Propia)	73
– Imagen 54 Figura N° 1 Resultados obtenidos (elaboración Propia)	73
– Imagen 55 Figura N° 2 Resultados (plataforma elaboración Propia)	73
– Imagen 56 Figura N° 3 Resultados obtenidos (elaboración Propia)	73
– Imagen 57 Figura N° 4 Resultados (Propia)	74
– Imagen 58 Figura N° 5 Resultados (Propia)	74
– Imagen 59 Fuente: Completamente generada por el autor	77
– Imagen 60 Fuente: Completamente generada por el autor	77
– Imagen 61 Fuente: Completamente generada por el autor	78
– Imagen 59 Fuente: Completamente generada por el autor	78
– Imagen 63 Fuente: Completamente generada por el autor	78
– Imagen 64 Fuente: Completamente generada por el autor	78

**TABLAS CORRESPONDIENTES A ESTE LIBRO**

— Tabla 1 Source: Own construction. World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.	24
— Tabla 2 Fuente. Completamente generada por los autores (2020)	37
— Tabla 3 Fuente. Completamente generada por los autores (2020)	38
— Tabla 4 Fuente. Completamente generada por los autores (2020)	38
— Tabla 5 Fuente. Completamente generada por los autores (2020)	38
— Tabla 6 Fuente: NBR 5419, 2015	44
— Tabla 7 Fuente: NBR 5419, 2015	45
— Tabla 8 Fuente: NBR 5419, 2015	46
— Tabla 9 Fuente: NBR 5419, 2015	47
— Tabla 10 Fuente: NBR 5419, 2015	47
— Tabla 11 Fuente: NBR 5419, 2015	48
— Tabla 12 Fuente: NBR 5419, 2015	48
— Tabla 13 Fuente: NBR 5419, 2015	48
— Tabla 14 de la tabla 9 (continuación)	48
— Tabla 15 Fuente: NBR 5419, 2015	49
— Tabla 16 Fuente: NBR 5419, 2015	49
— Tabla 17 Fuente: NBR 5419, 2015	50
— Tabla 18 Fuente: NBR 5419, 2015	50
— Tabla 19 Fuente: NBR 5419, 2015	50
— Tabla 20 Fuente: NBR 5419, 2015	50
— Tabla 21 Fuente: NBR 5419, 2015	52
— Tabla 15 Fuente: NBR 5419, 2015	52
— Tabla 23 Fuente: NBR 5419, 2015	52
— Tabla 24 Fuente: NBR 5419, 2015	52
— Tabla 25 Fuente: NBR 5419, 2015	52
— Tabla 26 Fuente: NBR 5419, 2015	53
— Tabla 27 Fuente: NBR 5419, 2015	53
— Tabla 28 Fuente: NBR 5419, 2015	54
— Tabla 29 Fuente: NBR 5419, 2015	57





## BRIEF REVIEW OF THE PROCESS OF INDUSTRIALIZATION. THE PROBLEM OF INNOVATION

### **BREVE REVISÃO DO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO. O PROBLEMA DA INOVAÇÃO**

**HENRY DANIEL VERA RAMÍREZ. FERLY ANTONIO VALENCIA SERNA.**

#### **ABSTRACT**

This document tries to make a theoretical approach, based on data obtained from the World Bank, on the relationship between the industrialization process in some countries such as the United Kingdom, Russia, Brazil, India, Japan and China and its relationship with innovation. We show a problematic way due to the lack of knowledge of the term in initial periods of the industrialization process, - according to the approaches of some authors -, which induces a review of the industrialization of these countries in their process and especially in the comparisons obtained from their information.

**KEYWORDS:** : Industrialization, Innovation, technology, Science, GDP.

#### **RESUMEN**

Este documento tenta fazer uma aproximação teórica, baseada em dados obtidos do Banco Mundial, sobre a relação entre o processo de industrialização em alguns países como o Reino Unido, Rússia, Brasil, Índia, Japão e China e a sua relação com a inovação, que tem sido apresentada de forma problemática devido à falta de conhecimento do termo nos períodos iniciais do processo de industrialização, - de acordo com as propostas de alguns autores -, o que induz uma revisão da industrialização destes países no seu processo e especialmente nas comparações obtidas a partir das suas informações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Industrialização, Inovação, Tecnologia, Ciência, PIB.

1 PhD (S) Universidade Nova de Lisboa, h.ramirez@campus.fct.unl.pt Universidade Nova de Lisboa SENNOVA-Centro de Servicios Financieros Tel 5461600 Ext. 14062

h.ramirez@campus.fct.unl.pt <https://orcid.org/0000-0002-3977-3073>

2 SENNOVA-Centro de Servicios Financieras. favalencia@sena.edu.co MBA (s) ENEB-Escuela de Negocios Europea de Barcelona. SENNOVA-Centro de Servicios Financieros

Tel 5461600 Ext. 16058

favalencia@sena.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

It is important to be able to define the industrialization process based on each country's theoretical resources and, in particular, on all the contributions made by the progress made in measuring industrial aggregates to the process of incorporating innovative factors. In this regard, the World Bank defines the sectors that contribute to industrialization as a percentage of GDP:

It comprises value added in mining, manufacturing (also as a separate subgroup), construction, electricity, water, and gas. Value added is the net output of a sector after adding up all outputs and subtracting intermediate inputs. It is calculated without making deductions for depreciation of fabricated assets or depletion and degradation of natural resources. The Origin of value added is determined by the International Standard Industrial Classification (ISIC) (World Bank, 2020).

This document attempts to analyze, in the first place, -from the point of view of technological progress as a driver of science-, according to the influence of Schon (1967). The author has called his theory the fear of innovation in industrial processes. The scientific assumptions that accompanied an opening up of the context to the possibilities of entry by Europe and the United States into the industrial revolution continue to open up a profound debate about the importance of innovation.

in industrialization and its effects on the generation of wealth. However, it is not possible to analyse the impact of innovation without recognizing the necessary review of the industrialization process that this document seeks to make of some countries, without attempting to cover a whole historical process that in itself would require a much broader analysis. Some of these countries are the United Kingdom, Russia, Brazil, India, Japan, and China .

The United Kingdom is analyzed as a fundamental paradigm of the industrialization process. Russia, as a paradoxical example in terms of the certainty of its internal processes that are not very open to the West, as is the case with China. Brazil, as a paradigmatic example of industrialization in Latin America that has led it to be one of the most important economies in the world, and India is an example of industrialization dependent on colonial aspects. Finally, Japan and imperial influence.

The reviewed of the different processes of industrialization that have been seen in countries that, due to different situations, are considered important in the concert and world order. Undoubtedly, the effort is interesting, as it calls for a series of theories, from their research work and personal experience, contribute to the reflection on the industrial process and its current relevance.

These ideas anticipate in some ways a new version of industrialization to rethink the issue of development at the global level. Looking again at the processes, it is necessary to take up again the idea of the labor force in the current context and its historical reevaluation and above all of the qualified labor force that does not receive an adequate wage for its work. Another important point is related to the replacement of jobs that can be generated by the adoption of technologies and innovation.

How should countries act in the face of this fact and what proposals can be made to influence the decrease in the supply of jobs? Maybe this is the most important question. First, we analyze the importance of Modern Science in industrialization.

Secondly, the development of technology in industrialization. Then, we use the concept of the Anthropocene and its influence on the industrialization process. In the next part, we analyze the concept of fear of the innovation, the method, and the use of the data.

The countries apart are in results. And finally suggest some elements for discussion.

**A European country and cradle of the industrialization process. A South American country, the strongest economy in the region. Three Asian countries with different processes and one Eurasian country.**

### 1.1. Brief introduction to Modern Science and Industrialization

For Helgø (1989), the scientific method has always claimed as its own an axiom that assumes a real distance between the object of study and the subject who approaches to answer a fundamental problem of science, a social phenomenon or, of whom simply approaches to observe sensitively the reality or the surrounding world. This axiom, however, has always had a clear problem and this consists of the idea that the observation of the object, will not produce an alteration in it and much less, will be able to have a significant transformation by the eye of the one who sees it. This supposes, also, that the observer of the phenomena can abstract himself and that he makes a kind of self-absorption in front of the set of parallel events or causes of what is observed.

This idea of being able to concentrate on an event, isolating it, and creating situations of control, to guarantee the verification, the replicability, and the validity of science; how could this be possible about history? Direct observation can mean for this case a complex situation, even one that can be criticized by anti-positivists. Helgø states:

It should be noted that many more radical anti-positivists in the field of humanist and social sciences gladly accept a naïve positive view of the natural sciences. This makes the argument belts a science-based history, psychology, or sociology not only simplistic but even cheap, in that what is argued against is in fact a ghost (p. 61)

Which ghost is it? It is perhaps the ghost that Popper (1945, 2013) himself has recognized, and it is the scientism of the social. It is not a question of transcribing the method of the natural sciences, as opposed to the social sciences, but of maintaining the scientific status. History, as a discipline that studies the past, must re-know that the relics of the past are in the same position as the object of study of a paleontologist. The historian studies clue or vestiges of the past to interpret them (p. 62).

If a chemist studies the results of molecular alterations, the historian looks at the facts of the past. The reference to Bloch (1953), on the limitations of the historian, does not exempt him from the possibility of the interpretative act from experience. Interestingly, direct observation is possible in historical studies, especially in modern times. Concerning physics , history cannot have a kind of objectivity. In this sense, objectivity means intersubjectively confirmed knowledge, independent of any human factor.

History's acknowledgments of the contributions of Isaac Newton (1643-1727), shows the importance in the 17th century of an atomistic version of mechanistic philosophy. In his youth, Newton carried out serious studies of authors such as Descartes, Gassendi, Hobbes, and Boyle among others. In 1675, he oriented his studies to the analysis of light. This year he submitted to the Royal Society the text *An Explanatory Hypothesis of the Properties of Light*, where he proposed the theme of the existence of the ether, based on the recognition of the mechanics of optical phenomena. However, later on in 1686 and 1687, in *Principia's* writing, he abandons the idea of the ether to give an explanation based on the forces of the particles themselves; it is possible that the study of the propagation of gases and Boyle's parts influenced this point. In this respect, Newton himself considered the forces between particles not as a negation of mechanistic philosophy, but as an idea to perfect it. According to the English physicist: Do not the small particles of the bodies have certain Powers, Virtues or forces by which they act at a distance not only on the reflected, refracted and reflexive rays of light, but also on each other, producing a great part of the phenomena of nature? For it is well known that bodies act upon others by the law of gravitational attraction, Magnetism, and electricity, and these instances reveal a general sense of the course of nature and become a possibility that powers more attractive than these may exist. For nature is very consistent and identical in itself (p. 143)

If we take into account the traditional concept of objectivity, historical objectivity because the human factor is what makes history. Thus, there is no reason to find the same kind of objectivity in both disciplines. The solution of Popper (1945, 2013), to this situation, is to include a frame of reference, a selective frame, in the words of the author. In this way, the historical perspective is the one that gives, in some way, meaning to the interpretation of historical facts, the perspective of the reference system is objective, but at the same time lax:

Because when a certain reference system has been adopted and a certain research purpose is reached, there is an ego ipso criterion for a selection of historical material that cannot be arbitrary and subjective (p. 65)

Hermeren's (1977) proposal to establish whether or not a story X is objective is based on five key ideas.

- Check for deficiencies in X.
- Check if these deficiencies make the story misleading.
- Identify the interests of the different factions involved in the subject matter of X.
- Verify if X favors any of these factions.
- Verify whether favoritism due to the event(s) in X, if misleading, would favor a factional gap, also if not misleading.

These criteria, however, are not easy, for cases where the information found is not sufficiently verifiable. Another important discussion relates to the introduction of the concept of truth, in the historian's objectivity. This concept has been quite questioned insofar as it does not offer, effectively, an adequate extension to the historian's definition, in terms of its objectivity. As Gilbert and Mulkey (1984) state:

Given a variety...scientists' accounts of their actions and convictions, we suggest that it is inappropriate to attempt any given type that can be used to support historical description and analysis...only God can discern the historical reality that lies behind the diversity of versions.

As simple humans, we have to accept that both historians and contributors can give us very different historical accounts, based on the evidence (p. 67).

The relationship between science and the industrial revolution has been studied by Fremdling (1996).

Recognizing that the industrial revolution in Great Britain, owes a great debt to science and technological development during its early stages and mainly to the chemical industry.

In addition to this idea, scientific and technological

On the other hand, according to Bekar and Lipsey (2004), science as a synonym of knowledge was focused on an interest in the material world, which was associated with natural philosophy. They spoke of the mechanical arts and skills in subjects such as agriculture and, obviously, industry. In this way, the relationship between natural knowledge and industry was initially related to technical knowledge derived from science. Thompson (1976), in chapter five of his book *the dynamics of the industrial revolution* he exposes the relationship between science and technical progress with the industrial revolution pp. 121-139.

information on some aspects of the industry was essential for the development of the activities of innovative processes. In the case of the industrial process, there is a direct dependence on the progress of applied science, which was highly valued by British society.

It is maintained that Great Britain, in the 18th century, had the greatest number of technicians in continental Europe.

With fewer studies and scrolls, the engineers, mechanics, and craftsmen in the United Kingdom, had had great training in the same industrial practice.

An experience that was later transferred to formal readings, to the creation of the scientific societies, and the technical literature.

In a sense, they had achieved a monopoly on inventions, even when these were carried out in other countries of continental Europe.

Unlike the development of science in France, where the emphasis was placed on a mathematical-deductive stance, in Great Britain this development was empirical-mechanical.

The author insists that at the dawn of the industrial revolution, the practice of electricity and chemistry with characters like Faraday and Maxwell, among others, as well as the practical report of their investigations, served as support for the development of applied science.

The next figure shows the development and effects in periods of fifty years from the industrial revolution. Steffen et al. (2011).

Analyze the population, el GDP, the foreign direct investment, the damming of rivers, the use of water, fertilizin's, use of paper, urban population, among others.

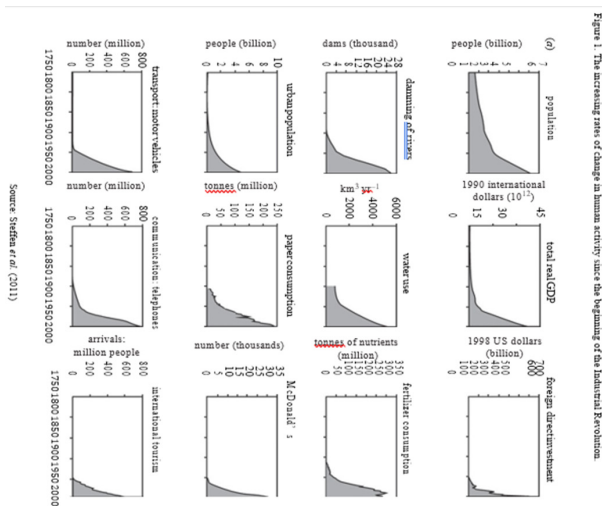


Figure 1. The increasing rates of change in human activity since the beginning of the Industrial Revolution.

Imagen 1 The increasing rates of change in human activity since the beginning of the Industrial Revolution

## 1.2. Determinism and Indeterminacy in the History of Technology

Philip Scranton (1995), introduces the theme of determinism in Technology, with a basic idea: that in history, it is difficult to be able to define or to be able to give a projection as history is by its indeterminate nature.

The forces of historical determinism, for example, ideologies of a theological-political type such as Calvinism and Marxism itself, propose universal and deterministic structures. In that sense, both forms of thought would suggest a significant advance in the idea of a deterministic history.

Scranton continues recognizing that the North American development has been given by the mobilization of resources of application of the technique creating a wide continent where the progress has been evidenced through the practical rationality.

The Civil War demonstrated that the errors of the American South in terms of the few advances that were observed in technology, mainly applied to industry, gave space to greater development in an industrialized and educated North. In the author's opinion, the technological advance meant the recognition of the triumph of western rationality and the advance of technical and scientific progress, over other forms of pre-modern thought.

What is the importance of history? In Scranton's words:

History as past is moldering. History as national saga or the consequence of relations between economic base and socio-cultural superstructure seems laughable. Historical study has devolved from period to field to multiplying concepts, methods, and theories, profoundly undercutting efforts at synthesis, preservation of a canonical narrative, or the naive "addiction" of new knowledge to received wisdom (p. 148).

A key element in Scranton's analysis has to do with the influence of technology on the logic of government in different states. The state is a key figure in the generation of principal and complementary strategies in the face of the antagonism between science and economy, or perhaps more

precisely between culture and economy.

Regarding rationality, it is important to recognize that the logic of technology is based precisely on the development of rationality. In this regard, it is important to recognize that the logic of technology is based precisely on the development of rationality:

Even situational "technical logic" will depend on the forms of rationality (e.g., moral vs. instrumental) that are involved in contests over change, and on the social constructions of gender, cognition, and knowledge that validate modes of argumentation and criteria for bounding decision spaces.

(p. 1-3).

The different types of rationality, then, permeate this relationship between history and technology. What kind of rationality could have mobilized interest in the development of, for example, nuclear energy? Or the development of quantum mechanics? The rationality of an instrumental type, probably, but in the development of the first one, moral rationality must have, at some point, played a primordial role.

The author proposes four strong ideas to develop criticism on the indeterminism of history about technology:

- Technological change comes from the absence of general or universal rationalities.

The reference to Charles Tilly (1929-2008) in his theory on large structures, long processes, and close comparisons is very important. On other hand, John Staudenmaier (1985), in his studies on the importance of artifacts in technology, represents a significant advance in this relationship between history and technology and technical progress with the industrial revolution pp. 121-139.

- That it comes from different and multiple trajectories (space and time).
- The links between technical change and socio-political relations are intimate and undervalued.
- Finally, going beyond reductionist teleology reveals situations that have been silenced, about gender, race, and class in the history of technology.

## 1.3. The Anthropocene Society

The concept of Anthropocene is developed by Eugene Stoermer (1934-2012) in the eighties, but it was popularized by Steffen, Grinevald, Crutzen, and Crutzen (2011). The most controversial hypothesis about the development of this concept is related to its origin. In this regard, this origin.

Is focused on the development of the great acceleration in the process of adoption of technology, which for some has a beginning in the industrial revolution that had a turning point in the development of nuclear energy. All this is the result of the industrial revolution in England, North America, and other countries, and ever since the fifteenth century, with the arrival of Columbus to the American continent.

There is a so-called early Anthropocene hypothesis, which considers that the impacts on the earth system of what is

definable as human and its appropriation of technology are evident, even since the Neolithic era, recognizing as key elements the move to sedentarism and the development of agriculture.

According to Diogo, Louro, and Scarso (2017):  
...Consider that the discourse on the Anthropocene inherently emphasizes the urgency of global solutions for a global problem caused by humanity as a whole, intentionally levelling socio-economic differences and concealing political conflicts (p. 30).

The risks of this idea are related to the priority of the human over non-human entities, and even in issues such as geo-engineering. There are several initiatives such as the forum defined as the Campi, which as an organizational initiative, generates spaces for debate where the basic idea is that the notion of nature is of great actuality and is recognized as a basic concept of reflection not only environmental but also social. Humanity must rebuild nature and repair it, and the key idea that it tries to develop has to do with the fact that Humanity is formed by nature.

The role of technology can be analyzed from three models that integrate the relations between history and technology. Among them, we have SST (Social Shaping of Technology), developed by MacKenzie and Wajcman (1985), the SCOT model (Social Construction of Technology), developed by Pinch and Bijker (1984), and the ANT model (Actor-Network-Theory), developed by Callon (1986), Latour (1987) and Law and Hassard (1999) among others. All three models emphasize the development of the human. The first focuses on the choice and individual design of innovation-focused devices and systems.

The second considers that the development of technology is the effort of human strength and the third model emphasizes the establishment of networks with non-human elements that shape the relationship with the social world and nature. Finally, the second model considers that the development of technology is the effort of human force and the third model emphasizes the establishment of networks with non-human elements that shape the relationship with the social world and nature:

“Anthropocene Curriculum,” <https://www.anthropocene-curriculum.org> (accessed 29 October 2020)

We further argue that the challenges of the Anthropocene require of us a deeper engagement with materiality, summoning historians and philosophers of science and technology to a wider debate in which the underpinnings and effects of crucial conceptual (nature, society, and technology, in the first place), and the subsequent disciplinary boundaries, are put into question (p. 34).

The text is an initial and clear approach to the principles of analysis of Anthropocene’s concept and its relationship to the history of science and especially of technology. It considers the human factor as a fundamental element in the development of technology.

An example by explaining the development of Moore’s law, which was expanded from the works of Gordon E. Moore (2012). Moore’s law is a law based on empirical observation,

which nevertheless has a certain closeness, but is not homologous to Ohm’s law, which talks about resistance to current.

Several analyses have shown the flaws in the prediction of Moore’s law. The prediction made by the law stated that the production of transistors with chips would double every eighteen (18) months.

According to Post (2014), this context, which reflected on technological determinism, led to the creation of the Society for the History of Technology by Mel Kranzberg in 1957, perhaps as a response to the Soviet advance in the space race, mainly since the launch of Sputnik. But what does this have to do with technological determinism? Thus, like Planck’s constant, it signifies a certain limit in the divisibility of nature and its discreet aspect, Moore’s law is an example of the scope of technological determinism, how far technological production advances, and what its limit is. According to Ceruzzi (2005):

Strictly speaking only hardware obeys Moore’s law, but in practice the advances in semiconductor technology allow for more and more complex software products, so both lists are appropriate (p. 588).

In recent years, we have seen a significant progression in the production of computers, laptops, cell phones, digital cameras, MP3s, and other technological elements that are even more powerful than the computer that accompanied the astronauts on the moon.

However, this technological advance is not developed apart from issues such as gender, race, and class, elements in which technology historians have directed greater importance as key factors not only in the adoption but in the production of technology in recent years.

The mathematical relationship described by, Moore is evidenced by the following mathematical entity:  $n=2((y-1959) + d)$ , where n, corresponds to the number of circuits on a chip, and is the current year and is twice the time in years. For example, for a value in years of 12 months,  $d = 1$ . If we consider, for example, our current (2020), then the predicted value for the density would be equal to

$$n=2((y-1959) + d) \quad (1)$$

$$n=2((2020-1959) + 1) \quad (2)$$

$$n=2(61+1) \quad (3)$$

$$n=262 \quad (4)$$

$$n = 4.611.686.018.427.390.00 \quad (5)$$

These projections, however, have not had much impact on the analysis of the relationship between the social context and the advance of technology.

An important example provided by Ceruzzi (2005), has to do with the use of a tool such as PowerPoint recommending its relatively

Historians need to be cautious in predicting the future of technological progress since, without the proper use of the respective methods, negative consequences are warned. Ceruzzi intends to contribute to the construction of a social vision of technology by evaluating the consequences of technological determinism. Finally, he suggests reviewing with caution the exaltation of characters of recognized trajectory like Steve Jobs, among others, taking into account their arguments, without ignoring the importance of the deep study of the aspects related to the advance of the engineer.

The perception, about the adoption of technology, is that it escapes any reduction and model that tries to anticipate its constant development, and initiatives such as Moore’s, really do not sympathize with the flow of progress.



## 1.4. The fear of Innovation

The industrial corporation needs to be able to incorporate technological changes, which means that they are prepared for the adoption of new technology resulting from innovative ideas. For this, it is necessary to be able to carry out management processes, which allow the control of risks and the mechanisms to carry out their control. Pinch and Bijker (1984) propose a six-step model for the innovation process.

Figure 2. A six-Stage Linear Model of the Innovation Process



Imagen 2 Fuente Source: Pinch and Bijker (1984).

What will be observed in the case of the industrial corporation is a distance between the technical curve, the state of the art, and all the advances in innovation, which means that, at first, the corporations will not be able to effectively assume the innovations. In a first scenario, of a set of events in which the adoption of technological innovations can take place, the corporation will probably consider focusing on at least one process that allows it to implement it, but the rest of the processes will remain far from the state of the art.

In a second moment, a greater number of processes may be susceptible to be carried out through innovative processes. Similarly, corporations must incur financial costs that can generate obstacles, to access this type of technological innovation. In Schon's words:

Often the first invention-the first demonstration of an effect- takes no more than a month or two and a few thousand dollars. As the Company takes its first exploratory steps, the rise in the rate of expenditure is slow. As the Company passes further checkpoints, the rate of expenditure increases.

static use compared to other tools, but if it is compared to the old support slides, this has undoubtedly had a significant influence on training and as study didactics. On the other hand, the survival of Microsoft Word, seems imminent, constituting a means of communication that subsists with updates that are not only of form but of substance.

The total commitment grows exponentially. Each new major the product r process reaches commercialization does the curve begin to level off (p. 8)

It is a typical model close to what is known as economies of scale, but the most important variables have to do with the time in which the benefits increase after the adoption of the first advance in innovation. In certain industries, this time can be very optimistic, a situation that the author should consider efficiently manage his resources. Scranton later addresses the problem of rational vision in the use of the resource. In a diagram, a set of important inventions in the last years is located, ranging from the portable television, which is unique in the external line of the diagram, among the most important are the computers, the numerical controls that are located almost in the center of the diagram, the radar, the aviation engineering and the transistors that are elements that contributed precursors of new inventions. How is the vision of rationality defined? In this respect, Schon states:

The rational view of invention and innovation is more nearly correct for more nearly marginal inventions. The less significant the invention, the more the process tends to be orderly and predictable. The more radical the invention, the less rational and predictable (p. 10)

This is important, to define the difference between invention and innovation. The further away from the center it is considered an invention, the closer it is to the center, then it is an innovation. This definition is important, in terms of costs, because it seems that inventions will have higher costs and represent less progress for corporations than process innovation within them.

## 2. METHOD

The comparative method, which has also been called comparative analysis, refers to a set of techniques that, in a similar way to the scientific method and in general, are aimed at validating hypotheses or theories. This is carried out using the analysis of variations through the study of similarities and differences between two or more cases, allowing them to be able to establish some regularities. These are established, through covariation, or can also be explained, through the interpretation of diversity, allowing to establish causal relationships and even correlations and generalizations. The comparative method also allows us to obtain new theories and hypotheses, which, from heuristics, give new reinterpretations to processes that are considered to be accepted.

## 2.1 Methodological strategies

It was carried out through a comparative study between several countries in their industrialization process, based on data provided by the World Bank. The comparative studies, of mixed nature, both qualitatively and quantitatively, allow identifying the analysis and synthesis of similarities, differences, and patterns of two or more cases that share a common approach or goal. To do this correctly, the specific characteristics of each case must be described in-depth at the beginning of the study. The inter-countries comparison allows us to obtain a perspective in front of the situation of the historical process of industrialization of different countries. Even if the countries present different historical development processes, knowing the strategies of positive results in this process, as well as the negative ones, will allow adequate decision making in terms of incorporation of the relevant innovation strategies to advance in the new industrialization.

## 3. RESULTS

In one chapter about the Deconstructing the British Industrial Revolution as a Paradigm Guess for a Global Historical Economy, Patrick K. O' Brien affirmed that without a doubt, the paradigm of the industrial revolution is the English case. This has involved aspects of a social, cultural, political, and geographical nature, which have developed in a parsimonious manner, as a conjecture of the transformation of an agricultural society into an industrial one, a paradigm of economic change.

On the other hand, it has refueled ideas of strength such as the labor force, class, and proletariat. Perhaps, very probably, when Marx referred to the proletariat, his image was precisely that of the industrial workers of Manchester. In quantitative terms the English economy underwent a significant change since the Industrial Revolution, directing its production to manufactured goods.

The tendency, from the point of view of statistics, recognizes that countries like Holland had already had an important industrial development, which has generated that they had proposed it as the first Modern Economy.

For more than two centuries, Great Britain was the paradigm of the industrial process, many Anglo-American historians have developed a narrative in which the cycles and/or subperiods have been analyzed and divided into the so-called: expansion, great divergence, point of return, and withdrawal. Other scholars consider that the development in the United Kingdom was more of a counterblow to the Renaissance and the French Revolution, a situation that may have very little empirical evidence.

The industrial revolution has been a profoundly strong social representation in historical terms, in the colonial countries it is even considered as an element of historical division in periods. English history finds this event to be the loop for the leap to a superpower, even discussing whether it has a greater influence than the colonial process and the triumph in wars with the other strong countries of Europe such as the Seven Years' War (1756-1763).

The process, being the pioneer in terms of the analysis of the category industry, is impossible to dismiss. In the words of O' Brien:

Comprehended historically as the century that marked discernible and irreversible accelerations in the rates of increase of real income per head, in shares of the increment both to rates of growth in income per capita and labor productivity emanating from technical and structural changes including urbanization, it seems solely polemical to engage in semantic attempts designed to purge the label "Industrial Revolution" from academic discourse and public consciousness (p. 22).

For more recent times, the following figure shows the Industry including construction value added (% of GDP) industrialization process in the UK:

As quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

Hill (1961), recognizes an important change in the UK, between the two world wars, with an especial weight in the railways. Taken as a whole the railway system was the most remarkable material achievement of the British people in the 19th century (p. 140).

Figure 3. Industrialization UK (% of GDP) 1990-2019.

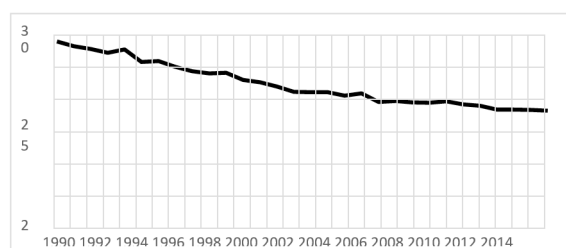


Imagen 3 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

Recent decades have seen a significant decline in the industry's influence on the UK's GDP.

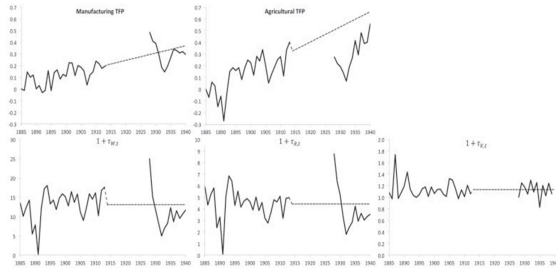
Concerning Russia Peter Gatrell, considers that the long history of Russian industrialization has been analyzed from two points of view that are related to macroeconomic variables such as investment, employment, and the country's growth rate.

The first phase of investment could be located between the years 1885-1913, which was possibly characterized by what he calls the old regime, the second is the so-called early Stalinist period.

Without a doubt, the differences between the tsarist system and that of the Soviet era are very marked, but with elements in common. One of them is, for example, the existence of inadequate institutions mainly in agricultural production with the subsequent loss of capacities in agricultural work.

But the beginning of industrialization occurred mainly in the time of Peter the Great, with the development of metallurgy, the shipping industry, and scientific development. The next figure shows the sectoral TFPs (total factor productivity), in logarithms and wedges in Russia in 1885-1940:

**Figure 4. TFPs (total factor productivity), in logarithms and wedges in Russia in 1885–1940**



**Imagen 4 Source: Cheremukhin et al. (2017)**

As quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

During the first period, output growth was characterized by Russia's insertion into the international economy, with the arrival of investment from abroad and a very important element: technology transfer, mainly in mining manufacturing. As an additional result, there is a significant advance in the exploitation of coal, oil, and ferrous material and an important advance in engineering.

In government policy, we find a very important mix between the private and corporate forms of organization, which began to have importance in industry and banking (Vera, 2018, 2019). Because of its size and geographical extension, the country needed a workforce that would not necessarily be dedicated to farm work.

The next period, on the other hand, was a period in which the Bolshevik Revolution proposed an economic route, characterized by a strong influence of a model of economic centralization, collectivization of agriculture, which in contrast to the Czarist period, meant little foreign direct investment and the entry of less foreign technology.

Industrialization, too, was made, above the desire of the masses and cost, in fact, an undeniable human sacrifice.

It is interesting, at this point, how the different periods of the country's history can be compared, in two moments like that of Peter the Great, which involved sacrifices in lives in the extreme westernization, as occurred in industrialization in the early Stalinist period.

However, in the periods proposed by Gatrell, there was a mobility of the labor force that went from agriculture to sectors such as construction, the extractive sector, and the manufacturing industry.

The author's criticism of the second Bolshevik period is that its economic policy destroyed the relationship between technical intelligence and industrial management. There was no enlightened elite that played the role of administration of the companies that could generate through leadership, added value to production since the individual incentive was not found as the main engine. The fact that it was the State that occupied the administration of industry, generated a society without incentives and conducive to indoctrination and laxity of decisions taken by the communist party and its committee, which allowed totalitarianism.

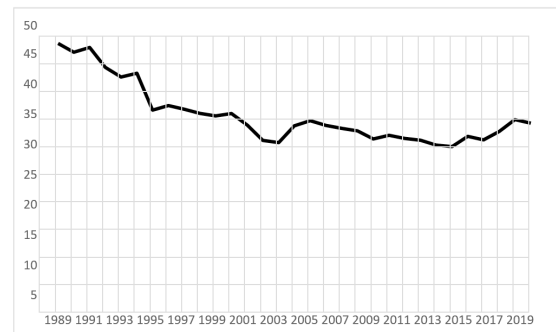
Despite this, during Tsarism, for example, there was greater political participation of technical intelligence, which had been critical of the static position in which the Tsarist nobility lived with their backs turned to the country that was living in backwardness, with latent needs for fundamental transformations. In this Gatrell affirmed:

To take another example, the discourse of conquest and mastery reached its apogee in the Stalinist era, coloring the form in which technological achievements were represented. But it did not originate with Stalin. In other words, we should relate ideas about technology to public attitudes, including the public espousal of the romance of technology, without assuming a sharp discontinuity across the revolutionary divide (p. 231).

The term manufacturing industries refer to industries belonging to ISIC divisions 15 to 37. Value added is the net production of a sector after adding all the products and subtracting the intermediate inputs. It is calculated without making deductions for depreciation of manufactured goods or depletion and degradation of natural resources. The origin of value added is determined from ISIC (World Bank, 2019).

The next figure shows the Industry including construction value added (% of GDP) industrialization process in Russia:

**Figure 5. Industrialization Russia (% of GDP) 1989-2019**



**Imagen 5 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.**

As in the UK, the last few decades have seen a significant decline in the industry's influence in Russia. Danilov et al. (2017) have stressed the importance of developing theoretical and practical innovation management systems in Russia, observing innovative activity as a mechanism and method for industrial management, which must be accompanied by the creation of innovative infrastructure, taking into account the need for re-industrialization in the country. Emphasis is placed on the theoretical contributions of Institutional Economics, the theory of innovation.

The state of innovation in Russia needs methodologies and instruments to achieve Russian reindustrialization.

Cheremukhin et al. (2017), use a neoclassical model as a basis for their analysis of the industrialization of Russia. Through this process, it was possible to identify that labor gaps at the intersectoral level were an element that prevented transformation in the Czarist period, and their development during the industrialization of the Soviet Union was much more evident.

Concerning the labor gap, it is associated with a production component, which must be recognized was inflated during the Soviet period. In the Czarist period, the importance of monopolies and barriers to trade was paramount. In Soviet Russia, structural changes in the process of industrialization are recognized, acknowledging the existence of a fundamental part of the primitive structures of land ownership, as a process that allowed the mobility of labor.

Concerning Brazil, Anne G. Hanley, considers that industrialization in Brazil had its heyday in the city of Sao Paulo in the 1890s of the 19th century. At that time, most companies had the

Quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

possibility of expanding the market by experimenting with products. The development of the industry in this period in topics such as coffee production had a great development, particularly during the year 1907.

On the other hand, products such as cotton and textiles found investment for technological improvements. The appearance of the São Paulo Stock Exchange was represented by machinery and metalworking industries.

Processed food represented another important field of development that was related, in turn, to a significant increase in the participation of manufacturing companies in the city of São Paulo.

For Hanley:

By 1919, the publicly traded industrial companies still made up only 3.1 percent of all industrial companies but now represented 52 percent of all industrial capital invested in São Paulo. That just 3 percent of industrial firms accounted for over half of industrial capital invested in São Paulo by 1919 gets to the heart of the significance of financial capital in industrial formation (p. 262)

The companies in the city were financed with state aid, sixty-four (64) of them had a capital of more than US \$400,000, without a doubt, these constituted an important advance in the industrialization of the country and were established as the economic base of the same. This happened precisely because of the reforms of 1890.

Throughout the First World War, the industrial sector was strongly influenced by fortunes received from the external sector, which allowed its operation and expansion to other regions in the decade of the thirties. Other processes such as population growth, urbanization with strong waves of immigrants.

Which increased significantly, required more and more demand for new industrial products until the Great Depression.

By the 1950s, the Brazilian government had achieved a breakthrough in unquestionable industrialization. Compared to the gains of the industry during the Great Depression, Brazil's early industrialization was modest, however, its rate showed an institutional shift towards economic development and established well-defined strategies for the government regarding priority economic policies and especially an important concept of diversification of production.

There was an ambivalent feeling on the part of the Brazilian

government in the relationship with domestic business and domestic industry and especially in comparison with the imperial era, where entrepreneurs and businessmen worked on the margins of the economy.

It was the good management of the demand for goods and services that generated an adequate and relevant context for industrial development in the last decade of the 19th century. Thus, the already institutionalized capital market, which was the result of the regulation of production and business, was the interest of the new republic that mobilized the resources to generate in Brazil the economic development enough for its industrial advancement.

Similarly, the imposition of limits on the responsibilities of shareholders about investment risk. This, together with stable macroeconomic conditions, allowed for a change in the investment profile in Brazil. Many companies were founded through the principle of equality in the issuance of market bonds, many of which are still active today. From this set of ideas.

It can be concluded that the 1890s in Brazil were key for its industrialization to take off with the arrival of the republic and the creation of state mechanisms for free investment, establishing regulatory rates.

On the other hand, the epicenter of industrial and financial development was the city of Sao Paulo.

The next figure shows the Industry including construction value added (% of GDP) industrialization process in Brazil:

Figure 6. Industrialization Brazil (% of GDP) 1960-2019

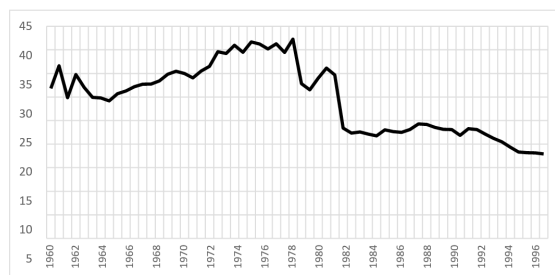


Imagen 6 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

Prasannan Parthasarathi states the relationship between the Trade and Industry in the Indian subcontinent 1750-1913. At the end of the 19th century, India's industrial capacity was limited. In the first decade of the 20th century, the industry began to take a prominent place, reaching, according to the author, 11% of the nation's total income and comprising a little over 10% of the total employed people.

However, in this same period, compared to the United States, industrial production contributed 22% to the Gross Domestic Product and 49% in Great Britain. In other words, from the beginning India had an industrial lag the developed countries, probably rooted in historical conditions related to colonialism. It seems that the situation was better 150 years earlier when the region was contributing better to the world's industrial development. By 1913, this contribution was just under 2% of that of Great Britain.

If the trade policies of the colonial era are critically analyzed, they had a strong impact on manufacturing activities. These not only had a negative impact but in a sense constrained industrial development and creativity. The colonial state established very scant forms of industrialization and prevented it, through inaction with faults related to investment in public goods, in education, and above all in the little expansion of technical knowledge, diminishing the industrial potential of the subcontinent.

Quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

The 18th century was a period of rapid social and political development and represented an economic change for India. A series of changes occurred in terms of military innovation, and in the development of mechanisms to control its actions. The growth of British power, especially in the East and South, was achieved, to some extent, thanks to the recognition of the autonomy of certain regions with native populations, through a policy that did not include economic actions.

In several cases, some changes were extensions of developments from the previous century that included standardization in public administration processes and measures to increase bureaucracy.

The restructuring of public administration had received some attention from some historians, but the development related to the incorporation of technology had been little studied. In Parthasarathi's words:

These technological changes served either to increase the revenue base of a territory or to manufacture armaments more effectively. To accomplish these aims, there was a growing interest in knowledge and its codification and diffusion (p. 273).

Some of these changes had been abundantly documented by agricultural production. A fundamental change was found in the content of agricultural manuals from the 17th to the 18th century. In the Mughal area in the north of the country, many production manuals were designed. These included detailed information relating to seed types, irrigation, and technical requirements for various types of planting. Undoubtedly, these included a significant advance in technical development.

The systematization of knowledge and research for the creation of new products was extended to manufacturing production. In the 17th century, the knowledge of production methods in India was applied to various products; these methods were condensed from the book of regulations already existing since the time of the Mughal empire. This text had regulations related to the knowledge of handling iron, gold, and metalwork, from handling cotton to clay crafts.

This type of work was continued and introduced to production even in the 19th century. In one of the states in Mysore, commissions to compile knowledge on various topics began to be created.

These included: natural history, medicine, metallurgy, dyeing, and sewing. Texts were also produced on topics related to arms and artillery; this area of India was characterized by its advance over other areas. Books on the use of guns and weapons were also translated from English, mainly in northern India and again in Mysore, books of a scientific nature were translated. Several Indian scientists began to have recognition in the West as well and especially in areas

like physics and mathematics. Many Indian soldiers were trained in a variety of technical skills.

The deterioration of the impact of the British Empire in the 19th century and especially its role in the industry was undeniable.

Many theorists and historians have been critical mainly of the destruction of the textile and cotton market. Unfortunately, in Schumpeter's terms, India did not take advantage of the creative destruction, as an element of support of the artisan production, which would have led to a modernization of the industry. Indian industry-focused with a special interest in the iron enamel industry and manufacturing in cotton production. An important element that can be recognized in the development of the Indian industry was the creation of TISCO, the Tata Iron and Steel Company, as one of the most important companies in terms of entrepreneurial success in the 20th century. In the first third of the 20th century, the company was the representative of the work in the iron industry in the country.

In the development of India and its process of industrialization, an ambivalent process of recognition and rejection of the British colonization process can be observed. Some authors consider that many advances in the adoption of technology in some companies were the result of the process already initiated in the relationship with the empire and others consider that this process is watertight for their development.

The next figure shows the Industry including construction value added (% of GDP) industrialization process in India:

Figure 7. Industrialization India (% of GDP) 1960-2019

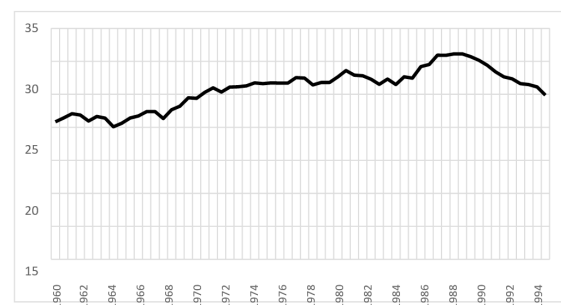


Imagen 7 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

Unlike the United Kingdom, Russia, and Brazil, the last few decades have seen an increase in the influence of the industry in India. Venumuddala (2020), has studied for the case of India the situation of informal labor, as a process derived from the non-inclusion of the labor force in the industry.

Which is affected by the fact that enterprises owned by individuals and families are not legally constituted, in addition to the fact that the separation of financial activities and production activities is not clear and the fact that enterprises with less than ten (10) employees generally do not protect their employees from the social point of view.

The data obtained by the author assume that the proportion of the labor force that is outside the coverage of labor laws varies according to the occupation and industries, which makes it essential to be able to examine the differences in

terms of labor relations, which may allow various industrial and occupational categories to emerge.

With respect, a Japan Ian Inkster states that industrialization in Japan may have been initiated by the benchmarks. The changes in the modernization of the autarkic system in political and

Quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

economic terms changed radically since 1868, but their real effect on the population was not predominant, as about thirty million people were limited in their movement as a factor of production and any possibility of significant technological advances from abroad was diluted.

The government reduced the generation of a change in the industry. This, added to the fact that there have been changes in the appreciation of demographic processes, institutional evolution, and agricultural growth, the Meiji Restoration has been challenged for its economic proposals and for being an extension of the key institutions that have maintained cultural forms.

Since Japan is recognized as one of the countries with a successful industrialization process outside the Euro-American center, even before the 1970s, this has been a point of interest that historians have been studying. Japan's success is not simply reduced to American support after World War II, but Japan has always had a set of advantages that allow it to have a different historical process of industrialization than for example the Chinese.

The particular initiative, but above all cultural aspects related to a disciplined behavior, together with the production of a set of administrative theories also supported by the public sector and a special emphasis on education estimating its real social value, allowed the curve of the function of the Japanese industrial revolution to be perceived as a complex and positive phenomenon.

It could be said that cultural engineering was the heart of Meiji industrialization, whose programs explicitly and from the beginning focused on a cultural change that was endorsed by the bureaucracy, students, and teachers, which was accompanied by a perspective of Westernized civilization, which nevertheless, the concepts, much more rooted in Western culture as rationality, utility, scientism, education and enlightenment, were commonly used in the Japanese language increasing the mental and social openness to the changes that should come from cultural engineering.

Inkster recognizes: ...a comparative method that might focus on the historical relations of useful and reliable knowledge, cultural engineering, and human capital formation. Finally, the emphasis on a variety of agents and on institution building is in sympathy with any approach to cultural economy that is not too elusive or ill defined (p. 302).

The influences of Buddhism and Shinto may have an important relationship with this process of cultural engineering, because of the values it promotes. Japan is a country that, with the second-largest fishing fleet in the world, has a textile and silk, chemical, mechanical, and food industry. It exports steel, ships, machines, and textile products mainly to the United States with whom it has had a harmonious relationship since

the Second World War, as well as strong commercial ties with Australia, Canada, and Hong Kong.

The change brought about by the adoption of a constitution and the monarch's renunciation of his sacred rights was a significant political advance that generated an unprecedented economic boom.

The next figure shows the Industry including construction value added (% of GDP) industrialization process in Japan.

Figure 8. Industrialization Japan (% of GDP) 1994-2018

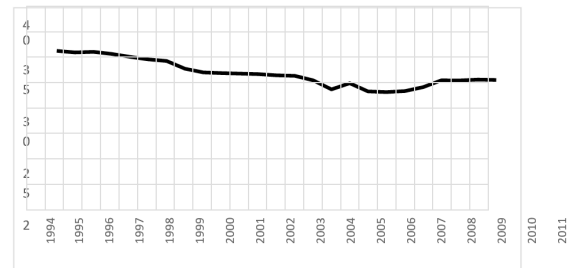


Imagen 8 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

The reduction of the industry's influence in Japan is less marked than in other countries such as Russia and the United Kingdom. Chakraborty et al. (2020), shown as effects of the industrialization processes, the clusters of industrial manufacturing sectors, excluding food, chemical products, ceramics, and information electronics, form in the case of Japan a single cluster, which implies an interdependence and a global dependence among them. The construction sector is also grouped. Other sectors, on the contrary, are dispersed as in the case of the separation between the wholesale and retail trade industries.

Concerning China, Perdue recognizes the influence of the pre-revolutionary or imperial period on this revolution is very important. This cannot be separated from the fact that the Chinese advance in the last thirty (30) years in its economic growth is undeniable. Since the beginning of industrialization in the 19th century, the actions of the Chinese state had a smaller advance than those of Western Europe, the United States, Russia, or Japan; a fact that became more acute with the loss to Japan in 1895. What happened to China's growth potential during this period has to do with aspects related to the industrial revolution, and these aspects are influenced by elements such as the combination of resources, demographics, police structure, and commercial institutions.

Several historians have emphasized that Western Europe in its demographic system with a high age of marriage and a relatively high percentage of unmarried people and few first-born children, maintains a growing population that supports agricultural production. The result of the surplus-value can be invested in actions aimed at improving urban and commercial growth and in the growth of agricultural production. Asian populations, in contrast, have relatively young marriages, and the division of property equally among children is very frequent, so there is no incentive for birth control.

These arguments support the explanation of poverty in Asia, it is the result of the relationship between resources and population. Malthusian explanations in this regard have been refuted by several authors including James Z. Lee (2012),

using data from the Chinese peasant population, which does not respond to variables such as lack of food, inefficient birth control, or alleged

Quoted in Horn, Rosenband and Smith, M. (2010)

infanticide. Women in China had a low fertility rate in the 18th century compared to their counterparts in Europe. Chinese women have about six (6) children in their productive years, while European women have a rate of 7.5 to 9. The differences in the demographic regimes remain comparable in terms of the effects on the ratio of population and production. In the Yangtse valley, the rate grows at about 0.3 percent per year during the 18th century, which is much slower than agricultural production, generating surplus value. This maintained certain levels of life expectancy and standards comparable between China and Europe. The population explosion begins to differentiate when it appears in the twentieth century.

In the Perdue's words:

These reflections suggest that the territorial expansion of the eighteenth century and the Qing determination to hold onto the fruits of empire seriously constrained its ability to industrialize in the nineteenth century. Some conservatives defended tradition simply for its own sake, but leading statesmen agreed on the need to strengthen the country through an energetic program of military and economic modernization. They could not, however, resolve the dilemmas of defending an over expanded empire in the face of an onslaught by a multitude of powers. Their inability to agree with each other weakened their ability to overcome conservative resistance. They ended up neglecting the agrarian heartland of the empire: these were the people who brought the empire down (p. 325).

The idea the author suggests is that in the 18th and 19th centuries, there was no fundamental difference in Chinese and European development. It seems that the process of Chinese industrialization is not as evident as that of other countries, but the State decides to have followed a path that in many years privileged trade, in front of an industry that, although it was developed, did not generate a well-paid labor force either, due to its dimension and on the other hand, the same quality of the production.

Today the situation may have changed a lot. The next figure shows the industrialization in China.

The next figure shows the industrialization in China.

Figure 9. Industrialization China 2009-2019.

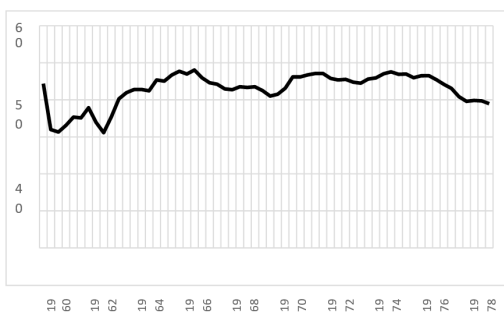


Imagen 9 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

The industrialization has an influence strong in eh country in the last sixty years, with a growth's patterns homogeneous. Chen et al. (2020), refer to the most important changes that have taken place in the country from automation processes that are generally superior processes or products of the country's industrialization process. Automation is a problem resulting from industrialization, the means for the Chinese case, the slow passing of the tests for the replacement of human labor.

However, the work of these researchers recognizes that this has generated increased productivity and demand for complementary activities among the labor market that is polarized by the same automation processes.

According to Torsten et al. (2020), the study of the nature of China's structural change in the period 1998-2014 and any patterns generated in its development must recognize the relationship between the sectoral business level. Using a multilevel model, a relationship was found between development at the micro-level and at the sector level.

If sectors grow, companies grow. Secondly, there is either a positive correlation between labor productivity and production, concluding that there is an influence of the characteristics of the sectors such as rates of technological change and infrastructure, which makes up an evolving economy.

Figure 10. Industrialization Countries according to time series.

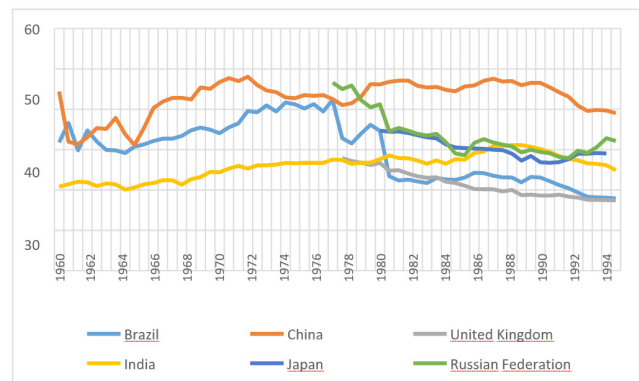


Imagen 10 Source: World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

As we can see, the weight of industrialization within the GDP is greater in China than in the rest of the countries, followed by Russia and Japan. It is paradoxical that the United Kingdom, being the cradle of the industrialization process has had a decrease in the years observed and that Brazil is the country that reaches a greater incidence of industrial processes in its growth. However, Brazil, together with the United Kingdom, presents the lowest percentages.

The highest variance and standard deviation that represent variations concerning the average are found in Brazil and Japan, suggesting strong changes in their industrial process, a situation that is somewhat surprising about Japan, so that one would expect a much more homogeneous process.

Table . Statistical Summary

Countries	Mean	Std. Deviation	Variance	Max	Min
Brazil	29,60181711	8,783695254	75,82307296	53,95884694	17,9222264
China	42,61985791	6,941907453	47,35921566	48,05897192	31,1106015
United Kingdom	19,55256372	4,480272224	19,35595208	27,89906522	17,4098645
India	25,76504935	4,695352537	21,66622621	31,13671924	20,0894429
Japan	27,32322026	7,486807823	53,61523523	34,70301435	26,7480501
Russian Federation	30,90636387	6,066085172	35,52851382	46,59685864	27,9315271

Tabla 1 Source: Own construction. World Bank National Accounts Data and OECD National Accounts Data Files.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Exceptionality is a key element in the development of many countries studied.

Not all had the same process of industrial development, apart from the virtues that are generally studied about Anglo-American industrial development. Recent developments in Japan, and especially in China, refer to this exceptionality, which is also accompanied by recognition of two key factors; in the first case, the fact that it is a nation that lost the Second World War, and in the second case, its demographic and environmental record.

In a sense, both are miracles. State intervention and the development of consumer goods, the record time in which actions have been implemented to improve mechanization, and the insertion of technology in production processes have changed and permeated many of the societies studied.

The motivations for including technology and innovation in the processes have been different according to each country and have demonstrated the idea that everything comes at its own time.

There is a great divergence in the analysis of the processes, for example, the English industrial collapse, be contradictory to the advances that were observed in other countries such as Germany, Japan, and the United States.

Other countries, the dominated developing countries that have aligned themselves under the concept of BRIC (Brazil, Russia, India, and China) together with the Asian tigers, can contribute elements related to new ways of understanding the industrial process, leaving aside the traditional Eurocentric analyses.

Without a doubt, in the most developed countries, it has been found that parallel to industrial development, there is a significant advance in the process, not only of bankability (Brazil).

but also of fine-tuning of financial instruments; generally, a crisis in the industry directly affects the financial sector and vice versa and it is clear to everyone that the processes of economic.

Reconstruction in Europe and Japan, -to give just two examples-, were made possible through credits and aid coming mainly from the United States.

Analyses such as that of the 2009 banking crisis and its influence on the industrial sector, the same for the case of Sao Paulo show this symbiosis and interdependence. According to Moore (2012):

It is no less true, faced with the vast chaos of reality, the historian is necessarily led to carve out that particular area to which his tools apply;

Hence, to make a selections- and, obviously, not the same as that of the biologist, for example, but that which is the proper selection of the historian Here we have an authentic problem of action.

It will pursue us throughout our study (p. 22).





## REFERENCIAS



- M. Bloch (1953). *The historian's craft*. New York: Alfred A. Knopf.
- C. Bekar and R. Lipsey (2004). "Science, Institutions, and the Industrial Revolution". *The Journal of European Economic History*. 33 pp. 709-753.
- P. Ceruzzi (2005). "Moore's law and technological determinism. Reflections on the history of technology". *Technology and Culture* 46(3) pp. 584-593.
- M. Callon (1986). "Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay". In John Law (ed.), *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge* (London: Routledge & Kegan Paul).
- A. Chakraborty, H. Inoue and Y. Fujiwara (2020) "Economic complexity of prefectures in Japan". *Plos One* 15(8): e0238017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238017>
- A. Cheremukhin, M. Golosov, S. Guriev and A. Tsyvinski (2017) "The Industrialization and Economic Development of Russia through the Lens of a Neoclassical Growth Model", *The Review of Economic Studies*, Volume 84, Issue 2, April pp 613- 649. <https://doi.org/10.1093/restud/rdw026>
- I. Danilov, E. Ilyina, T. Ladykova, N. Morozova, Y. Nikiforov (2017) "Re-Industrialization and Innovative Development of Russia" *Journal of Advanced Research in Law and Economics; Craiova* 8, N.º 2(24), pp. 437-443. DOI:10.14505/jarle.v8.2(24).12
- M. Diogo, I. Louro, I and D. Scarso (2017). "Uncanny Nature-Why the concept of Anthropocene is relevant for historians of technology". *Periodic. ICON*. Vol 23. pp 25-35.
- R. Fremdling (1996). "Industrial Revolution and Scientific and Technological Progress". *Papers* 30, Groningen State, Institute of Economic Research.
- N. Gilbert and M. Mulkey (1984). *Opening Pandora's Box A sociological Analysis of Scientists discourse*. Cambridge University Press.
- C. Gillian (1982) *In a different Voice*. Harvard University Press.
- C. Haohui, L. Xun, F. Morgan, Q. Xiaozhen, X. Weipan, C. Manuel and R. Iyad (2020) *Automation Impacts on China's Polarized Job Market*. arXiv:1908.05518 [pdf] [econ.GN]
- G. Hermeren (1977) "Structure, Intention and Representation". *Grazer Philosophische Studien* 3 (1):89-106.
- C.P. Hill. (1961) *British Economic and Social History 1700-1939*. Edward Arnold Publishers. London.
- J. Horn, L. Rosenband and M. Smith (2010). *Reconceptualizing the Industrial Revolution*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England. <https://databank.worldbank.org/>
- H. Kragh (1987) *An Introduction to the Historiography of Science*. Cambridge, University Press, London.
- J. Law and J. Hassard (eds) (1999). "Actor Network Theory and After" Oxford and Keele: Blackwell and the *Sociological Review*.
- B. Latour (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Milton Keynes: Open University Press.
- J. Lee (2012). *Society and economy on China's southwestern frontier, 1250-1850*.
- D. Mac Kenzie and J. Wajcman (1985). "The Social Shaping of Technology" edited by (Open University Press, Milton Keynes and Philadelphia, 1985) pp. vii + 237.
- G. Moore (2012). *Linking Trade and Technology Policies*. National Academies Press.
- K. Popper (2013). *The Open Society and its Enemies*. Princeton University Press.
- I. Newton (2017) *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Pmapublishing.Com
- R.C. Post (2014). "Our Mel Kranzberg: Risks He Took, Stumbles, and Sometimes a Second Thought". *Icon*. 20 (1): 6-16.
- J. Pinch and B. Wiebe (1984) "Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit each other". *Social Studies of Science* 14; 399. DOI: 10.1177/030631284014003004
- J. Staudenmaier (1985) *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. MIT Press.
- D. Schon (1967) "The fear of Innovation". In: *Uncertainty in research, management, and new product development*, New York: Reinhold pp. 11-25.
- P. Scranton (1995). "Determinism and Indeterminacy in the History of Technology". In: Merrith, R Smith and Leo Marx (eds), *Does Technology drive the History?* Cambridge, MA: MIT, Press, pp. 143-167.



## REFERENCIAS



- W. Steffen, J. Grinevald and P. Crutzen, J. McNeill (2011) “The Anthropocene: conceptual and historical perspectives” *Phil. Trans. R. Soc. A.* 369. 842-867 doi: 10.1098/rsta.2010.0327

---

- A. Thompson (1976) *The Dynamics of the Industrial Revolution*. Edward Arnold Publishers Ltd. London.

---

- H. Torsten, Y. Jangho and D. Shuanping (2020) *Levels of structural change: An analysis of China’s development* push 1998-2014 arXiv:2005.01882 [econ.GN]

---

- V. R. Venumuddala (2020) *Informal Labour in India* arXiv:2005.06795 [econ.GN]

---

- H.D. Vera (2018) “Análisis del desarrollo de la moneda rusa: la historiografía bizantina y eslavista del rublo”. *Cuadernos Medievales*, 24 pp. 19-34.

---

- H.D. Vera (2019) “Apuntes sobre el rublo: la occidentalización de la moneda”. *Tiempo y Economía* 6(2) pp. 1-27. , DOI: 10.21789/24222704.1500

---

- R. Westfal (1977) *The Construction of modern Science. Mechanism and mechanics*. Cambridge University Press.



## **CARACTERIZACIÓN DE PRESTADORES DE SERVICIOS TURÍSTICOS Y ESTABLECIMIENTOS DE APOYO A LA ACTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, FASE DOS CASOS PROVINCIA DE NORTE.**

### **CHARACTERIZATION OF TOURISM SERVICE PROVIDERS AND ACTIVITY SUPPORT ESTABLISHMENTS IN THE DEPARTMENT OF BOYACÁ, PHASE TWO, NORTH PROVINCE CASE.**

**MAFY-DANIELA RODRÍGUEZ- MORENO. LAURA-JULIANA TARAZONA-CEPEDA.**

#### **MODELO ABSTRACT**

La caracterización de prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad en el Departamento de Boyacá, fase dos casos Provincia de Norte respondió a una necesidad de la actividad turística ya que no se había llevado a cabo un estudio detallado de prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad. En los planes de desarrollo de los nueve municipios se evidencia que el turismo es un foco de desarrollo para cada uno de estos y que de cierta manera cada uno de ellos cuenta con grandes potenciales.

Sin embargo, la falta de compromiso, planificación, de estudios que sustenten la oferta actual de la región se convierte en un limitante a la hora de proponer herramientas que permitan un desarrollo turístico.

El desarrollo de esta investigación se basó en que hasta el momento no se había realizado una caracterización tan minuciosa de prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad. Mediante este trabajo de investigación se logró establecer que se habían adelantado estudios en el Municipio de Soatá, por cuenta de la alcaldía y su secretaria de turismo, sin embargo, no se logró culminar y solo se cuenta con una base de datos de algunos establecimientos actualmente desactualizada.

The characterization of tourism service providers and activity support establishments in the Department of Boyacá, phase two cases North Province responded to a need for tourism activity since a detailed study of tourism service providers had not been carried out and activity support establishments. In the development plans of the nine municipalities, it is evident that tourism is a development focus for each of these and that in a certain way each of them has great potential.

However, the lack of commitment, planning, and studies that support the current offer in the region becomes a limitation when proposing tools that allow tourism development. The development of this research was based on the fact that until now there had not been such a detailed characterization of tourism service providers and activity support establishments. Through this research work, it was possible to establish that studies had been carried out in the Municipality of Soatá, on behalf of the mayor's office and its secretary of tourism, however, it was not possible to complete it and there is only a database of some establishments currently outdated.

#### **KEYWORDS:**

**Caracterización, prestadores de servicio turísticos, establecimientos de apoyo a la actividad.**

**Characterization, tourism service providers, activity support establishments.**

**1 Mafy Daniela Rodríguez Moreno Estudiante Administración Turística y Hotelera Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tel 3118522689 Mafy.rodriguez@uptc.edu.co**

**2 Estudiante Administración Turística y Hotelera Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tel 3107822811 Laura.tarazona01@uptc.edu.co**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar a los prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad en la provincia Norte del departamento de Boyacá, como aporte de la academia a la consolidación de estadísticas básicas que permitan identificar de forma cualitativa y cuantitativa el estado actual de la prestación de servicios turísticos y su importancia para el territorio. La propuesta cuenta con tres fases, en primera lugar una contextualización del área de estudio en materia de prestadores de servicios turísticos desde fuentes secundarias, a su vez la identificación de líneas estratégicas de planes de desarrollo como referencia al desarrollo de actividades, programas y proyectos desarrollados en la zona entorno a la actividad turística, en segunda instancia mediante trabajo en campo, acercamiento a la zona y aplicación de la metodología de OTGUA se pretende determinar las características de los establecimientos presentes en la zona, por último con el resultado de las fases anteriormente mencionadas se sistematizará y analizará mediante informes estadísticos y criterios propios de la metodología implementada, las características cualitativas (Tipo de servicio, especialidad, formalización, uso de medios de promoción, número de empleados, capacidad, condiciones de accesibilidad para personas en condición de discapacidad física, entre otros) y cuantitativas de los establecimientos con influencia en el sector turístico en la provincia Norte. Finalmente, se espera consolidar información concreta acerca de las principales características de los prestadores de servicios turísticos del territorio, aportar e incentivar al uso de herramientas de planificación desde la academia que impulsen y fortalezcan el sector turístico, la generación de productos turísticos y la toma de decisiones a entes públicos y privados respecto a las limitaciones y potencialidades determinadas por el estudio.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Estrategias metodológicas

#### Fase 1.

Análisis del contexto. Revisión de fuentes secundarias, bases de datos del RNT, Cámara de Comercio de Duitama, monografías, planes de desarrollo de los municipios que componen la Provincia Norte.

Se realizará un diagnóstico de la situación actual de los municipios integrantes de la provincia respecto a la actividad turística desarrollada en ellos, para lograr identificar planes, procesos, proyectos y actividades entorno al sector turístico que se han adelantado en la zona.

#### Fase 2.:

Recopilación de información.

Analizar y determinar las características de los prestadores de servicios turísticos presentes en la Provincia basado en la información recolectada, mediante trabajo de campo, visitas a establecimientos, según criterios establecidos por la metodología en la Guía para la caracterización de prestadores de servicios turísticos.

#### Fase 3.

Sistematización y análisis de la información.

Tomando como referencia las fases anteriormente mencionadas, se determinan las características cualitativas de los prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo en la provincia Norte, los resultados se condensan por municipio y a nivel provincial a través de informes

estadísticos, cuadros resumen y la creación de una base de datos con la información recolectada y finalmente se espera hacer una socialización del proyecto a los actores claves del territorio por medio del Consejo Provincial de Turismo.

Con base en las tres fases anteriores se define en general el siguiente Mentefacto en el que se resume la metodología utilizada para el presente proyecto:

Grafica. Mentefacto: Procedimiento a desarrollar

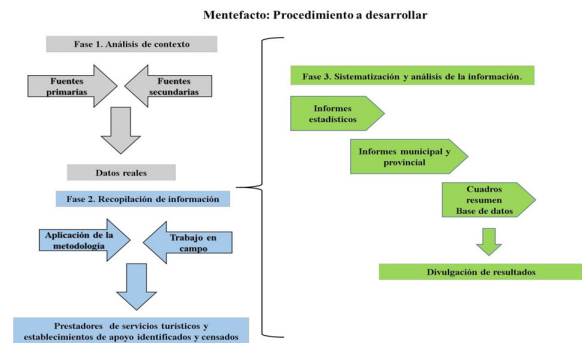


Imagen 11 Fuente: Elaboración propia, 2019

### 2.1.2. Población y muestra

Se entiende por población objeto de estudio: para esta investigación será la Provincia de Norte de Boyacá, la cual está compuesta por los municipios de: Boavita, Covarachia, La Uvita, San Mateo, Sativanorte, Sativasur, Soata, Susacón, y Tipacoque.

Se entiende por Muestra objeto de estudio para efectos de esta investigación a los prestadores de servicios turísticos existentes en la provincia Norte descritos en la metodología. Considerando también la resolución 0347 de 2007 por la cual se definen los criterios para otorgar la calidad de turístico a los bares y restaurantes contemplados en la Ley 1101 de 2006.

### 2.1.3. Instrumentos de recogida de información

Formato único para la caracterización de prestadores.

### 2.1.4. Procedimiento

- Se realizaron visitas a la Cámara de Comercio, a las oficinas de turismo y alcaldías de cada municipio para identificar los prestadores de servicios turísticos registrados en las bases de datos de estos.

- Posteriormente se realizaron visitas a cada establecimiento y se recogieron las características cualitativas y cuantitativas de cada prestador utilizando el formato único para la caracterización de prestadores.

### 3. RESULTADOS

A lo largo y ancho de la provincia de Norte se encontraron 85 prestadores de servicios turísticos

Ilustración 1. Prestadores de servicios presentes en la Provincia de Norte

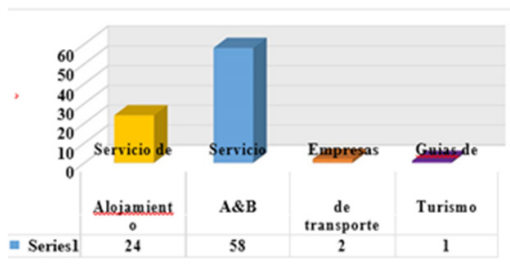


Imagen 12 Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Por otro lado, se encontraron 10 establecimientos de apoyo a la actividad.

Ilustración . Establecimientos de apoyo a la actividad presentes en la Provincia de Norte

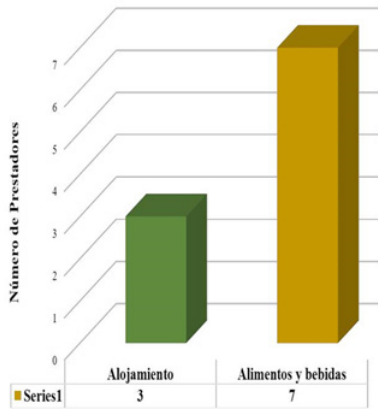


Imagen 13 Fuente: Elaboración Propia, 2019

#### Prestadores de servicio de alojamiento

La oferta de prestadores de servicios de alojamiento para la Provincia de Norte no posee variedad de establecimientos para ofrecer diferentes tipos de servicios, de esta manera se especificarán aspectos propios de los prestadores presentes en cada uno de los nueve (9) municipios. Mediante el trabajo de campo realizado se identificaron veinticuatro (24) prestadores de servicios de alojamiento y tres (3) establecimientos de apoyo a la actividad, a lo largo y ancho de la Provincia de Norte. Distribuidos de la siguiente manera:

Ilustración . Distribución por municipio del número de prestadores de alojamiento en la Provincia de Norte

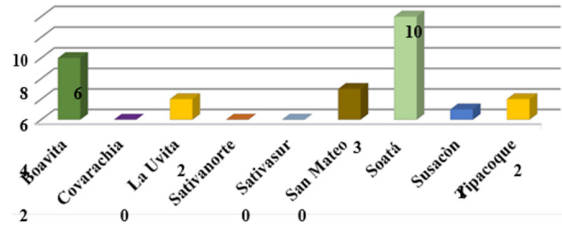


Imagen 14 Fuente: Elaboración Propia, 2019

Ubicados de la siguiente forma: Ilustración . Ubicación de los prestadores de servicios de alojamiento en la Provincia de Norte.

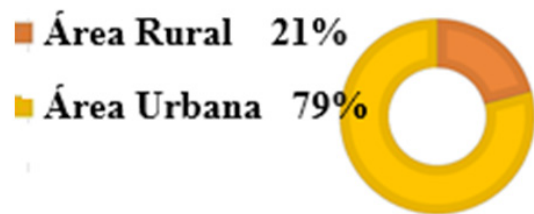


Imagen 15 Fuente: Elaboración Propia, 2019

- En cuanto a formalidad se encontró que 29% de los prestadores no cuenta con registro mercantil o Registro Nacional de Turismo, de los 3 establecimientos de apoyo a la actividad presentes, ninguno se encuentra registrado.
- El 100% son micro empresas de tipo familiar.
- La Provincia de Norte tiene una capacidad para hospedar a ochocientos sesenta y uno (861) personas distribuidas en trescientos dieciocho (302) habitaciones y dieciséis (16) cabañas.

Establecimientos de alimentos y bebidas: En la provincia de Norte se encontraron 58 prestadores de alimentos y bebidas distribuidos y ubicados de la siguiente forma.

Ilustración . Distribución por municipio del número de prestadores de alimentos y bebidas en la Provincia de Norte

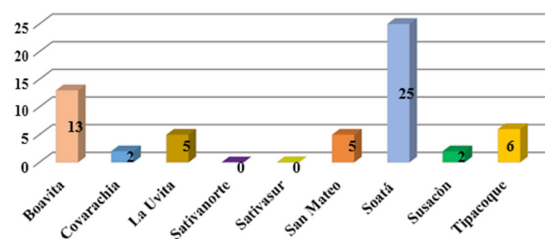
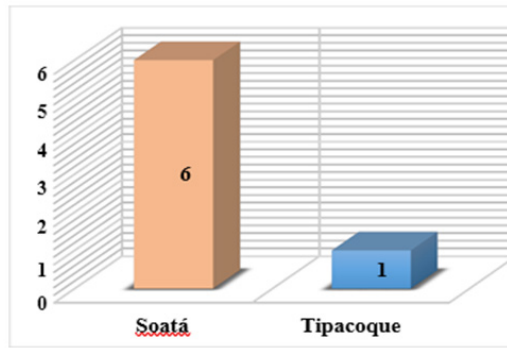


Imagen 16 Fuente: Elaboración Propia, 2019

En cuanto al establecimiento de apoyo a la actividad del servicio de Alimentos y Bebidas se encontraron siete (7) distribuidos de la siguiente manera:

**Ilustración . Establecimientos de apoyo a la actividad presentes en la Provincia de Norte**

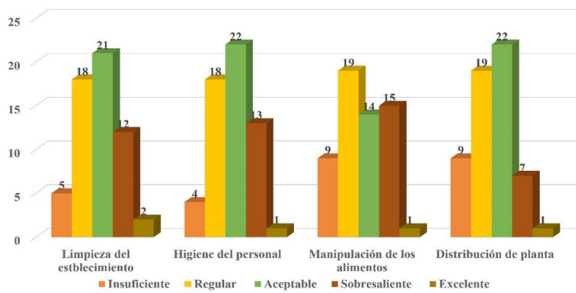


**Imagen 17 Fuente: Elaboración Propia, 2019**

• La provincia de Norte tiene capacidad para atender a 2658 personas distribuidas en 615 mesas.

• Para el caso de alimentos y bebidas se hizo una evaluación en la calidad del servicio en aspectos como atención al cliente, limpieza del establecimiento, higiene del personal, manipulación de los alimentos, distribución de la plata, calificados durante la visita al establecimiento, obteniendo los siguientes resultados.

**Ilustración 6. Características de calidad de los prestadores de servicios de alimentos y bebidas presentes en la Provincia de Norte.**



**Imagen 18 Fuente: Elaboración Propia, 2019**

#### 4. CONCLUSIONES

• El índice de informalidad de los prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad de la provincia norte des del 29%.

• El 99% de los prestadores de servicios turísticos son microempresas de tipo familiar.

• El 56% del total de propietarios o administradores tienen estudios de bachiller, un 25% con estudios de primaria, un 11% con estudios profesionales, un 7% con estudios técnicos y un 1% cuenta con estudios de posgrado.

• El índice de informalidad de los prestadores de servicios turísticos y establecimientos de apoyo a la actividad de la provincia norte des del 29%.

• El 15% de los prestadores de servicios turísticos se promocionan mediante algún medio virtual.

• El 9% del total de los prestadores de servicios turísticos activos cuenta con Cámara de Comercio y RNT.

#### RECOMENDACIONES

• Se hace necesario unificar la información brindada por las alcaldías, ya que esta información en muchos casos no concuerda dificultando así la identificación y conocimiento del estado actual de los prestadores de servicios turísticos.

• Se recomienda realizar una actualización anual de información de prestadores de servicios turísticos en la provincia de Norte puesto que en esta actividad económica se crean y se cierran establecimientos con frecuencia.

• Se recomienda en acompañamiento de entidades públicas crear programas de capacitación y sensibilización respecto a infraestructura y atención a personas en condiciones de discapacidad así mismo en atención al cliente, higiene y manipulación de alimentos.


• Es relevante verificar que los establecimientos inscritos en las bases de datos de la Cámara de Comercio se dediquen a la actividad por la cual se constituyen inicialmente, que tengan la logística básica y el personal para el desarrollo de dicha actividad.



## REFERENCIAS



- Ley 300 de 1996-Ley General de Turismo. (1996). Ministerio de Desarrollo Económico Bogotá, Colombia.
- Bernal. (2017). Mapa Provincia Norte. Obtenido de Fondo mixto de cultura de Boyacá: <https://www.fondocultura.org/rutas-navidenas-provincias-de-boyaca.html>
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Bogotá, Colombia: Prentice Hall Pearson 3a edición.
- Córdoba, J. ((2016-2019)). Plan de desarrollo municipal. Honestidad y trabajo, compromiso de todos . Obtenido de <http://www.boavita-boyaca.gov.co/planes>
- Fondo Mixto de Cultura de Boyacá. (2017). Obtenido de <https://www.fondocultura.org/rutas-navidenas-provincias-de-boyaca.html>
- Galvis, J. (2016-2019). Plan de desarrollo municipal: La Uvita, biodiversa, productiva y solidaria. Obtenido de <http://www.lauvita-boyaca.gov.co/>
- Gomez, N. (2016-2019). Plan de desarrollo municipal. Sativanorte, un territorio sostenible e incluyente de Boyacá para el mundo municipio de sativanorte.
- Google Maps. (2019). Google Inc. Obtenido de <https://www.google.com.co>
- Granados, R. (2016). Puesta en marcha del Observatorio Turístico del Grupo GUIA-OTGUIA como herramienta de sistematización, evaluación y control de la investigación turística en el departamento de Boyacá. Tunja, Boyacá, Colombia : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia .
- Hurtado, J., Bonilla, E., & Christian, J. (2006). La investigación- Aproximaciones a la Construcción del Conocimiento Científico. Madrid: Marcombo.
- Melgarejo, N. (2016-2019). Plan de desarrollo municipal: obras con sentido social. Municipio de Tipacoque. Obtenido de <http://www.soata-boyaca.gov.co/tema/planes>
- MinCIT. ( 2018). Plan sectorial de Turismo 2018-2022 “turismo el propósito que nos une”. Republica de Colombia .
- MinCIT. (2003). Política para el desarrollo del ecoturismo . Republica de Colombia: V versión. MinCIT. (2018). Turismo comunitario en Colombia. Dirección de calidad y desarrollo sostenible del turismo . Republica de Colombia.
- Organización Mundial Para el Turismo (O.M.T). (1997). CODIGO ETICO MUNDIAL. Santiago de Chile: O.M.T.
- Rodríguez Moreno, D. C., & Granados Ávila, P. N. (2017). “DIAGNÓSTICO DE COMPETITIVIDAD DEL TURISMO EN BOYACÁ (COLOMBIA)”. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión , 203.
- Salazar, y. (2016-2019). Plan de desarrollo: Trabajo con sentido social. Municipio de Covarachia. Obtenido de <http://www.covarachia-boyaca.gov.co/>
- Strauss, A., & Juliet, C. (2002). “Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría”. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Torres, L. (2016-2019). Plan de desarrollo: Soatá siempre adelante. Municipio de Soatá. Obtenido de <https://soataboyaca.micolombiadigital.gov.co/>



# PREPARACIONES GASTRONÓMICAS A BASE DE PIÑA IDENTIFICADAS EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA – SANTANDER Y SU DECONSTRUCCIÓN

## GASTRONOMIC PREPARATIONS BASED ON PINEAPPLE IDENTIFIED IN THE MUNICIPALITY OF LEBRIJA - SANTANDER AND ITS DECONSTRUCTION

NATALI LÓPEZ MEJÍA. NELLY BIBIANA MORALES POSADA. JUAN CARLOS BERNAL ANTOLÍNEZ

### RESUMEN

Introducción. En Colombia, el cultivo de piña se registra principalmente en tres departamentos, uno de ellos es Santander, donde el municipio de Lebrija es uno de los municipios con mayor producción. A pesar de esto, no se encuentra evidencia gastronómica de su uso (escrita, fílmica o sonora) en sus costumbres culinarias. El objetivo de esta investigación fue identificar recetas a base de piña y mediante técnicas de vanguardia como la deconstrucción evaluar el efecto de su implementación. Metodología. Se desarrollaron tres fases, a saber 1) mediante instrumentos como entrevistas y apoyo audiovisual (observación), se buscó identificar a) la variedad más cultivada de piña y b) las preparaciones y técnicas culinarias asociadas. 2) la deconstrucción de uno de los platos identificados y 3) empleando 15 personas semi-entrenadas se efectuaron las evaluaciones sensoriales. Resultados. En la fase 1) se evidenció que en la zona rural se encuentran cuatro preparaciones tradicionales, destacando la mojarra rellena con piña calada envuelta en hoja de plátano, seleccionada para la deconstrucción (fase 2), según el panel sensorial (fase 3) en esta técnica se obtuvo mayor intensidad en crocancia y textura suave de la pulpa, así como la coloración dorada de la piel del pescado, todos estos atributos sensoriales; sin embargo, el sabor se vio afectado disminuyendo su intensidad. Conclusiones. Finalmente se demostró que si hay preparaciones gastronómicas a base de piña en Lebrija y que un mismo plato puede diferir radicalmente en su presentación del original sin perder su esencia.

**PALABRAS-CLAVE:** Lebrija, piña, mojarra, deconstrucción.

### ABSTRACT

Introduction. In Colombia, pineapple cultivation is registered mainly in three departments, one of them is Santander, where the municipality of Lebrija is one of the municipalities with the highest production. Despite this, there is no gastronomic evidence of its use (written, film or sound) in their culinary customs. The objective of this research was to identify pineapple-based recipes and using cutting-edge techniques such as deconstruction to evaluate the effect of their implementation. Methodology. Three phases were developed, namely 1) using instruments such as interviews and audiovisual support (observation), it was sought to identify a) the most cultivated variety of pineapple and b) the associated culinary preparations and techniques. 2) the deconstruction of one of the identified dishes and 3) using 15 semi-trained people, the sensory evaluations were carried out. Results. In phase 1) it was evidenced that in the rural area there are four traditional preparations, highlighting the mojarra stuffed with openwork pineapple wrapped in banana leaf, selected for deconstruction (phase 2), according to the sensory panel (phase 3) in this technique greater intensity was obtained in crispness and smooth texture of the pulp, as well as the golden coloration of the skin of the fish, all these sensory attributes; however, the flavor was affected by decreasing its intensity. Conclusions. Finally, it was shown that if there are gastronomic preparations based on pineapple in Lebrija and that the same dish can radically differ in its presentation from the original without losing its essence.

**KEYWORDS:** Lebrija, pineapple, mojarra, deconstruction

- 1 Profesora del Programa de Tecnología en Gastronomía – Universitaria Agustiniana, Uniagustiniana, Colombia – natali.lopez@uniagustiniana.edu.co  
2 Profesora del Programa de Tecnología en Gastronomía – Universitaria Agustiniana, Uniagustiniana, Colombia – Traducción de Nelly Bibiana Morales Posada (Magister em Ciências - Química - UFRJ) (Certificado de Proficiência em Língua Portuguesa para Estrangeiros (CELPE-Bras) - bibiana.morales@uniagustiniana.edu.co  
3 Programa de Tecnología en Gastronomía – Universitaria Agustiniana, Uniagustiniana, Colombia – juan.bernal@uniagustiniana.edu.co



## RESUMO

Introdução. Na Colômbia, a plantação de abacaxi é cultivada principalmente em três regiões, uma delas é Santander, onde o município de Lebrija é um dos municípios com maior produção. Apesar disso, não há evidências gastronômicas de sua utilização (nem escrita, cinematográfica ou sonora) em seus costumes culinários. O objetivo desta pesquisa foi identificar receitas à base de abacaxi para serem feitas por técnicas de vanguarda, como a desconstrução, para avaliar o efeito de sua implementação. Metodologia. Foram desenvolvidas três fases, 1) coleta de dados utilizando estratégias como entrevistas e apoio audiovisual (observação), procurou-se identificar a) a variedade de ananás mais cultivada e b) as preparações e técnicas culinárias associadas. 2) a desconstrução de um dos pratos identificados e 3) com 15 pessoas semi-treinadas, foram realizadas as avaliações sensoriais. Resultados. Na fase 1) encontra-se que na zona rural existem quatro preparações tradicionais, destacando-se o mojarra (peixe) recheado com abacaxi caramelizado envolto em folha de banana, selecionado para desconstrução (fase 2), de acordo com o painel sensorial (fase 3) obteve-se maior intensidade na textura crocante e lisa da polpa, bem como na coloração dourada da pele do peixe (todos esses atributos sensoriais) pela técnica de desconstrução; no entanto, o sabor foi afetado pela diminuição de sua intensidade. Conclusões. Por fim, foi demonstrado que se existem preparações gastronômicas à base de abacaxi em Lebrija e que o mesmo prato pode diferir radicalmente em sua apresentação do original sem perder sua essência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lebrija, abacaxi, mojarra, desconstrução.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Asociación Hortifrutícola de Colombia - Asohofrucol (2019), entre 2014 y 2018 la producción de piña ha venido aumentando en un 12% anual y el departamento de Santander cuenta con un aproximado de 43% de zonas productoras, lo que lo hace el primer productor de piña actualmente. Lebrija es uno de los dos municipios con mayor producción de este fruto en el departamento, la piña hace parte de su historia, el cultivo llegó a Lebrija en los años 50 y por ello este municipio se ha reconocido como la capital piñera de Colombia. En los años 60 se inició con la feria de la piña, la cual ha hecho parte de la identidad de los Lebrijenses ya que este era un espacio para compartir las costumbres culturales y demás actividades de entretenimiento (Corporación Cultural y Social de Lebrija, 2016). Lebrija se encuentra solo a unos 20 de la capital del departamento (Bucaramanga).

La variedad de piña denominada perolera fue la que abrió el camino de producción y comercialización en 1951, con la Cooperativa Agrícola de Piñeros de Lebrija, de esta forma se inicia su comercialización por toda Colombia. En las ferias iniciales se buscaba resaltar la piña como producto agrícola, exponiendo más de 1000 frutos y más de 14 productos derivados. En 1963 es cuando se cataloga como Capital Piñera de Colombia, pero hacia los años 70 no se soportaron los altos costos de producción versus los bajos costos de venta. En consecuencia, los agricultores perdieron interés en su cultivo y fueron incorporando otros productos; ya para los años 90, su fama agrícola con respecto a la piña considerablemente.

Actualmente, Lebrija es uno de los municipios que encabeza la lista de los 14 productores dentro de la región santandereana, retomando nuevamente un puesto de relevancia (Corporación Cultural y Social de Lebrija, 2016).

A pesar de lo expuesto anteriormente, no se encuentra evidencia gastronómica de su uso (escrita, filmica o sonora) por tanto su impacto cultural es limitado solo a tradiciones orales, lo cual pone en evidencia la falencia de que muchas de las preparaciones regionales carecen de la incorporación de los alimentos endémicos de la región como la piña y por ende estos alimentos no figuran dentro de los hábitos alimenticios de la población (Gabriel et al, 2012). El patrimonio gastronómico es un pilar para la conservación de la cultura, porque los alimentos regionales determinan la cultura de un

pueblo, conectan a la población con su origen y estimulan las experiencias culinarias y el intercambio (Duarte et al., 2017; Mintz, 2003; Meléndez et al., 2009).

Asumiendo que el patrimonio gastronómico nace en la cocina y ésta es considerada un lenguaje universal, es claro que hace parte de las tradiciones de una sociedad; sin embargo, eso está sujeto al sentido de pertenencia que su población tenga del patrimonio cultural como tal de su entorno directo (municipio, región) e indirecto (país). La comida como término coloquial, es un elemento socio-cultural intangible ya que es una de las formas de expresión heredadas por nuestros antepasados, pese a su fragilidad, la UNESCO la ubica como un factor que mantiene la diversidad cultural frente a la innegable globalización. (UNESCO, sf). En este sentido, la presente investigación buscó identificar las preparaciones gastronómicas con piña en el municipio de Lebrija.

La cocina, como espacio específico para la preparación de alimentos ha ido evolucionando a medida que lo ha hecho el ser humano. En 1990, surge la cocina modernista, momento en que los chefs buscaron inspiración en un amplio espectro de tradiciones culinarias para la alta cocina. Esto fue liderado por chefs como Ferran Adrià, Andoni Luis Aduriz y Heston Blumenthal, sin dejar de lado a los científicos Hervé This y Nicholas Kurti, quienes proporcionaron los conocimientos científicos necesarios para las transformaciones que los chefs querían experimentar con nuevos ingredientes y equipos desarrollando nuevas texturas y formas, logrando platos nuevos. Hoy, la cocina de vanguardia actualiza recetas que no han cambiado durante más de un siglo (Hollander, 2013).

Las técnicas de vanguardia le brindan herramientas a los chefs para que sean más creativos, pues implica la creación de nuevos platos basados en la cocina tradicional o nouvelle cuisine, además de continuar con la implementación de la cocina molecular con sus ingredientes alternativos, tratamientos al vacío, utilización de nitrógeno, entre otros (Ramsden, 2013; Albors-Garrigos et al., 2013). Mientras que algunos intentan crear platos más sencillos y menos laboriosos que los tradicionales, otros por lo contrario, elaboran platos no necesariamente más sencillos (Harrington, 2004). Una de las técnicas más reconocidas de la cocina de vanguardia es la desconstrucción o reinterpretación en cocina, la cual implica adaptar platos pre-existentes (proteger

el espíritu del plato) a estilo de cocina personal, utilizando armonías ya conocidas transformando los ingredientes para obtener nuevas sensaciones sensoriales (Ferran Adrià's, 2001). Al momento de hacer evaluaciones sensoriales que comparen la preparación tradicional versus la preparación de vanguardia, se encuentra que a los comensales no les importa mucho la presentación o la técnica del plato si no sabe bien, es por esto que el sabor siempre será un atributo determinante (Borkenhagen, 2017).

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación a partir de identificar las preparaciones gastronómicas que se han desarrollado a lo largo del tiempo con la piña busca emplear la técnica de vanguardia de deconstrucción para la reinterpretación de una de las preparaciones tradicionales identificadas. De la misma manera, también tiene como fin reconocer el tipo de piña que actualmente más se está produciendo en el municipio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Estrategias metodológicas

Se empleó el tipo de investigación exploratoria con un enfoque mixto mayormente cualitativo, para los objetivos de identificación. Respecto al análisis sensorial el enfoque fue mixto mayormente cuantitativo y se llevó a cabo un diseño experimental de tipo factorial.

### 4.2 Población y muestra

Se empleó el muestreo no probabilístico de la bola de nieve para identificar a los individuos que estaban directamente involucrados en el cultivo de la piña o en su transformación, específicamente campesinos pertenecientes a la Asociación de Piñeros de Lebrija y pobladores en general referidos por la Casa de la Cultura del municipio.

Para el análisis sensorial se emplearon 15 jueces semi-analíticos en edades entre los 18 y 50 años con capacitación pertinente.

### 4.3 Instrumentos de recogida de información

Se diseñó e implementó una entrevista semiestructurada para los objetivos de identificación, con la población local tanto en las zonas rurales como urbanas del municipio. En cuanto al análisis sensorial se realizaron pruebas de tipo escalar empleando escalas de intensidad de 3 puntos y dos factores fueron seleccionados para el diseño experimental.

### 4.4 Procedimiento

#### 4.4.1. Trabajo de campo y definición del área geográfica

Este paso fue específico para los objetivos de identificar las preparaciones gastronómicas con piña en el municipio de Lebrija e identificar las variedades de piña que se están cultivando en el municipio, el instrumento de recopilación de información se detalló en el ítem 2.3. Como material complementario se llevó a cabo registro fotográfico.

De acuerdo con los resultados obtenidos en cuanto a las recetas a base de piña, se seleccionó una para realizar la respectiva deconstrucción.

Se visitaron fincas productoras de piña, pobladores de la zona rural y la zona urbana referenciados por la Casa la Cultura de Lebrija y los mismos pobladores.

Se visitaron aproximadamente 16 puntos relacionados entre restaurantes, tiendas, establecimientos de abastecimiento agrícola, plaza de mercado y 10 fincas ubicadas en la zona rural y personas que elaboran alguna preparación a base de piña (5).

#### 4.4.2. Deconstrucción del plato

En el caso del objetivo que busca emplear la técnica de vanguardia de deconstrucción para la reinterpretación de una de las preparaciones tradicionales identificadas, se identificaron los ingredientes y métodos de cocción de las recetas tradicionales para posteriormente, transformarlos con técnicas culinarias de vanguardia.

#### 4.4.3. Análisis sensorial

Con el fin de medir de manera cuantitativa la intensidad de la propiedad sensorial en la preparación tradicional y la de vanguardia (deconstruida), se realizaron análisis sensoriales con escalas de intensidad de 1 “poco intenso”, 2 “medianamente intenso” y 3 “muy intenso”. Se proporcionó una muestra por preparación de 25 g aproximadamente a cada panelista. El agua fue requerida como agente enjuagante a temperatura ambiente entre cada muestra. La muestra poblacional empleada se describió en el ítem 2.2., quienes tenían capacitaciones previas (pruebas de identificación de texturas). Se verificó que los jueces no presentaran rechazo al tipo de muestra a evaluar.

#### 4.4.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un diseño de tipo factorial donde se evaluó el efecto de factores como panelista (15 panelistas) y tratamiento (tradicional y deconstruida) en los resultados de la evaluación sensorial. Se realizó un análisis de varianza ANOVA con prueba Tukey para identificar diferencias con un nivel de significancia  $P \leq 0,05$ .

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Trabajo de campo

Así como lo muestra la Figura 1, la piña hace parte de los simbolismos representativos del municipio, lo que de alguna manera evidencia la importancia histórica del fruto allí.

**Figura 1. La piña como parte de los simbolismos representativos del municipio**



**Imagen 19 Fuente: Generada por los autores (2019).**

Mediante las entrevistas y observación se pudo notar que los agricultores han venido reemplazando el cultivo de piña por otros como el limón, aguacate, cacao, y otros cítricos, debido a que la piña requiere largo tiempo de para llegar a cosecha, además genera un gran impacto en el ecosistema por el uso de pesticidas (en la Figura 2 se muestran algunos de los cultivos visitados). En la Figura 3 cabe destacar la variedad que se cultivó inicialmente, la petrolera, sin embargo, la mayor producción es para la variedad oro miel, por rendimiento, menos cuidado en cultivo, suavidad y sabor dulce en cuanto a atributos sensoriales. La Figura 4 muestra el cultivo de variedad petrolera y oro miel en comparativa, la petrolera se puede vender sin importar peso del guacal mientras que con el oro miel ocurre lo contrario, además de poderse comercializar en diferentes tamaños.

**Figura 2. Cultivos de piña en el municipio de Lebrija – Santander.**



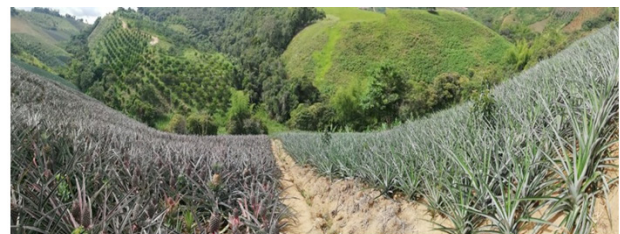
**Imagen 20 Fuente: Generada por los autores (2019).**

**Figura 3. Piña perolera de Lebrija – Santander.**



**Imagen 21 Fuente: Generada por los autores (2019).**

**Figura 4. Cultivo de piña. A la derecha variedad oro miel y a la izquierda variedad perolera.**



**Imagen 22 Fuente: Generada por los autores (2019).**

En la Figura 5 se encuentran otros cultivos que ahora corresponden a la mayor área sembrada del municipio, entre ellos se encuentran los cítricos (mandarina, naranja, limón) los que vienen a ser ahora los cultivos principales, aguacate, zapallo, cacao, etc.

**Figura 5. Otros alimentos cultivados en Lebrija – Santander.**



**Imagen 23 Fuente: Generada por los autores (2019).**

## 5.2 Recetas identificadas

La forma de consumo más común en los pobladores es mínimamente procesada, es decir, cortada en trozos; muy rara vez en jugos a pesar de que los visitantes lo solicitan.

Se identificó un postre y una cerveza artesanal, de las cuales no se tiene más conocimiento dado que se elaboraron para un concurso, pero no se replicó.

En cuanto a lo evidenciado en los restaurantes predomina la comida rápida y platos donde no hay incorporación de piña; solo en el restaurante “El Casero” hay un plato de alitas con salsa de piña, el cual fue incorporado en su menú gracias a iniciativas propias de la Casa de la Cultura para incentivar el turismo gastronómico del municipio, la piña empleada es variedad perolera, se carameliza. También en la zona urbana se encontró mezcla de frutas con piña, pan hawaiano y una bebida gaseosa de piña.

La cascara de piña se emplea para la elaboración de guarapo, que se hace en un recipiente de barro llamado “Moya”, en el que también se emplea la variedad perolera. Este guarapo tradicional incluye otros ingredientes como panela, agua, uva, hierbabuena y anís. Esta preparación solo se elabora para eventos específicos. Por otro lado, la misma pobladora entrevistada realiza mermelada.

Un postre y un plato fuerte fueron identificados en la zona rural del municipio. El postre se hace con zanahoria y crema de leche. El plato fuerte fue la mojarra rellena con piña calada envuelta en hoja de plátano en fogón de leña (ver Figura 6), esta fue la preparación tradicional transformada mediante técnicas de vanguardia, una de las razones para su elección fue el horno empleado;

El fogón de leña hace parte del patrimonio gastronómico del país; sin embargo, es evidente la dificultad de reportar correctamente cientos de recetas elaboradas en cocinas con este tipo de fogón u otro tipo de fogones tradicionales como de tierra o carbón, más aún relacionándola con otro inconveniente, documentar recetas obtenidas por tradición oral (Ordóñez, 2012). Por lo anterior, esta receta toma relevancia ya que no solo es tradicional desde sus ingredientes sino también desde su método de cocción.

Figura 6. a) Mojarra rellena con piña calada envuelta en hoja de plátano. b) Cocción de los alimentos en fogón de leña.

a)



b)



Imagen 24 Fuente: Generada por los autores (2019).

A partir de la información recolectada se evidencia que no hay apropiación de la piña como ingrediente en preparaciones tradicionales del municipio, pues obtener las recetas tradicionales acá citadas fue un proceso dispendioso. La única iniciativa para preservar esta fruta como parte de la identidad del municipio es la feria que se realiza allí anualmente en el mes de julio, donde se concursa por el plato tradicional de Lebrija y la piña toma un papel relevante.

## 5.3 Deconstrucción del plato

Tal como se muestra en la Figura 7, el postre de piña con zanahoria y la mojarra rellena con piña calada envuelta en hoja de plátano, fueron replicadas por el entrevistado y fueron las recetas rescatadas; sin embargo, para la deconstrucción solo se empleó la última. En la tabla 1 está la información respectiva de la receta tradicional versus la receta deconstruida. El resultado final obtenido con la deconstrucción del plato se evidencia en la Figura 8.

**Figura 7. Réplica del postre de piña con zanahoria y mojarra rellena con piña calada envuelta en hoja de plátano**



**Imagen 25 Fuente: Generada por los autores (2019)**

**Figura 8. Deconstrucción del plato**



**Imagen 26 Fuente: Generada por los autores (2019)**

**Tabla 1. Receta Tradicional Versus Receta Deconstruida Del “Pescado A Las Finas Hierbas Relleno Con Piña, Envuelto En Hoja De Plátano”**

Receta	Materiales e Ingredientes	Procedimiento
Tradicional	1 mojarra grande sin vísceras ni escamas 250 g de yuca Hojas de plátano (las necesarias para envolver el pescado). 80 g de piña cortada en cuadritos ( <u>brunoise</u> ) Atado pequeño de perejil liso 10 g de orégano seco 6 g de orégano seco 30 g de cebolla roja Cilantro fresco 30 g de cebolla puerro 30 g de pimentón (punto intermedio) cortado en julianas largas 30 g de apio 10 g de ajo fresco Hoja de hierbabuena 20 ml de salsa soya Hojas de albahaca Romero fresco Cúrcuma 30 g de cebolla larga 8 g de jengibre 10 ml de aceite Papel aluminio	<p>Se elabora primero un adobo: para lo que se licua un poco, perejil, orégano (hoja grande), hierbabuena, ajo, sal, salsa soya, albahaca (tres hojas), orégano de hoja pequeña, romero, cúrcuma, apio, jengibre, cilantro, cebolla larga, agua. Se adiciona la mitad de la piña, la cebolla cortada en plumas.</p> <p>Se alista el pescado y el mismo se sumerge en el adobo durante 1 h en un recipiente con tapa.</p> <p>Mientras transcurre el tiempo, se acondiciona la yuca y sin venena se <u>sumerge</u> en agua con sal para cocinarla hasta que quede tierna y suave.</p> <p>Posteriormente se dispone de las hojas de plátano limpias y blanqueadas previamente. Se extrae el pescado del adobo y se rellena con el mismo, procurando incorporar la mayor cantidad de piña. Este se envuelve en las hojas de plátano y se envuelve nuevamente en papel aluminio.</p> <p>Seguidamente se lleva al horno de leña o brasas de leña por un tiempo promedio de 30 min, dando vueltas cada 10 min para una cocción uniforme.</p>
Deconstrucción	1 mojarra grande limpia Hojas de plátano Papel aluminio	<p>Se alista el pescado, se <u>filetea</u> cuidadosamente para aprovechar toda la carne, se quita la piel de cada filete, para hacer crocantes deshidratados en el horno.</p>
	200 g de piña en <u>brunoise</u> sin corazón 60 ml de crema de leche 2 yemas de huevo 20 gramos de cebolla cabezona 10 g de apio 3 hojas de laurel 20 g de cebolla puerro 30 g de pimentón 5 g de ajo fresco Perejil liso 10 g de orégano fresco 6 g de orégano seco Hojas de albahaca Romero fresco	<p>El filete es sometido a cocción al vacío con un trozo de hoja de plátano por 10 min.</p> <p>Con ayuda de un procesador de alimentos se elabora una farsa con los filetes de pescado, ajo, crema de leche, cebolla puerro, yema de huevo, sal. Posteriormente se dispone de las hojas de plátano para hacer el envoltorio con la farsa de pescado.</p> <p>Con el perejil, cebolla, tomillo, laurel, apio se elabora un batido para enriquecer la preparación, agregando la piña en <u>brunoise</u>.</p> <p>Finalmente, se elabora el envoltorio con las hojas de plátano y papel aluminio, para llevar al horno precalentado a 70 °C, por un tiempo estimado de 5 minutos.</p>

**Tabla 2 Fuente. Completamente generada por los autores (2020).**

## 5.4 Análisis sensorial

De acuerdo con el análisis de varianza ANOVA se presentan diferencias significativas entre las muestras (Tratamiento) ( $P = 0,000$ ), y no entre los puntajes dados por los panelistas ( $P = 0,079$ ) (Ver Tabla 2). Respecto a los datos mostrados en la Tabla 3 la coloración y fracturabilidad (crocancia) de la receta deconstruida presentan un puntaje significativamente mayor comparada con el de la tradicional.

Tabla 2. Análisis De Varianza Análisis Sensorial

Pulpa de pescado			
Fuente de variación	Grados de Libertad	Valor F	Valor P
Panelista	14	2,48	0,006
Tratamiento	1	120,44	0,000
Piel de pescado			
Panelista	1	1,68	0,079
Tratamiento	14	489,67	0,000

Tabla 3 Fuente. Completamente generada por los autores (2020)

Tabla 3. Análisis sensorial de la piel de pescado.

Tratamiento	Fracturabilidad (crocancia)	Coloración dorada
Tradicional	1,13±0,07 <sup>b</sup>	1,19±0,04 <sup>b</sup>
Deconstruida	2,84±0,04 <sup>a</sup>	2,82±0,08 <sup>a</sup>
Los valores corresponden al promedio ( $n = 15 \times 3$ repeticiones = 45) ± DE. Letras diferentes (a,b) en la misma columna indican diferencias significativas por efecto tratamiento ( $P \leq 0,05$ ).		

Tabla 4 Fuente. Completamente generada por los autores (2020).

En la Tabla 4 se evidencia que el sabor a pescado fue significativamente mayor ( $P \leq 0,05$ ) en la receta tradicional. La textura suave fue calificada como más intensa para la muestra deconstruida y la gomosidad fue significativamente mayor en la muestra tradicional, así como la jugosidad.

Tabla 4. Análisis sensorial de la pulpa de pescado.

Tratamiento	Sabor a pescado	Sabor a hoja de plátano	Textura suave	Gomosidad	Jugosidad
Tradicional	2,62±0,04 <sup>a</sup>	1,89±0,04 <sup>a</sup>	2,53±0,07 <sup>b</sup>	2,71±0,10 <sup>a</sup>	2,56±0,04 <sup>a</sup>
Deconstruida	1,58±0,08 <sup>b</sup>	2,09±0,17 <sup>a</sup>	2,84±0,15 <sup>a</sup>	1,29±0,04 <sup>b</sup>	1,29±0,10 <sup>b</sup>
Los valores corresponden al promedio ( $n = 15 \times 3$ repeticiones = 45) ± DE. Letras diferentes (a,b) en la misma columna indican diferencias significativas por efecto tratamiento ( $P \leq 0,05$ ).					

Tabla 5 Fuente. Completamente generada por los autores (2020).

Los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Gluchowski et al. (2019), respecto a intensidad en los atributos sensoriales del plato utilizando técnicas de vanguardia mayores o como mínimo, comparables a las obtenidas para el plato tradicional.

### 3. CONCLUSIONES

- Las variedades de piña identificadas en zona de cultivo fueron la perolera y oro miel, de esta última hay mayor producción principalmente por factores económicos y gustos del consumidor. Sin embargo, la variedad perolera se sigue cultivando dado que es endémica de la región.
- Fueron reconocidas cuatro preparaciones tradicionales provenientes de la zona rural, a saber: guarapo, mermelada, pescado a las finas hierbas con piña y postre de piña. En la zona comercial fueron identificadas preparaciones como mezcla de frutas con helado, pan hawaiano, piña confitada (salsa) y una bebida gaseosa con sabor a piña.
- De acuerdo con el análisis sensorial de la receta tradicional “pescado a las finas hierbas relleno con piña, envuelto en hoja de plátano” versus su receta deconstruida, los sabores y texturas se mantuvieron en algunos y en otros se intensificaron como fue el caso de la crocancia y la coloración dorada de la piel del pescado y la textura suave de la pulpa. La técnica de vanguardia de deconstrucción fue implementada de manera exitosa, ya que se logró reconstruir a través de la memoria degustativa la similitud en sabores y texturas con la receta original.
- Este capítulo es producto del proyecto de investigación “INV2019-I16”, del Programa de Tecnología en Gastronomía de la Universitaria Agustiniiana.




## REFERENCIAS



- Albers-Garrigos, J., Barreto, V., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., Hervás-Oliver, J. L., (2013). Creativity and Innovation Patterns of Haute Cuisine Chefs. *Journal of Culinary Science & Technology*, 11(1), 19–35. doi:10.1080/15428052.2012.728978
- Asohofrucol. (2019). BALANCE DEL SECTOR HORTIFRUTICULTURA EN 2018. Asohofrucol.com. Recuperado de: [http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE\\_DEL\\_SECTOR\\_HORTIFRUTICULTURA\\_2018.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_DEL_SECTOR_HORTIFRUTICULTURA_2018.pdf)
- Borkenhagen, C. (2017). Evidence-based creativity: Working between art and science in the field of fine dining. *Social Studies of Science*, 47(5), 630–654. doi.org/10.1177/0306312717725204
- Corporación Cultural y Social de Lebrija., (2016). Lebrija, Santander 2016. Revista Patrimonio, segunda edición.
- Duarte, I. A. E., Botelho, R. B. A., Akutsu, R. de C., (2017). Regional Food Consumption in the Northeast of Brazil by the Low-Income Population. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1–15. doi:10.1080/15428052.2017.1406833
- Ferran Adrià's., (2001). Deconstructing Soup. Available at: [https://www.academia.edu/9452687/Deconstructing\\_Soup\\_Ferran\\_Adri%C3%A0s\\_Culinary\\_Challenges](https://www.academia.edu/9452687/Deconstructing_Soup_Ferran_Adri%C3%A0s_Culinary_Challenges). (accessed 28 august 2020).
- Gabriel, C. G., L.d.C.F., C., M.C.M., C., Vasconcelos, F. D. A. G. D., (2012). Planning menus for municipal schools: Discussion and illustration of this process in two Brazilian state capitals. *Revista De Nutrição*, 25(3), 363–372. doi:10.1590/S1415-52732012000300006
- Głuchowski, A., Czarniecka-Skubina, E., Pielak, M., Ołubiec-Opatowska, E., (2019). Sensory quality of molecular dishes and consumers' attitudes towards them. *Italian Journal of Food Science*, 31(3).
- Harrington, R. J., (2004). Part I: The culinary innovation process, a barrier to imitation. *Journal of Foodservice Business Research*, 7(3), 35–57. doi.org/10.1300/J369v07n03\_04
- Hollander, S., (2013). Cooking made complicated at college. *Wall Street Journal*, 13 June. Available at: <https://www.wsj.com/articles/SB10001424127887324188604578543283358595510> (accessed 29 august 2017).
- Meléndez, J. M., Cañez De la Fuente, G. M., (2009). La cocina tradicional regional como un elemento de identidad y desarrollo local: el caso de San Pedro El Saucito, Sonora, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 17(SPE), 181-204.
- Mintz, S. W., (2003). Sabor a comida, sabor a libertad. *Incursiones en la comida, la cultura y el pasado*. México, D. F., Ediciones de la Reina Roja, S.A. de C.V
- Ordoñez, C. 2012. Gran libro de la cocina colombiana. Bogotá, Colombia: Ministerio de Cultura
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). s.f. ¿Qué es el patrimonio cultural inmaterial? Recuperado de: <https://ich.unesco.org/es/que-es-el-patrimonio-inmaterial-00003>
- Ramsden, J., (2013). Sous vide cooking: Sucking all the sensation out of food preparation? Available at: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/wordofmouth/2013/feb/20/sous-vide-cooking> (accessed 28 august 2020).





# REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO PARA VALIDAR EL MÉTODO DE DESCENSOS NATURALES

## REALIZATION OF A PROJEC OF STRUCTURAL LIGHTNING PROTECTION OF A BUILDING TO VALIDATE THE DESCENTE METHOD NATURAL

CAIO HENRIQUE MARQUES MACHADO. THIAGO VIEIRA DA SILVA. FÁBIO DE BRITO GONTIJO.

### MODELO ABSTRACT

En este trabajo se llevará a cabo el proyecto de un Sistema de Protección contra Rayos con énfasis en el uso de descensos naturales en un edificio X. El objetivo principal de este trabajo es validar el método de descensos naturales, buscando verificar su nivel de peligrosidad y, por tanto, probar su la seguridad. Los beneficios estéticos y económicos también se comprobarán al comparar el método de descenso natural con el sistema de protección convencional, que a su vez utiliza descensos externos a la estructura. Y como era de esperar, el trabajo también presenta el proceso paso a paso de implementación de un proyecto de protección contra rayos de acuerdo con los estándares regulatorios brasileños. Los estudios bibliográficos de autores de renombre y la norma reguladora brasileña forman la base científica de este artículo, lo que respalda la confianza del autor. Las principales consecuencias de este trabajo están vinculadas a la fiabilidad y beneficios que el método de descensos naturales garantiza o no al diseñador de un sistema de protección contra rayos. Así, al final de este trabajo, se proporcionarán los resultados obtenidos a través de este caso de estudio y quedará a criterio del lector verificar la viabilidad o no viabilidad del método utilizado, en base a la evidencia presentada en este artículo.

**PALABRAS CLAVE:** SPDA Estructural; SPDA con descensos naturales;

### ABSTRACT MODEL

In this work, the project of a Lightning Protection System will be carried out with emphasis on the use of natural descents in an X building. The main objective of this work is to validate the natural descent method, seeking to verify its level of danger therefore, test your safety. The aesthetic and economic benefits will also be verified when comparing the natural descent method with the conventional protection system, which in turn uses descents external to the structure. And unsurprisingly, the work also presents the step-by-step process of implementing a lightning protection project in accordance with Brazilian regulatory standards. Bibliographic studies by renowned authors and the Brazilian regulatory standard form the scientific basis for this article, supporting the author's confidence. The main consequences of this work are linked to the reliability and benefits that the natural descent method guarantees or not to the designer of a lightning protection system. Thus, at the end of this work, the results obtained through this case study will be provided and it will be up to the reader to verify the viability or non-viability of the method used, based on the evidence presented in this article.

**KEYWORDS:** Structural SPDA; SPDA with natural descents;

1 Caio Henrique Marques Machado estudiante de Ingeniería Eléctrica, Centro Universitario de Patos de Minas, UNIPAM, Brasil - caiohenrique@unipam.edu.br Traducción de Caio Henrique Marques Machado (Estudiante de Ingeniería Eléctrica - UNIPAM)

2 Thiago Vieira da Silva Profesor del curso de Ingeniería Eléctrica, Centro Universitario de Patos de Minas, UNPAM, Brasil - thiagovs@unipam.edu.br

3 Fábio de Brito Gontijo Coordinador del curso de Ingeniería Eléctrica, Centro Universitario de Patos de Minas, UNIPAM, Brasil - fabiobg@unipam.edu.br

## 1. INTRODUCCIÓN

Hace más de doscientos años, precisamente el 15 de junio de 1752, el científico estadounidense Benjamin Franklin estaba llevando a cabo un peligroso experimento de volar una cometa de papel utilizando un alambre metálico en medio de una tormenta. Posteriormente, este experimento demostró a la comunidad científica de la época que el rayo no es más que una gran corriente eléctrica. Algún tiempo después, Benjamin descubrió que las varillas de hierro conectadas a la tierra y colocadas sobre o al lado de las estructuras, podrían servir como conductores para los rayos. Por lo tanto, Benjamin sugirió la instalación generalizada de estas varillas para un amigo que estaba en Londres, y la información se difundió rápidamente por la región y años después por todo el mundo (HEINISCH, [s / d]).

Han pasado los años, y hoy en día el método de varilla creado por Franklin se conoce como Sistema de Protección contra Rayos - SPDA, el cual fue estudiado y mejorado y ahora es un proyecto frecuentemente aplicado a estructuras y edificaciones que necesitan dicha protección. Según Niskier (2013), el SPDA es un sistema completo que tiene como objetivo proteger un edificio o estructura contra los efectos provocados por los rayos.

La SPDA es un tema que debe ser estudiado e implementado cada vez más en las edificaciones y estructuras brasileñas, debido a que el país es campeón en incidencia de rayos en el mundo, con un promedio de 100 millones de rayos por año (CRUZ, 2012). Dentro de la implementación de una SPDA, se pueden adoptar dos caminos diferentes a seguir, la SPDA no natural y la SPDA natural. Lo que diferencia estos aspectos es la forma en que se llevan a cabo sus subsistemas de conducción de los conductores, la cual, a su vez, forma parte de la SPDA encargada de conducir la corriente eléctrica desde la descarga atmosférica del captor al suelo. Así, en el SPDA no natural se utilizan conductores externos a la estructura, mientras que en el SPDA natural se utilizan conductores internos, es decir, forman parte de la propia estructura.

En este trabajo se realizará el diseño de una SPDA con descensos naturales desde un edificio X. Se presentarán definiciones, conceptos y herramientas además de toda la metodología necesaria para la elaboración de la SPDA natural en una estructura a proteger. El motivo de esta elección es, por tanto, el modelo de descensos naturales aporta algunas ventajas sobre el modelo con descensos externos a la estructura, como reducción de costes, reducción de chispas peligrosas, ganancias estéticas, etc. siempre que se sigan los requisitos específicos de la norma brasileña (NBR 5419, 2015). Además, el SPDA natural representa un desafío mayor para el autor, quien se muestra entusiasmado con el área de instalaciones eléctricas, ya que se trata de una planificación más profunda y compleja del tema.

Sin embargo, cómo se lleva a cabo el dimensionamiento de un proyecto SPDA? Qué estándares, criterios y estadísticas se deben seguir para esto? Es el SPDA natural lo suficientemente seguro como para garantizar que no haya tensiones en los escalones debido a las conexiones de los elementos metálicos internos? Estas son solo algunas preguntas que se resolverán a través de este trabajo. Como objetivo principal, por tanto, este trabajo demostrará paso a paso la implementación de un proyecto SPDA con descensos naturales. Así, su intención es demostrar la efectividad del método estructural al seguir todos los lineamientos y aspectos requeridos por la NBR 5419: 2015, teniendo como ayuda bibliográfica a autores que tengan un gran conocimiento del tema en cuestión.

Por tanto, se expondrá una investigación bibliográfica y un estudio de caso que aportará todos los resultados estudiados en el trabajo. Al final de este, los resultados se utilizarán para responder a las principales preguntas cuando el tema se refiera a un Sistema de Protección contra Rayos con Descensos Naturales.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Estrategias metodológicas

Como se mencionó anteriormente, en el presente trabajo se abordará una investigación bibliográfica que permitirá una alta ganancia de confiabilidad y enriquecimiento en las definiciones y confirmaciones de este artículo. La investigación bibliográfica también ayuda a complementar el estudio de caso que se llevará a cabo, de modo que aumente el conocimiento general vinculando las definiciones y conceptos de diferentes autores. Esta acción permite al lector enriquecer su gama de conocimientos sobre el tema, utilizando como fuente a autores de renombre y estándares regulatorios científicamente probados y comprobados. El motivo para realizar el estudio de caso es la poca información sobre el método de los descensos naturales encontrada por el autor en el ámbito científico, ya que la mayor parte de este conocimiento se encuentra en la norma reguladora brasileña NBR 5419: 2015. Por tanto, el presente trabajo buscará validar el método a partir de unos pocos autores encontrados que se han posicionado específicamente sobre este tema, así como la propia norma rectora.

### 2.1.2 Población y muestra

Con el fin de obtener los datos necesarios para la elaboración de una SPDA, se determinó que se adoptará el edificio X como la estructura a proteger por la SPDA. El edificio X se muestra en las Figuras 15 y 16.

Figura 15 - Edificio X

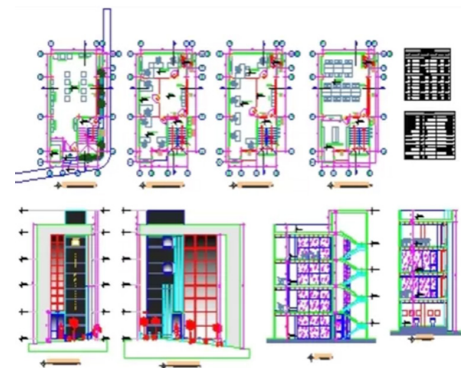


Imagen 27 Fuente: Willy Hualpa Vega, BIBLIOCAD

Figura 16 - Edificio X, en el programa AUTOCAD 2014

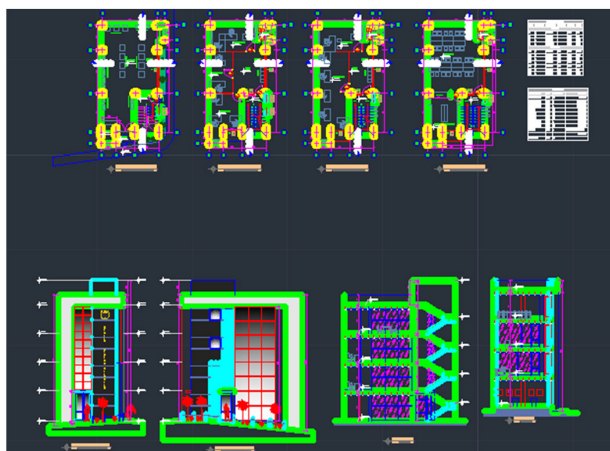


Imagen 28 Fuente: Willy Hualpa Vega, BIBLIOCAD

Todos los datos relacionados con altura, ancho y largo estarán disponibles más adelante en el proceso de implementación del Sistema de Protección contra Rayos calculado en el Anexo A de este trabajo.

El edificio en cuestión que se muestra en la Figura 15 es un edificio residencial común y representará cualquier edificio ubicado en la ciudad de Patos de Minas - MG, Brasil. También se considerará que el edificio en cuestión se encuentra en fase de diseño y, por tanto, el SPDA con descensos naturales se vuelve viable ya que su aplicación en edificios ya construidos no es viable debido a su método de funcionamiento que utiliza el refuerzo interno de acero. Siempre que se sigan algunos criterios (TÁSSIA, 2014).

### 2.1.3. Instrumentos de recogida de información

Es importante enfatizar inicialmente que la principal diferencia entre SPDA natural y no natural está en sus subsistemas de descenso, y en los descensos naturales los elementos conductores son normalmente parte del edificio, y por su naturaleza conductora son capaces de drenar las corrientes de la descarga atmosférica hacia el subsistema de puesta a tierra (MAMEDE, 2018).

A pesar de esto, la SPDA natural trae consigo algunas dudas que involucran preguntas sobre riesgos de descarga eléctrica debido a voltajes internos de paso y también inseguridades que involucran la durabilidad de los elementos naturales que recibirán cargas eléctricas durante los rayos. Sin embargo, la norma NBR 5419: 2015 que gobierna la protección contra rayos presenta un alto nivel de confiabilidad cuando se sigue estrictamente sus criterios.

Esta confiabilidad es el resultado de estudios de cálculos que garantizarán un bajo riesgo de descarga eléctrica, así como una alta durabilidad de los materiales involucrados en la SPDA natural. De esta forma, se entiende que las medidas de protección consideradas en ABNT NBR 5419 son confiables ya que han demostrado ser efectivas en la reducción de los riesgos asociados a la caída de rayos (NBR 5419, 2015). De esta manera, la norma reguladora brasileña será utilizada como instrumento de recolección de información, siendo la base de confianza en este trabajo, garantizando así la seguridad tanto del diseñador de una SPDA con descensos naturales como no naturales.

### 2.1.4. Procedimiento

Para comprender mejor cómo se realiza un SPDA natural, la Figura 1 muestra un ejemplo de soldadura de partes metálicas de una estructura.

Figura 1 - Conexiones mecánicas entre las partes metálicas de una estructura

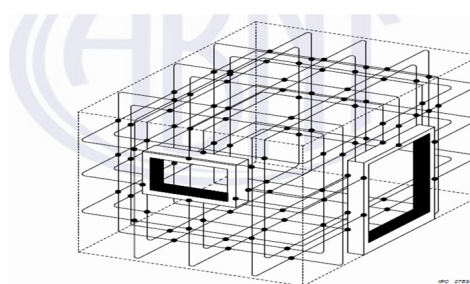


Imagen 29 Fuente: NBR 5419, 2015

Según Alexander (2013, p.32) [...] “podemos considerar una red como una interconexión de elementos o dispositivos” [...]. Al observar la Figura 1, se nota la enorme cantidad de redes creadas a partir de la interconexión de elementos metálicos.

Desde el punto de vista de la compatibilidad electromagnética, los múltiples conductores contribuyen a limitar los efectos inductivos en el interior del edificio, siempre que no estén muy cerca de dispositivos electrónicos o sistemas sensibles (CREDER, 2016).

En la secuencia, se abordará la Protección contra Descargas Atmosféricas (PDA), campo de la Norma Regulatoria Brasileña (NBR), que es la SPDA Natural.

### Protección contra rayos - PDA

Al ingresar al campo de la protección contra rayos, existe un vasto mundo de pautas y caminos que se pueden adoptar y, por lo tanto, es necesario realizar una investigación para comprender realmente lo que la norma NBR 5419:

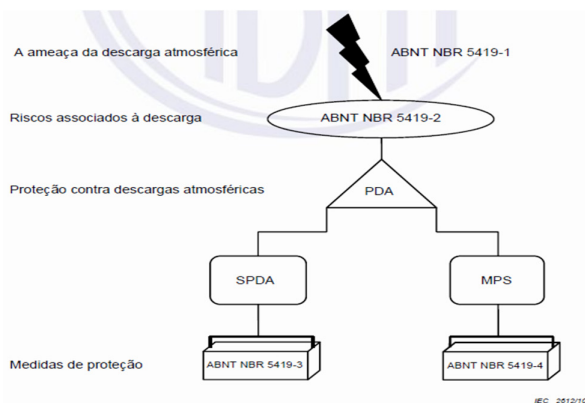
2015 considera como la protección completa de una estructura contra los rayos. De esta manera, según NBR 5419 (2015, p. 9) “Todas las medidas de protección contra los rayos forman una protección completa contra los rayos”.

Por razones de practicidad, NBR 5419: 2015 divide la protección completa en dos partes, el MPS (Medidas de protección contra sobretensiones) y el SPDA (Sistema de protección contra rayos).

Mientras que el MPS se enfoca directamente en las medidas de protección para reducir la falla de los sistemas eléctricos y electrónicos, el SPDA, a su vez, es el momento en el que se tomarán las medidas de protección para reducir los daños físicos y los riesgos de vida dentro de la estructura.

Estar protegido (NBR 5419, 2015). La Figura 2 muestra cómo se lleva a cabo la protección completa contra los rayos tal como lo sugiere la norma NBR 5419: 2015.

**Figura 2 - Proteção completa contra raios e suas divisões**



**Imagem 30 Fonte: NBR 5419, 2015**

De acordo com a Figura 2, por lo tanto, la protección completa de una estructura se dividirá entre el SPDA y las Medidas de protección contra sobretensiones (MPS). Por lo tanto, el siguiente tema explicará cómo se implementa un Sistema de protección contra raios (SPDA) de manera detallada y eficiente.

**SPDA**

A la hora de dimensionar un SPDA, es necesario, en primer lugar, definir el nivel de protección más relevante para el edificio en cuestión. Según Filho (2011, p.232), “El nivel de protección expresa eficiencia, es decir, la probabilidad con la que un SPDA protege un volumen frente a los efectos de los raios”. La Tabla 1 muestra la relación entre el nivel de protección de un SPDA y su clase.

**Tabla 1 - Relación entre nivel de protección y clase de un SPDA.**

Nivel de proteção	Classe de SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

**Tabla 6 Fuente: NBR 5419, 2015**

Para obtener un nivel de protección de la SPDA, y por tanto una clase, primero se debe realizar una evaluación de riesgo, que servirá de base para elegir el nivel y clase de protección de la estructura a proteger (NBR 5419, 2015).

Mamede (2018), clasifica el riesgo como el valor que determina una probable pérdida promedio anual de vidas, activos, etc., en la estructura para la cual se proyecta la SPDA.

Para realizar un cálculo de riesgo, primero la norma NBR 5419:2015, considera algunas situaciones dependiendo de la posición del punto de impacto de una descarga atmosférica.

Son ellas:

- a) S1: raios en la estructura;
- b) S2: raios cerca de la estructura;
- c) S3: Rayos en líneas eléctricas y tuberías metálicas que ingresan a la estructura;
- d) S4: rayo cerca de líneas eléctricas y tuberías metálicas que ingresan a la estructura.

En estas situaciones, la descarga atmosférica puede causar daños de diversas formas a la estructura analizada. Estos daños fueron catalogados de la siguiente manera por NBR 5419:2015:

- a) D1: daños a personas por descarga eléctrica;
- b) D2: daño físico (incendio, explosión, destrucción mecánica liberación de productos químicos) debido a los efectos de las corrientes del rayo, incluidas las chispas;
- c) D3: fallas internas del sistema debido a LEMP.

Como consecuencia de todos los daños sufridos, ya sea por objetos, estructuras o seres vivos, se producen pérdidas. NBR 5419:2015, considera las siguientes pérdidas que pueden aparecer como consecuencia de daños materiales a la estructura a proteger:

- a) L1: pérdida de vidas humanas (incluidos daños permanentes);
- b) L2: pérdida de servicio al público;
- c) L3: pérdida de patrimonio cultural;
- d) L4: pérdida de valor económico (estructura y su contenido, así como interrupciones de actividades).

La norma en cuestión también enfatiza que, para sus fines, solo deben considerarse como servicios al público el agua, el gas, la energía y las señales de TV y telecomunicaciones.

**Figura 3 - Daños y pérdidas significativos sufridos por una estructura en función del punto de impacto de una descarga atmosférica.**

Ponto de impacto	Fonte de dano	Tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura	S1	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>a</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>b</sup> , L2, L4
Nas proximidades de uma estrutura	S2	D3	L1 <sup>b</sup> , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura	S3	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>a</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>b</sup> , L2, L4
Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica	S4	D3	L1 <sup>b</sup> , L2, L4

a Somentemente para propriedades onde pode haver perdas de animais.  
b Somentemente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.

**Imagem 31 Fuente: NBR 5419, 2015**

Teniendo en cuenta la relación entre los ítems mencionados en la Figura 3, que será de gran valor en el análisis de las ecuaciones que se mencionan a continuación, se inicia así la demostración del cálculo del nivel de riesgo de la estructura a proteger. La Ecuación 1 presenta la expresión general que define el nivel de riesgo.

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x \quad (1)$$

**R<sub>x</sub>** - Componente de riesgo debido a un evento peligroso causado por una descarga atmosférica;

**N<sub>x</sub>** - Número de eventos peligrosos resultantes de la caída de rayos que ocurrieron en el intervalo de un año

**P<sub>x</sub>** - Probabilidad de daño a la estructura;

**L<sub>x</sub>** - Pérdidas resultantes de un evento peligroso causado por una descarga atmosférica;

Por tanto, para definir un componente de riesgo (R<sub>x</sub>), es necesario encontrar las variables N<sub>x</sub>, P<sub>x</sub> y L<sub>x</sub> presentadas en la Ecuación 1. De esta forma, el siguiente tema se centrará en las metodologías necesarias para obtener la variable N<sub>x</sub>.

**N<sub>x</sub>: número de eventos resultantes de la caída de rayos ocurridos en un año**

Primero, se presentará la variable N<sub>x</sub>, la cual a su vez puede ser evaluada por la densidad de impactos de rayo en la región donde se ubica la estructura a proteger, y también por sus características físicas, edificaciones, torres, tanques de acero (MAMEDE, 2018). A la hora de realizar el análisis de las características físicas de la estructura a proteger, es necesario conocer las Ecuaciones 2 y 3, siendo estas para estructuras rectangulares, y estructuras de formas complejas respectivamente.

$$S_{eqr} = L_e \times W_e + 2 \times (3 \times H_e) \times (L_e + W_e) + \pi \times (3 \times H_e)^2 \quad (m^2)$$

(2)

Dónde:

**S<sub>eqc</sub>** - Área de estructura equivalente para estructuras complejas asignadas al voladizo de la estructura;

**H<sub>ep</sub>** - Altura de la repisa construida sobre la estructura

Las figuras 4 y 5 ejemplificarán las estructuras rectangulares y las estructuras de formas complejas respectivamente, de acuerdo con las ecuaciones 3 y 4.

Figura 4 - Estructura rectangular (vista superior y alzado)

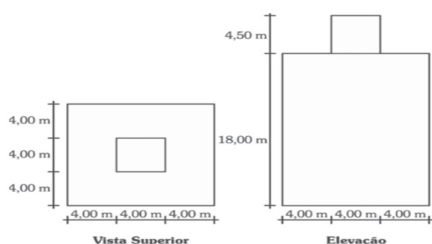


Imagen 32 Fuente: FILHO, 2011

Figura 5 - Estructura de forma compleja (elevación y vista superior)

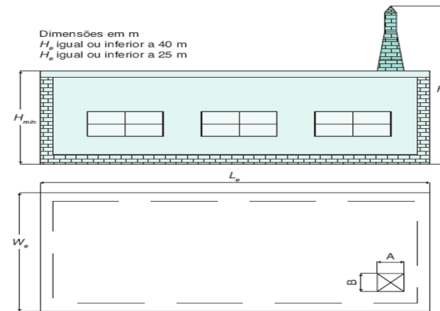


Imagen 33 Fuente: MAMEDE, 2018

Habiendo visto la diferencia en el método de cálculo para cada tipo de estructura, ahora, otro factor importante que se debe tener en cuenta es la ubicación relativa de la estructura a proteger, compensada o no por estructuras a su alrededor (NBR 5419, 2015). La Tabla 2 muestra el factor de ubicación basado en la ubicación relativa de la estructura a proteger.

Tabla 2 - Ubicación relativa de la estructura y su factor CD

Localização relativa	C <sub>D</sub>
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Tabla 7 Fuente: NBR 5419, 2015

Cada factor de "CD" afectará los cálculos de manera diferente proporcionando los resultados apropiados para cada situación. Luego, es necesario verificar la densidad de iluminación de la región donde se encuentra la estructura a proteger. La Figura 6 demuestra cómo ocurre la incidencia de rayos en la región sureste, región donde se llevarán a cabo SPDA y MPS de estructura X mencionadas anteriormente.

Figura 6 - Densidad de rayos en la región sureste (Rayos / km<sup>2</sup> / año)

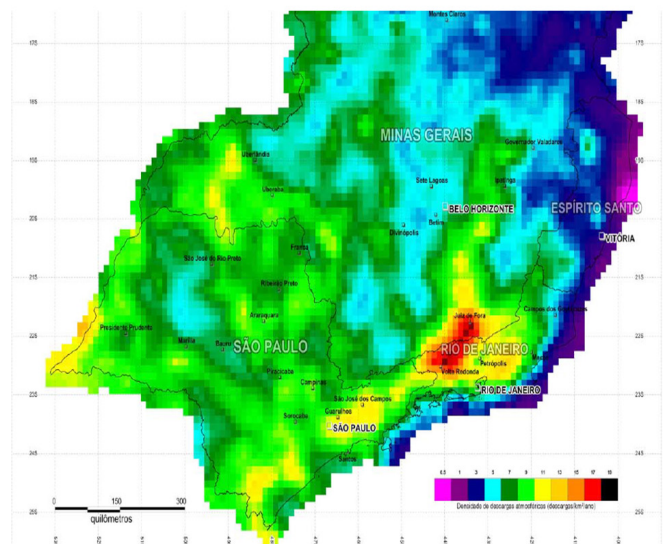


Imagen 34 Fuente: NBR 5419, 2015

De esta forma, se debe realizar una verificación del mapa de densidad del rayo que se muestra en la Figura 6, con el fin de obtener la cantidad de rayo a aterrizar en 1 km<sup>2</sup> / año en la región donde se ubica la estructura a proteger. Por tanto, de acuerdo con lo dicho anteriormente, finalmente se puede obtener el resultado de la variable Nx mediante el método que se muestra en la Ecuación.

$$N_{ate} = D_{dat} \times S_{eqr} \times F_{le} \times 10^{-6} / \text{ano} \quad (4)$$

Dónde

**N<sub>ate</sub>**- Número de eventos peligrosos para la estructura por impacto de rayo / año. Citado en la Ecuación 1 como Nx.

**D<sub>dat</sub>**- Densidad de los rayos a la Tierra, en 1 / (km<sup>2</sup> x año). Se puede obtener en la Figura 6.

**S<sub>eqr</sub>**- Área de exposición equivalente de la estructura, en m<sup>2</sup>, mostrada en la Figura 5.

**F<sub>le</sub>**- Factor de ubicación de la estructura. Se puede obtener en la Tabla 2 mediante el factor de ubicación CD.

Sin embargo, en ciertos casos como la existencia de una estructura adyacente a la estructura a proteger, se consideran algunas otras variables que involucran Nx (Número de eventos peligrosos para la estructura por impacto de rayo / año). La Ecuación 5 demuestra la determinación del número de eventos peligrosos para una estructura adyacente debido a los rayos.

$$N_{atea} = D_{dat} \times S_{eqra} \times F_{lea} \times F_{tl} \times 10^{-6} / \text{ano} \quad (5)$$

Dónde

**N<sub>atea</sub>**- Número promedio anual de eventos peligrosos resultantes de la caída de un rayo directamente en una estructura adyacente conectada al final de la línea;

**D<sub>dat</sub>**- Densidad de los rayos a la Tierra, en 1 / (km<sup>2</sup> x año). Se puede obtener a través de la Figura 6;

**S<sub>eqra</sub>**- Área de exposición equivalente de la estructura adyacente, en m<sup>2</sup>;

**F<sub>lea</sub>**- Factor de ubicación de la estructura adyacente, que se puede obtener en la Tabla 2 a través del factor de ubicación CD;

**F<sub>tl</sub>**- Factor de tipo de línea que se puede obtener en la Tabla 3;

La Tabla 3 presenta el factor de tipo de línea dado por CT, que se puede usar para resolver la ecuación 5, reemplazando el término Ftl (factor de tipo de línea).

**Tabla 3: Factor de tipo de línea proporcionado para la estructura a proteger**

Instalação	C <sub>T</sub>
Linha de energia ou sinal	1
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	0,2

**Tabla 8 Fuente: NBR 5419, 2015**

Otras 3 situaciones pueden tener un impacto directo en el valor de Nx dependiendo del punto de impacto de los rayos como se puede ver en la Figura 3. Por lo tanto, estas situaciones deben ser consideradas para obtener un estudio completo de Nx. La ecuación 6 primero proporciona una evaluación del número anual promedio de eventos peligrosos resultantes de los rayos cerca de la estructura a proteger.

$$N_{atpe} = D_{dat} \times S_{eqpm500} \times 10^{-6} / \text{ano} \quad (6)$$

Dónde

**N<sub>atpe</sub>** - Número promedio anual de eventos peligrosos resultantes de la caída de rayos cerca de la estructura por año;

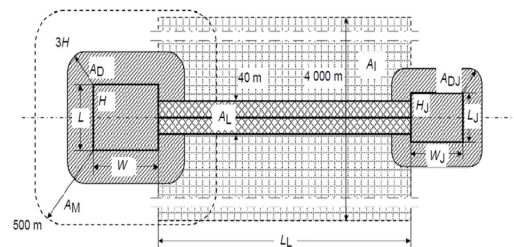
**D<sub>dat</sub>** - Densidad de los rayos a la Tierra, en 1 / (km<sup>2</sup>xano). Se puede obtener a través de la Figura 6;

**S<sub>eqpm500</sub>** - Área de exposición equivalente al rayo que llega a una ubicación cercana a la estructura, en m<sup>2</sup>. Esta zona de exposición representada por Seqpm500, se extiende a una distancia de 500 m desde el perímetro de la estructura a proteger. Seqpm500 se puede calcular utilizando la Ecuación 7 de acuerdo con los límites que se muestran en la Figura 7. Destacando que sus variables ya se han mencionado en la Ecuación 2.

$$S_{eqpm500} = 2 \times 500 \times (L_e + W_e) + \pi \times 500^2 (m^2) \quad (7)$$

La Figura 7, a su vez, representa las áreas de eliminación equivalentes de rayos que llegan a una ubicación cercana a la estructura.

**Figura 7 - Áreas de disposición equivalente (AD, AM, AI, AL)**



**Imagen 35 Fuente: NBR 5419,2015**

La ecuación 8, que da continuidad a las situaciones, proporciona una evaluación del número promedio anual de eventos peligrosos resultantes de la caída de rayos que afectan directamente la línea eléctrica, o la señal que alimenta la estructura a proteger.

$$N_{sl} = D_{dat} \times S_{eq1} \times F_{il} \times F_{amb} \times F_{tl} \times 10^{-6} / \text{ano} \quad (8)$$

Dónde

**N<sub>sl</sub>**- Número de sobretensiones de amplitud igual o superior a 1kV por año, en el tramo de la línea de potencia o señal.

**D<sub>dat</sub>** - Densidad de los rayos a la Tierra, en 1 / (km<sup>2</sup> x año). Se puede obtener a través de la Figura 6;

**F<sub>il</sub>** - Factor de instalación de la línea de distribución, dado en la Tabla 4;

**F<sub>amb</sub>** - Factor ambiental dado en la Tabla 5;

**F<sub>tl</sub>** - Factor de tipo de línea obtenido en la Tabla 3;

**S<sub>eq1</sub>**- Área de exposición equivalente a los rayos que llegan a la línea o señal eléctrica, en m<sup>2</sup>. Se puede calcular usando la Ecuación 9, junto con los límites mostrados anteriormente en la Figura 7.

$$S_{eq1} = 40 \times L_1 (\text{m}^2) \quad (9)$$

Dónde

**L<sub>1</sub>**- Longitud de la sección de la línea de distribución o señal en m. Si no se identifica la longitud de la línea de distribución, se puede suponer una longitud de sección de la línea de distribución de 1000 m.

Las tablas 4 y 5 proporcionaron el factor de instalación de la línea y el factor ambiental de la línea, respectivamente.

**Tabla 4: Factor de instalación de línea dado por CI (CI puede ser reemplazado por Fil en la Ecuación 8)**

Roteamento	C <sub>I</sub>
Aéreo	1
Enterrado	0,5
Cabos enterrados instalados completamente dentro de una malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.2).	0,01

**Tabla 9 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 5: Factor ambiental de línea, dado por CE (CE puede reemplazarse por Famb en la Ecuación X)**

Ambiente	C <sub>E</sub>
Rural	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano com edificios mais altos que 20 m.	0,01

**Tabla 10 Fuente: NBR 5419, 2015**

Dando a los segmentos las situaciones que pueden impactar directamente el valor de Nx, llegamos, por lo tanto, al último, que a su vez entrega una evaluación del número promedio anual de eventos peligrosos resultantes de la caída de rayos que llegan a áreas cercanas a la línea eléctrica o señales que alimentan la estructura a proteger. En esta situación, la Ecuación 10 proporcionará el método para obtener el resultado deseado.

$$N_{slp} = D_{dat} \times S_{eq1p} \times F_{il} \times F_{amb} \times F_{tl} \times 10^{-6} / \text{ano} \quad (10)$$

Dónde

**N<sub>slp</sub>**- Número de sobretensiones de amplitud igual o superior a 1 kV por año, en el tramo de línea por año;

**D<sub>dat</sub>** - Densidad de los rayos a la Tierra, en 1 / (km<sup>2</sup> x año). Se puede obtener a través de la Figura 6;

**S<sub>eq1p</sub>**- Área de exposición equivalente a la caída de rayo en la Tierra que alcance un área cercana a la línea de distribución de energía o señal, en m<sup>2</sup>. Se puede calcular usando la Ecuación 11, junto con la Figura 7;

$$S_{eq1p} = 4.000 \times L_1 (\text{m}^2) \quad (11)$$

**F<sub>1</sub>**- Longitud de la sección de la línea de distribución de potencia o señal en m. Puede verse en la Figura 7. Si no se identifica la longitud de la línea de distribución, se puede suponer una longitud de sección de la línea de distribución de 1000 m.

**F<sub>il</sub>**- Factor de instalación de la línea de distribución, como se muestra en la Tabla 4;

**F<sub>amb</sub>**- Factor ambiental obtenido en la Tabla 5;

**F<sub>tl</sub>**- Factor de tipo de línea proporcionado por la Tabla 3;

Así, existen las variables que permiten un estudio completo de la variable Nx (Número de eventos resultantes de la caída de rayos ocurridos en el intervalo de un año) que serán de suma importancia en el cálculo final del componente de riesgo de Rx. El siguiente tema abordará la variable Px, que es parte de la Ecuación 1, que proporciona el componente de riesgo de la estructura a proteger.

**Px** - Probabilidad de ocurrencia de daño a la estructura.

De acuerdo con NBR 5419: 2015, la probabilidad de daño de Px se ve afectada por las características de la estructura a proteger, las líneas conectadas y las medidas de protección existentes. La norma también señala que sus probabilidades proporcionadas solo serán válidas si las medidas de protección están de acuerdo con ABNT NBR 5419-3, para medidas de protección para reducir las lesiones a los seres vivos y reducir el daño físico. También deben estar de acuerdo con ABNR NBR 5419-4 para medidas de protección para reducir fallas internas del sistema.

Como en el tema anterior sobre la variable Nx, también es necesario en este abordar las diversas posibilidades de situaciones que involucran a la variable.

Px en relación con el rayo. Las situaciones se denominarán probabilidad en este tema, por lo que en primer lugar se evaluará la probabilidad de que una descarga atmosférica llegue a una estructura y cause lesiones a los seres vivos por descarga eléctrica. Según Mamede (2018), las tensiones de paso y contacto que se producen a los seres vivos como consecuencia de las descargas atmosféricas en la estructura a proteger, se rigen por la medida de protección adoptada y el nivel de protección determinado en el proyecto SPDA. Por lo tanto, la ecuación 12 demostrará la probabilidad Pa de que un rayo golpee la estructura y cause lesiones a los seres vivos debido a una descarga eléctrica.

$$P_a = P_{ta} \times P_b \quad (12)$$

Dónde

**P<sub>ta</sub>**-La probabilidad de que una persona sea sometida a tensiones de paso y contacto provocadas por la caída de rayos en una estructura, que es función de las medidas de protección adicionales adoptadas. Pueden verse en la Tabla 6;

**P<sub>b</sub>**- Su valor depende de la clase SPDA diseñada para un nivel de protección dado, cuyos valores se pueden ver en la Tabla 7;

Las tablas 6 y 7 se pueden utilizar como ayuda para resolver la ecuación. 12 mencionado anteriormente. De manera que, respectivamente, representan los valores de probabilidad en los que las tensiones de paso y de contacto pueden provocar una descarga eléctrica, y la relación entre la probabilidad de que se produzca esa descarga en función del nivel de protección adoptado en la SPDA de la estructura a proteger.

**Tabla 6 - Valores de probabilidad (dados por PTA) de que un rayo impacte a los seres vivos en una estructura debido a tensiones de contacto y pasos peligrosos.**

Medida de proteção adicional	P <sub>TA</sub>
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos de alerta	10 <sup>-1</sup>
Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)	10 <sup>-2</sup>
Equipotencialização efetiva do solo	10 <sup>-2</sup>
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	0

**Tabla 11 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 7 - Valores de probabilidad (dados por PB) que dependen de las medidas de protección para reducir el daño físico.**

Características da estrutura	Classe do SPDA	P <sub>B</sub>
Estrutura não protegida por SPDA	-	1
	IV	0,2
	III	0,1
Estrutura protegida por SPDA	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural		0,001

**Tabla 12 Fuente: NBR 5419, 2015**

Según ABNT NBR 5419: 2015, la Tabla 7 demuestra que las SPDA en general son adecuadas como medidas de protección para reducir el valor de PA, de modo que, si los valores de probabilidad de PB son diferentes a los que proporciona la tabla en cuestión, Se pueden realizar investigaciones detalladas considerando los requisitos de tamaño y los criterios de interceptación definidos en ABNT NBR NBR 5419-1.

Continuando, otra probabilidad que debe analizarse es la probabilidad de que una descarga atmosférica alcance una estructura y cause fallas en los sistemas internos. Según Creder (2016), la SPDA no protege los equipos electrónicos sensibles contra voltajes inducidos; este es un asunto relacionado con la compatibilidad electromagnética. La ecuación 13 demuestra, por lo tanto, cómo calcular la probabilidad Pc de que un rayo alcance una estructura adecuada y cause fallas en los sistemas internos.

$$P_c = P_{spd} \times F_{iba} \quad (13)$$

Dónde

**P<sub>spd</sub>** - Su valor depende del sistema de coordinación DPS y del nivel de protección contra descargas de rayo obtenido y para el que fue diseñado el DPS en cuestión. Su valor se puede encontrar en la Tabla 8 según el nivel de protección de la SPDA;

**F<sub>iba</sub>** - Su valor depende del nivel de aislamiento de la línea que suministra electricidad a la estructura, el blindaje aplicado a la línea y el proyecto de puesta a tierra desarrollado para protegerla. El valor de la variable se puede obtener en la Tabla 9 con referencia a los diferentes tipos de línea eléctrica o señal conectada a la estructura;

Por tanto, las Tablas 8 y 9 muestran, respectivamente, los valores de probabilidad para los que se diseñaron los DPS y los factores relacionados con las líneas de potencia o señal.

**Tabla 8 - Valores de probabilidad (proporcionados por PSPD) en función del nivel de protección (NP) para el que se diseñaron los DPS.**

NP	P <sub>SPD</sub>
Nenhum sistema de DPS coordenado	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 2	0,005 – 0,001

**Tabla 13 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 9 - Valores de los factores CLD y CLI que dependen de las condiciones de blindaje, puesta a tierra y aislamiento.**

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C <sub>Ld</sub>	C <sub>Li</sub>
Linha aérea não blindada	Indefinida	1	1
Linha enterrada não blindada	Indefinida	1	1
Linha de energia com neutro multiterreado	Nenhuma	1	0,2
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,1
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0

**Tabla 14 de la tabla 9 (continuación)**



Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C <sub>LD</sub>	C <sub>LI</sub>
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Cabo protegido contra descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	0	0
(Nenhuma linha externa)	Sem conexões com linhas externas (sistemas independentes)	0	0
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo com a ABNT NBR 5419-4	0	0

Tabla 15 Fuente: NBR 5419, 2015

Entonces, una probabilidad que también puede ocurrir es la probabilidad de que una descarga atmosférica llegue a un punto cercano a la estructura a proteger, provocando fallas en los sistemas internos. Según Mamede (2018), esta probabilidad está en función de las medidas adoptadas para proteger la estructura, como la instalación de la propia SPDA, blindaje con malla, límites de voltaje de dispositivos, equipos, líneas eléctricas y sistemas DPS coordinados. La ecuación 14 permite encontrar el valor de esta probabilidad  $P_m$  a través de su resolución.

$$P_m = P_{spd} \times F_{ms} \quad (14)$$

Dónde

$F_{ms}$  - Es un factor que puede calcularse mediante la Ecuación 15 que se presenta a continuación;

$$F_{ms} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2 \quad (15)$$

Dónde

$K_{s1}$  - Es la función de la eficiencia del blindaje de la malla en la estructura del proyecto SPDA. El valor de esta variable debe ser igual o menor que 1, que se puede encontrar resolviendo la Ecuación 16.

$$K_{s1} = 0,12 \times L_{m1} \quad (\text{dieciséis})$$

Dónde

$L_{m1}$  y  $L_{m2}$  - Estos son los anchos del blindaje en forma de rejilla, o los conductores descendentes del SPDA tipo malla o el espaciamiento entre columnas metálicas de la estructura, en metros. Se utilizan en las ecuaciones 16 y 17 respectivamente;

$K_{s2}$  - Función de eficiencia de apantallamiento mediante malla de apantallamiento interna a la estructura; El valor de esta variable debe ser igual o menor que 1. Se puede ver en la Ecuación 17;

$$K_{s2} = 0,12 L_{m2} \quad (17)$$

$K_{s3}$  - Función de las características del cableado interno, como se puede ver en la Tabla 10;

$K_{s4}$  - Función de la tensión de impulso soportada máxima del sistema a proteger. Debe ser menor o igual a 1.

$$K_{s4} = \frac{V}{V_{tsi}} \quad (18)$$

Dónde

$V_{tsi}$  - Es la tensión nominal soportada al impulso del sistema a proteger, expresada en kV.

Luego, la Tabla 10 presenta el cableado interno que se correlaciona con el factor  $K_{s3}$  mostrado anteriormente en la Ecuación 15.

Tabla 10 - Valor referido al factor  $K_{s3}$  según cableado interno.

Tipo de fiação interna	$K_{s3}$
Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>a</sup>	1
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços <sup>b</sup>	0,2
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>c</sup>	0,01
Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos <sup>d</sup>	0,000 1

<sup>a</sup> Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>).  
<sup>b</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço da ordem de 10 m<sup>2</sup>).  
<sup>c</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço da ordem de 0,5 m<sup>2</sup>).  
<sup>d</sup> Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.

Tabla 16 Fuente: NBR 5419, 2015

Luego, se presentará una nueva probabilidad, que se refiere a la probabilidad de que una descarga atmosférica llegue a una línea y cause lesiones a los seres vivos por descarga eléctrica debido a voltajes de contacto. Los valores de esta probabilidad dependen de las características del blindaje de la línea, de la tensión de impulso soportada de los sistemas internos a la estructura que se conectan a la línea, de las medidas de protección como restricciones físicas o avisos que pueden servir como alertas e interfaces aislantes, o incluso DPS utilizados. Para la compensación de potencial en la entrada de la línea según ABNT NBR 5419-3 (NBR 5419, 2015). La ecuación 19, finalmente, muestra cómo se debe calcular la probabilidad en cuestión.

$$P_u = P_{tu} \times P_{eb} \times P_{ld} \times F_{iba} \quad (19)$$

Dónde

$P_{tu}$  - Es función de las medidas de protección contra tensiones de contacto, como restricciones físicas o avisos visibles. Su valor se puede encontrar en la Tabla 11;

$P_{eb}$  - Función de las conexiones equipotenciales de las puestas a tierra SPDA y el nivel de protección contra rayos NP. El valor de esta variable se puede obtener en la Tabla 12;

$P_{ld}$  - Probabilidad de falla de los sistemas internos como resultado de una descarga atmosférica en el circuito eléctrico de la estructura. Esta variable se puede obtener analizando la Tabla 13;

$F_{iba}$  - Definido en la Ecuación 13. Puede obtener su valor mediante la Tabla 9;

Las siguientes tablas 11, 12 y 13 están correlacionadas con la ecuación 19 presentada anteriormente, por lo que estas tablas son esenciales para resolver la ecuación en cuestión.

**Tabla 11 - Valores de la PTU de probabilidad de caída de rayo en una línea que ingresa a la estructura impactando a los seres vivos por tensiones de contacto nocivas.**

Medida de proteção	PTU
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos visíveis de alerta	10 <sup>-1</sup>
Isolação elétrica	10 <sup>-2</sup>
Restrições físicas	0

**Tabla 17 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 12 - Valor de probabilidad PEB con referencia al nivel de protección NP para el que se diseñaron los DPS.**

NP	PEB
Sem DPS	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 4	0,005 – 0,001

**Tabla 18 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 13 - Valores de probabilidad PLD que dependen de la resistencia RS del blindaje del cable y de la tensión soportada al impulso UW del equipo azotado**

Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação	Tensão suportável $U_w$ em kV					
		1	1,5	2,5	4	6	
Linhas de energia ou sinal	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	1	1	1	1	1	
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$50 \Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	0,95	0,9	0,8
		$1 \Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
	$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02	

**Tabla 19 Fuente: NBR 5419, 2015**

Continuando con las probabilidades de que los rayos impacten de alguna manera la estructura a proteger y los seres vivos que la habitan, entonces tenemos las últimas tres probabilidades. Dentro de estos 3, el primero es la probabilidad de que una descarga atmosférica alcance una línea y provoque daños físicos en la estructura a proteger. La ecuación 20 demuestra cómo se calcula esta probabilidad.

$$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times F_{iba} \quad (20)$$

De modo que las variables de esta Ecuación ya han sido definidas previamente en las Ecuaciones 13 y 19.

La segunda probabilidad dentro del grupo de 3 presentado anteriormente, es la probabilidad de que una descarga atmosférica llegue a una línea y cause fallas en los sistemas internos a la estructura. Esta probabilidad se rige por la Ecuación 21 que se menciona a continuación.

$$P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times F_{iba} \quad (21)$$

El valor de Pspd depende del sistema DPS coordinado y del nivel de protección contra rayos obtenido y para el que fueron diseñados los DPS. El valor de esta variable se puede encontrar en la Tabla 8, dependiendo del nivel de protección. Las demás variables fueron definidas previamente y se pueden encontrar en las Ecuaciones 13 y 14. Finalmente, del grupo de las 3 últimas probabilidades, se encuentra la tercera de ellas. Esta es la probabilidad de que una descarga atmosférica, que ocurre en las cercanías de una línea que ingresa a la estructura a proteger, provoque fallas en los sistemas internos. La ecuación 22 demuestra cómo se debe realizar el cálculo para encontrar la probabilidad citada.

$$P_z = P_{spd} \times P_{li} \times F_{ba} \quad (22)$$

Dónde

$P_{li}$  - Es la probabilidad de falla de los sistemas internos de la estructura debido a una descarga atmosférica en las cercanías de una línea conectada a esa estructura y que depende de las características del apantallamiento de la línea y su tensión de impulso soportable. Su valor se puede encontrar al analizar la Tabla 14;

$F_{ba}$  - Factor que depende de las condiciones de blindaje, puesta a tierra y condiciones de la línea.

El valor de Pspd ya había sido definido previamente en la Ecuación 13. La Tabla 14 está vinculada a la resolución de la Ecuación 22, y muestra los valores de la probabilidad  $P_{li}$  que ocurre según el tipo de línea y la tensión eléctrica que soporta el equipo.

**Tabla 14 - Valores de probabilidad  $P_{li}$  que dependen del tipo de línea y de la tensión soportada al impulso UW del equipo**

Tipo da linha	Tensão suportável $U_w$ em kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Linhas de sinais	1	0,5	0,2	0,08	0,04

**Tabla 20 Fuente: NBR 5419, 2015**

Por tanto, se han designado todas las probabilidades posibles de que un rayo pueda ser perjudicial para una estructura a proteger y para los seres vivos que se encuentran en ella. Concluido esto, el siguiente tema abordará el análisis del monto de las pérdidas que es la variable  $L_x$  presentada anteriormente en la Ecuación 1.

### Lx - Análisis de la cantidad promedio de pérdida por evento peligroso

La variable  $L_x$  puede entenderse como la cantidad relativa promedio de daño que causará una descarga atmosférica al ocasionar un evento peligroso, por lo que se debe considerar la extensión y efectos que genera este evento (NBR 5419, 2015). La norma vigente explica además que el monto de la pérdida  $L_x$  variará según el tipo de pérdida considerada por el diseñador de la SPDA, a saber:

**L1 (pérdida de vidas humanas y lesiones permanentes):** es decir, la cantidad de personas / víctimas que estarán en peligro durante el evento peligroso causado por la descarga atmosférica.

**L2 (pérdida de servicio público):** Se refiere al número de usuarios que no tendrán acceso a ningún tipo de servicio público.

**L3 (pérdida del patrimonio cultural):** Indica el valor económico que se encuentra en peligro en función de su estructura y contenido interno, por ser su contenido una pérdida irreparable.

**L4 (Pérdida de valores económicos):** Mide el valor económico en peligro de los animales, estructura y actividades que se producen en ella, contenido y sistemas internos y, para cada tipo de pérdida, si son consecuencia de daños (D1, D2 y D3). Sabiendo entonces de qué se trata cada pérdida, que debe ser considerada en una estructura a proteger, se inician sus cálculos para obtener los valores numéricos que compondrán el valor final de Lx.

Como se mencionó anteriormente en este trabajo, las pérdidas son consecuencia de los daños relevantes que sufre la estructura y, por tanto, los daños D1, D2 y D3 previstos por la NBR 5419: 2015 se pueden utilizar como base para el cálculo de las pérdidas L1, L2, L3 y L4 según la situación en la que se encuentre cada uno de ellos. Por tanto, primero se obtiene el valor de las pérdidas L1 mediante las ecuaciones 23, 24 y 25:

**D1: daños a personas por descarga eléctrica**

$$L_a = L_u = F_t \times L_t \times \frac{N_z}{N_t} \times \frac{T_z}{8760} \quad (23)$$

Entonces, la expresión  $N_z / N_t \times T_z / 8760$  representa un factor para las personas en el área.

**D2: daño físico a la estructura**

$$L_b = L_v = F_p \times F_f \times F_z \times L_f \times \frac{N_z}{N_t} \times \frac{T_z}{8760} \quad (24)$$

**D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP**

$$L_c = L_m = L_w = L_z = L_o \times \frac{N_z}{N_t} \times \frac{T_z}{8760} \quad (25)$$

**Dónde**

**L<sub>t</sub>** - Representa el número relativo promedio típico de víctimas heridas por una descarga eléctrica (D1), una consecuencia de un evento peligroso resultante de una descarga atmosférica, como se muestra en la Tabla 15;

**L<sub>f</sub>** - Indica el promedio típico relativo de víctimas que sufrieron daño físico (D2), debido a un evento peligroso derivado de una descarga atmosférica, como se puede observar en la Tabla 15;

**L<sub>o</sub>** - Muestra el número relativo promedio típico de víctimas debido a fallas de los sistemas internos (D3) debido a una descarga atmosférica, como se muestra en la Tabla 15;

**L<sub>t</sub>** - Factor en la reducción de la pérdida de vidas humanas según el tipo de superficie de suelo o piso de la estructura, gracias a un evento peligroso derivado de una descarga atmosférica, como se puede observar en la Tabla 16;

**L<sub>p</sub>** - Demuestra el factor de reducción de pérdidas por daño físico debido a ciertas medidas tomadas para reducir las consecuencias de un incendio, de acuerdo con la Tabla 17; Cabe destacar que en estructuras con riesgo de explosión,  $F_p = 1$ ; Y si se toma más de una medida de seguridad, asigne  $F_p$  el más bajo de los valores relevantes.

**L<sub>f</sub>** - Representa el factor de reducción de pérdidas por daño físico, dependiendo del riesgo de explosión o incendio de la estructura, como se muestra en la Tabla 18;

**L<sub>z</sub>** - Incremento del factor de pérdida por daño físico en la situación en la que se presenta un peligro especial, de acuerdo con la Tabla 19;

**N<sub>z</sub>** - Es el número de personas en la zona;

**N<sub>t</sub>** - Es el número total de personas en la estructura a proteger;

**T<sub>z</sub>** - Es el tiempo durante el cual las personas estarán presentes en la zona, expresado en horas por año.

Es importante tener en cuenta que cuando los rayos involucran estructuras cercanas o el medio ambiente (como emisiones químicas o radiactivas) se pueden considerar pérdidas adicionales de  $L_e$  para evaluar la pérdida total de  $L_{ft}$ . Las ecuaciones 26 y 27 demuestran cómo se realiza este cálculo:

$$L_{ft} = L_f + L_e \quad (26)$$

$$L_e = \frac{L_{fe} \times T_e}{8860} \quad (27)$$

**L<sub>fe</sub>** - Indica pérdidas por daño físico fuera de la estructura a proteger;

**T<sub>e</sub>** - Representa el tiempo de presencia de personas en lugares peligrosos fuera de la estructura a proteger;

En caso de que el diseñador desconozca los valores de  $L_{fe}$  y  $T_e$ , la norma NBR 5419: 2015 recomienda que se asuma

$L_{fe}$  y  $T_e / 8760 = 1$ . Las tablas 15 a 19

A continuación muestran varios valores que se utilizan como referencia para los cálculos de L1 como se indicó anteriormente.

**Tabla 15 -Tipo de pérdida L1: valores medios típicos de Lt, Lf y Lo**

Tipos de danos	Valor de perda típico		Tipo da estrutura
	LT		
D1 ferimentos	LT	10 <sup>-2</sup>	Todos os tipos
D2 danos físicos	LF	10 <sup>-1</sup>	Risco de explosão
		10 <sup>-1</sup>	Hospital, hotel, escola, edificio cívico
		5 × 10 <sup>-2</sup>	Entretenimento público, igreja, museu
		2 × 10 <sup>-2</sup>	Industrial, comercial
D3 falhas de sistemas internos	LO	10 <sup>-2</sup>	Outros
		10 <sup>-1</sup>	Risco de explosão
		10 <sup>-2</sup>	Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
		10 <sup>-3</sup>	Outras partes de hospital

**Tabla 21 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 16 -Factor de reducción Ft (rt en la siguiente tabla) según el tipo de suelo o superficie del suelo**

Tipo de fiação interna	Ks3
Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>a</sup>	1
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços <sup>b</sup>	0,2
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>c</sup>	0,01
Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos <sup>d</sup>	0,000 1

<sup>a</sup> Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edificios (área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>).  
<sup>b</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edificios pequenos (área do laço da ordem de 10 m<sup>2</sup>).  
<sup>c</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço da ordem de 0,5 m<sup>2</sup>).  
<sup>d</sup> Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.

**Tabla 15 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 17 -Factor de reducción de Fp (rp en la tabla siguiente) en función de las medidas tomadas para reducir las consecuencias de un posible incendio**

Providências	rp
Nenhuma providência	1
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático <sup>a</sup>	0,2

<sup>a</sup> Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.

**Tabla 23 Fuente: NBR 5419, 2015**

**Tabla 18 -Factor de reducción Ff (rf en la tabla siguiente) según el riesgo de incendio o explosión en la estructura**

Risco	Quantidade de risco	rf
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	10 <sup>-1</sup>
	Zonas 2, 22	10 <sup>-3</sup>
Incêndio	Alto	10 <sup>-1</sup>
	Normal	10 <sup>-2</sup>
	Baixo	10 <sup>-3</sup>
Explosão ou incêndio	Nenhum	0

**Tabla 24 Fuente: NBR 5419, 2015**

A continuación, se muestra una breve explicación de cada una de las Zonas presentadas en la Tabla 18 de acuerdo con las reglas brasileñas:

**Zona 0:**

Lugar donde una atmósfera explosiva que consiste en una mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o neblina está presente de manera continua o por períodos prolongados o con frecuencia (ABNT NBR IEC60050-426: 2011).

**Zona 1:**

Lugar donde ocasionalmente puede ocurrir una atmósfera explosiva que consiste en una mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla durante el funcionamiento normal (ABNT NBR IEC60050-426: 2011).

**Zona 2:**

Lugar donde no es probable que se produzca una atmósfera explosiva que consiste en una mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla durante el funcionamiento normal, pero, si esto sucediera, persistiría solo por períodos cortos.

**Zona 20:**

Lugar en el que una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo combustible en el aire, está presente de manera continua o por períodos prolongados o con frecuencia (ABNT NBR IEC60079-10-2: 2016).

**Zona 21:**

Lugar donde una atmósfera explosiva, en forma de una nube de polvo combustible en el aire, puede ocurrir ocasionalmente durante el funcionamiento normal (ABNT NBR IEC60079-10-2: 2016).

**Zona 21:**

Lugar donde no es probable que se produzca una atmósfera explosiva, en forma de una nube de polvo combustible en el aire, durante el funcionamiento normal, pero, si lo hace, persistirá solo durante un breve período (ANBT NBR IEC60079-10-2 : 2016).

**Tabla 19 -Factor Fz (hz en la tabla siguiente) que aumenta la cantidad relativa de pierna en presencia de un peligro especial**

Tipo de perigo especial	hz
Sem perigo especial	1
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)	5
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)	5
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes maior que 1 000 pessoas)	10

**Tabla 25 Fuente: NBR 5419, 2015**

De esta forma, teniendo en cuenta cómo se deben realizar los cálculos para encontrar las pérdidas L1, ahora procederemos con los cálculos respecto a las pérdidas L2. Según Mamede (2018), las pérdidas L2 se consideran pérdidas de servicio al público por lo que es inaceptable que ocurran. Para determinar el valor de L2, es necesario realizar los cálculos debidos presentados en las ecuaciones 28 y 29:

**D2: daño físico**

$$L_b = L_v = F_p \times F_f \times L_f \times \frac{N_z}{N_t} \quad (28)$$

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$L_c = L_m = L_w = L_z = L_o \times \frac{N_z}{N_t} \quad (29)$$

Dónde

$L_f$  - Representa el número relativo promedio típico de usuarios no atendidos como resultado del daño físico D2, resultado de un evento peligroso que se generó debido a una descarga atmosférica, como se muestra en la Tabla 20;

$L_o$  - Indica el número relativo promedio típico de usuarios no atendidos como resultado de la falla de los sistemas internos D3 debido tanto a lesiones, como también a daños físicos y fallas en el sistema interno debido a daños causados por una descarga atmosférica, como se muestra en la Tabla 20;

$N_z$  - Es el número de usuarios atendidos por la zona;

$N_t$  - Es el número total de usuarios atendidos por la estructura;

Las demás variables necesarias para realizar las Ecuaciones 28 y 29 ya han sido presentadas y explicadas previamente en las Ecuaciones 24 y 25. En la secuencia se muestra la Tabla 20, la cual fue mencionada anteriormente, a su vez presenta los tipos de pérdidas L2 demostrando también el Tipo de daño y el tipo de servicio relacionado con estas pérdidas.

Tabla 20 - Tipo de pérdida L2: Valores medios típicos de  $L_f$  y  $L_o$

Tipo de dano	Valor da perda típica	Tipo de serviço
D2 danos físicos	$L_f$	$10^{-1}$ Gás, água, fornecimento de energia
		$10^{-2}$ TV, linhas de sinais
D3 falhas de sistemas internos	$L_o$	$10^{-2}$ Gás, água, fornecimento de energia
		$10^{-3}$ TV, linhas de sinais

Tabla 26 Fuente: NBR 5419, 2015

Después de realizar los cálculos referidos a las pérdidas L2, se debe proceder a las ecuaciones referidas a las pérdidas L3 conocidas también como pérdidas del patrimonio cultural. Entonces, la Ecuación 30 cuando se resuelve expresa el valor numérico que indica las pérdidas L3 de la estructura a proteger:

$$L_b = L_v = F_p \times F_f \times L_f \times \frac{C_z}{C_t} \quad (30)$$

Dónde

$C_t$  - Representa el valor total de la estructura a proteger, sumada a los bienes contenidos en ella en todas las áreas de esta estructura;

$C_z$  - Es el valor del patrimonio cultural de la zona;

$L_f$  - Número promedio relativo típico de todos los valores afectados por el daño físico D2, debido a un evento peligroso causado por una descarga atmosférica, como se puede ver en la Tabla 21;

Nuevamente, las variables necesarias para resolver la Ecuación 30 que no se mencionaron se explican en las pérdidas L1 y L2 realizadas anteriormente. Por tanto, como se menciona en  $L_f$ , a continuación se muestra la Tabla 21 que a su vez proporcionará los tipos de pérdida L3 correlacionados con el tipo de daño y el tipo de estructura / zona de la estructura a proteger.

Tabla 21 - Tipo de pérdida L3: Valor medio típico de  $L_f$

Tipo de dano	Valor típico de perda	Tipo de estrutura ou zona
D2 danos físicos	$L_f$	$10^{-1}$ Museus, galerias

Tabla 27 Fuente: NBR 5419, 2015

Ahora, teniendo en la mano cómo se hacen las matemáticas para encontrar los valores de las pérdidas L3, se continúa con la última de las pérdidas, L4. Las pérdidas L4 se denominan pérdidas económicas y sus valores numéricos se pueden encontrar utilizando las ecuaciones 31, 32 y 33 que se presentan a continuación.

D1: Daños a personas por descargas eléctricas

$$L_a = L_u = F_t \times L_t \times \frac{C_a}{C_t} \quad (31)$$

D2: daño físico

$$L_b = L_v = F_p \times F_f \times L_f \times \left( \frac{C_a + C_b + C_c + C_s}{C_t} \right) \quad (32)$$

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$L_c = L_m = L_w = L_z = L_o \times \frac{C_s}{C_t} \quad (33)$$

Dónde

$L_t$  - Indica el número relativo promedio típico de todos los valores dañados por una descarga eléctrica D1, debido a un evento peligroso que fue causado por una descarga atmosférica, como se puede ver en la Tabla 22;

$L_f$  - Representa el número relativo promedio típico de todos los valores alcanzados por los daños físicos D2, fruto de los efectos provocados por una descarga atmosférica, como se observa en el Cuadro 22;

**L<sub>o</sub>** - Es el número relativo promedio típico de todos los valores dañados debido a una falla en los sistemas electrónicos internos D3, como resultado de un evento peligroso resultante de una descarga atmosférica, como se muestra en la Tabla 22;

**F<sub>t</sub>** - Es el factor para reducir la pérdida de animales según el tipo de superficie de suelo o piso de la estructura, como se muestra en la Tabla 16;

**F<sub>p</sub>** - Factor de reducción de pérdidas por daño físico por las medidas que se toman para reducir las consecuencias de un incendio, como se muestra en la Tabla 17;

**F<sub>f</sub>** - Factor de reducción de pérdidas por daño físico, en función del riesgo de explosiones e incendios en la estructura a proteger, según Tabla 18;

**C<sub>a</sub>** - Es el valor de los animales que hay en la zona;

**C<sub>b</sub>** - Es el valor del edificio relevante para el área;

**C<sub>c</sub>** - Es el valor del contenido de la zona;

**C<sub>s</sub>** - Es el valor de los sistemas internos, incluidas sus actividades en el área;

**C<sub>t</sub>** - Es el valor total de la estructura a proteger, de modo que se lleve a cabo la suma de todas las áreas para animales, edificaciones, contenidos y sistemas internos incluyendo sus debidas actividades).

Es de gran valor mencionar que de acuerdo con NBR 5419: 2015, las razones Ca / Ct y (Ca + Cb + Cc + Cs) / Ct y Cs / Ct solo deben ser consideradas en las Ecuaciones 31 a 33, si el análisis de riesgo es realizado de acuerdo con el ítem 6.10 de la NBR 5419-2: 2015, utilizando el Anexo D de la misma. En el caso de utilizar un valor representativo para el riesgo tolerable R4 según la Tabla 4 de la norma NBR 5419: 2015, las relaciones no se pueden tener en cuenta. En estos casos, las proporciones deben ser reemplazadas por el valor 1. Cuando el daño a la estructura a proteger debido a la caída de un rayo involucre estructuras vecinas, o incluso el medio ambiente (como emisiones químicas o radiactivas), es necesario tener en cuenta las pérdidas adicionales Le, para luego evaluar la pérdida total de Lft.

$$L_{ft} = L_f + L_e \quad (34)$$

$$L_e = \frac{L_{fe} \times C_e}{C_t} \quad (35)$$

Dónde

**L<sub>fe</sub>** - Representa la pérdida por daño físico fuera de la estructura; si el valor de Lfe considera Lfe = 1;

**C<sub>e</sub>** - Indica el valor total en peligro fuera de la estructura a proteger.

Las demás variables necesarias para resolver estas Ecuaciones se explicaron en las pérdidas L1, L2 y L3. Como se menciona en la explicación de las variables en las Ecuaciones 31 a 33, la Tabla 22 a continuación muestra los tipos de pérdidas L4, y de manera similar a las Tablas L1, L2 y L3 anteriores de este modelo, correlaciona los tipos de daños y el tipo de estructura.

**Tabla 22 - Tipo de pérdida L4: valores medios típicos de Lt, Lf y Lo**

Tipo de danos	Valor de perda típico	Tipo de estrutura	
D1 ferimento devido a choque	L <sub>t</sub>	10 <sup>-2</sup>	Todos os tipos onde somente animais estão presentes
		1	Risco de explosão
D2 danos físicos	L <sub>f</sub>	0.5	Hospital, industrial, museu, agricultura
		0.2	Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial
		10 <sup>-1</sup>	Outros
		10 <sup>-1</sup>	Risco de explosão
D3 falha de sistemas internos	L <sub>o</sub>	10 <sup>-2</sup>	Hospital, industrial, escritório, hotel, comercial
		10 <sup>-3</sup>	Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público
		10 <sup>-3</sup>	Outros
		10 <sup>-4</sup>	Outros

**Tabla 28 Fuente: NBR 5419, 2015**

Por tanto, se demostraron los 4 tipos de pérdidas L1, L2, L3 y L4 y también se presentaron las Ecuaciones necesarias para encontrar los valores numéricos que representan cada una de estas pérdidas. Ahora, con la información necesaria presentada y explicada, se iniciará el análisis de los componentes de riesgo, como se mencionó anteriormente en este trabajo a través de la Ecuación 1, que presentó la fórmula básica para calcular un componente de riesgo.

### Análisis de componentes de riesgo

Como ya lo induce el nombre del tema, el análisis de un componente de riesgo es la división de todos los riesgos que una descarga atmosférica puede traer la estructura a proteger en componentes. Así, el riesgo en su conjunto se divide en 4 componentes de riesgo que están directamente asociados con las 4 fuentes conocidas de daño (S1, S2, S3 y S4) según lo dispuesto por la norma regulatoria brasileña NBR 5419: 2015, cada una de las cuales puede ser Las fuentes están asociadas con hasta 3 tipos de daños D1, D2 y D3 (NBR 5419, 2015).

De acuerdo con NBR 5419: 2015, cada componente de riesgo puede expresarse mediante una ecuación general, por lo que, en este artículo, esta ecuación general es la Ecuación 1 presentada anteriormente. La Ecuación 1 encargada de demostrar la ecuación general de un componente de riesgo presentó y explicó las variables que lo componen, pero de manera complementaria, es necesario resaltar ahora cómo los valores de estas variables se ven afectados (Nx, Px y Lx) individualmente. Por lo tanto, según lo dispuesto en NBR 5419: 2015, cada variable de la Ecuación 1 presentada en este trabajo se ve afectada de la siguiente manera:

**N<sub>x</sub>** - El número Nx de eventos peligrosos se ve afectado por la densidad de los rayos en el terreno y las características físicas de la estructura a proteger, su vecindario, las líneas conectadas y el propio suelo.

**P<sub>x</sub>** - La probabilidad de daño de los Px se ve afectada por las características de la estructura a proteger, las líneas que se conectan a ellas y las medidas de protección existentes.

**L<sub>x</sub>** - La consiguiente pérdida L<sub>x</sub> se ve afectada por el uso para el cual se diseñó la estructura a proteger, la frecuencia de personas en el sitio, el tipo de servicio prestado al público, el valor de los bienes afectados por los daños y las medidas tomadas para limitar el monto de pérdidas.

Ahora bien, habiendo entendido cómo se ve afectada cada una de las variables observadas en la Ecuación 1, podemos introducir las nuevas ecuaciones que serán las encargadas de proporcionar el valor numérico de cada componente de riesgo de la estructura a proteger, siendo estos determinantes para definir la implementación o no implementación de una SPDA en una estructura adecuada (MAMEDE, 2018). Teniendo en cuenta que como se mencionó anteriormente, los componentes de riesgo se dividen según las 4 fuentes de daño existentes, por lo tanto, las Ecuaciones 36 a 43 tienen su origen en la Ecuación 1, por lo que las Ecuaciones 36 a 38 son el resultado de las fuentes Daño S1 (rayo golpeando la estructura).

D1: Daños a personas por descarga eléctrica

$$R_a = N_{ate} \times P_a \times L_a \quad (36)$$

Dónde:

**R<sub>a</sub>** - Componente relacionado con lesiones a seres vivos por descargas eléctricas por el paso de voltaje y la propia descarga en la parte interna y externa de la estructura a proteger, en las áreas alrededor de los conductores descendentes;

**N<sub>ate</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 4;

**P<sub>a</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 12;

**L<sub>a</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 23;

D2: daño físico

$$R_b = N_{ate} \times P_b \times L_b \quad (37)$$

Dónde

**R<sub>b</sub>** - Componente relacionado con daños físicos que son causados por chispas peligrosas, dentro de la estructura a proteger, que pueden causar incendio o explosión;

**P<sub>b</sub>** - Puede verse en la Tabla 7;

**L<sub>b</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 24;

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$R_c = N_{ate} \times P_c \times L_c \quad (38)$$

Dónde

**R<sub>c</sub>** - Componente relacionado con fallas internas del sistema causadas por LEMP (Pulso o Impulso Electromagnético), con posibilidad de pérdidas de tipo L2 y L4, en todos los casos,

junto con L1 en el caso de estructuras con riesgo de explosión;

**P<sub>c</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 13;

**L<sub>c</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 25;

Habiendo demostrado las ecuaciones responsables de los componentes de riesgo de la fuente de daño S1, ahora se le da continuidad a la siguiente fuente de daño, S2 (rayos cerca de la estructura). La ecuación 39 es responsable de proporcionar el valor numérico del componente de riesgo de esta fuente de daño.

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$R_m = N_{atpe} \times P_m \times L_m \quad (39)$$

Dónde

**R<sub>m</sub>** - Componente relacionado con fallas de sistemas internos resultantes de LEMP, con posibilidad de pérdidas de tipo L2 y L4, en todos los casos, junto con el tipo L1 en el caso de estructuras con riesgo de explosión;

**N<sub>atpe</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 6;

**P<sub>m</sub>** - Puede verse en la Ecuación 14;

**L<sub>m</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 25;

Por lo tanto, al concluir esta etapa de demostración de los componentes de riesgo relacionados con la fuente de daño S2, ahora se presentarán las ecuaciones necesarias para encontrar los componentes de riesgo de la fuente de daño S3 (Rayo sobre líneas eléctricas y tuberías metálicas que ingresan a la estructura). Las ecuaciones 40 a 42 demostraron cómo se encuentra el valor numérico de dichos componentes de riesgo.

D1: Daños a personas por descargas eléctricas

$$R_u = (N_{sl} + N_{atea}) \times P_u \times L_u \quad (40)$$

Dónde

**R<sub>u</sub>** - Componente relacionado con lesiones a seres vivos provocadas por una descarga eléctrica por contacto y voltajes escalonados dentro de la estructura a proteger.

**N<sub>sl</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 8;

**N<sub>atea</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 5;

**P<sub>u</sub>** - Puede verse en la Ecuación 19;

**L<sub>u</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 31;

D2: daño físico

$$R_v = (N_{sl} + N_{atea}) \times P_v \times L_v \quad (41)$$

Dónde

**R<sub>v</sub>** - Componente relacionado con daño físico resultante de incendio o explosión que se inició por chispas peligrosas entre instalaciones externas y partes metálicas, generalmente en el punto de entrada de la línea a la estructura, originado por la corriente del rayo transmitida a lo largo de las líneas eléctricas;

**N<sub>sl</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 8;

**N<sub>atea</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 5;

**P<sub>v</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 20;

**L<sub>v</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 24;

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$R_w = (N_{sl} + N_{atea}) \times P_w \times L_w \quad (42)$$

Dónde

**R<sub>w</sub>** - Componente relacionado con fallas internas del sistema por sobretensiones inducidas en las líneas que ingresan a la estructura para ser protegidas y transmitidas por ellas;

**N<sub>sl</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 8;

**N<sub>atea</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 5;

**P<sub>v</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 21;

**L<sub>v</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 25;

Ahora, habiendo sido demostradas las fuentes de daño S3 y las fórmulas de sus componentes de riesgo, entonces la última de las fuentes de daño, S4 (descargas atmosféricas cercanas a líneas eléctricas y tuberías metálicas que ingresan a la estructura). La ecuación 43 demuestra de esta manera cómo calcular el componente de riesgo relacionado con la fuente del daño S4.

D3: Fallos internos del sistema debido a LEMP

$$R_z = N_{slp} \times P_z \times L_z \quad (43)$$

Dónde

**R<sub>z</sub>** - Componente relacionado con fallas internas del sistema causadas por sobretensiones inducidas en las líneas que ingresan a la estructura y transmitidas a ellas, las cuales pueden ocurrir en todos los casos de pérdidas de tipo L2 y L4, junto con la pérdida L1, en el caso de estructuras que tienen el riesgo de explosión.

**N<sub>slp</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 10;

**P<sub>z</sub>** - Puede verificarse en la Ecuación 22;

**L<sub>z</sub>** - Puede verse en la Ecuación 29;

Habiendo demostrado la Ecuación para la fuente de daño S4 y siendo la última de las ecuaciones para los componentes de riesgo, ahora se debe prestar atención a las zonas. Según Mamede (2018), en la evaluación de componentes de riesgo se puede realizar una división de la estructura en una o más zonas diferenciadas, siempre que estas divisiones tengan similitudes en sus características, tales como: Z1, Z2 ... Zn. Mamede también ejemplifica cómo una industria común se puede dividir en zonas:

Z1: zona exterior al edificio.

Z2: área exterior cubierta de hierba del edificio.

Z3: área de producción interna (que se puede subdividir en otras áreas, cuando no exista homogeneidad en su construcción, producción, número de empleados, etc.).

Z4: área administrativa y comercial.

Z5: centro de control de producción.

Al dividir la estructura en zonas como se mencionó anteriormente, se obtiene un mejor "control" de toda la situación y, por lo tanto, una mejor organización para identificar áreas de mayor y menor riesgo mediante el cálculo de los componentes de riesgo. También vale la pena mencionar que la estructura puede ser, o puede asumir que es una sola zona, es decir, toda la estructura y su entorno se puede considerar como una sola zona (NBR 5419, 2015).

También de acuerdo con la norma NBR 5419: 2015, las divisiones de zona se pueden hacer con un enfoque en las líneas de energía eléctrica (rayos que alcanzan la línea o que caen cerca de ella) juzgando factores como el tipo de línea, el área de exposición equivalente y las características. esta línea.

Por lo tanto, se presentaron todos los componentes de riesgo relacionados con las 4 fuentes de daño (S1, S2, S3 y S4) previstas por la NBR 5419: 2015. Los valores obtenidos al resolver estos componentes de riesgo deben ser analizados y comparados con los riesgos tolerables establecidos por la norma vigente NBR 5419: 2015, para luego verificar si es necesario implementar o no un Sistema de Protección contra Rayos en la estructura para estar protegido. Por tanto, el siguiente tema abordará los Riesgos Tolerables previstos en la norma brasileña 5419: 2015.

### Riesgos tolerables por NBR 5419: 2015

Los riesgos tolerables son valores estipulados en la NBR 5419: 2015 que, seguidos y respetados, garantizan un cierto nivel de seguridad para la estructura a proteger y su vecindario, para los seres vivos que la habitan y su patrimonio, ya sea cultural o económico. Los valores que representan el riesgo tolerable requerido por la norma vigente se pueden ver en la Tabla 23, que muestra el riesgo tolerable cuando los rayos involucran pérdidas de vidas humanas, pérdidas de valor social o cultural.



**Tabla 23 - Valores estándar de riesgo tolerable RT**

Tipo de pérdida		$R_T (y^{-1})$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	$10^{-5}$
L2	Perda de serviço ao público	$10^{-3}$
L3	Perda de patrimônio cultural	$10^{-4}$

**Tabla 29 Fuente: NBR 5419, 2015**

Es importante recordar que para el análisis de pérdidas en valores económicos (L4), se debe seguir la rutina de comparación costo / beneficio provista en el Anexo D de NBR 5419: 2015. Si los datos para este análisis no están disponibles, el valor representativo del riesgo tolerable recomendado por la norma vigente es  $RT = 10^{-3}$ .

La Tabla 23 se utiliza como base de comparación para el cálculo de los componentes de riesgo, definiendo si se define o no la necesidad de instalación de una SPDA. Para realizar este tipo de comparación, primero se deben encontrar los componentes de riesgo para cada tipo de siniestro (L1, L2, L3 y L4) a los que está sujeta la estructura a proteger.

Luego, los valores de estos componentes en común se suman para obtener un riesgo "total" correspondiente a un tipo de pérdida. Por ejemplo, en una estructura de zona de protección única, se realizaron cálculos de los componentes de riesgo referidos a la pérdida de vidas humanas (L1) y también se realizó la suma de los resultados de estos componentes, lo que se denominó "R". De esta manera, el diseñador comparó el valor de "R" con el Riesgo Tolerable (RT) para las pérdidas L1 en la Tabla 23.

También de acuerdo con NBR 5419: 2015, si el valor de  $R > RT$  la estructura necesita un SPDA para su protección, por lo que en este momento el nivel y clase del SPDA de la estructura a proteger se definen como se presenta en Tabla 1 al comienzo de este trabajo.

La Tabla 1, como se mencionó anteriormente, muestra cómo ocurre el nivel y la clase de una SPDA, variando de I a IV, de modo que I es el mejor tipo de protección y IV la protección menos eficiente. Estos niveles y clases están directamente relacionados con los valores de Riesgo Tolerable (RT) que se ven en la Tabla 23, y esta conexión ocurre debido a los nuevos cálculos que deben realizarse luego de concluir que la estructura requiere una SPDA.

Brevemente, cada nivel y clase de SPDA ofrece un cierto nivel de protección mayor o menor, y por lo tanto Es de gran valor mencionar que en la práctica los niveles y clases que van del I al IV en una SPDA se suelen aplicar siguiendo un patrón acorde a la estructura y sus características. Según Niskier (2013), se establecieron cuatro niveles de protección para que a través de estos se encuentren las decisiones que se deben tomar en un proyecto SPDA.

**Nivel I** - Se refiere a edificaciones cuya falla en el sistema de protección puede causar daños a estructuras adyacentes, tales como petroquímicas, explosivas, etc. Se puede ver en la Tabla 1;

**Nivel II** - Se refiere a edificaciones protegidas cuyo fallo en la SPDA puede provocar la pérdida de activos de alto valor o incluso provocar pánico en los ocupantes, pero sin afectar a las edificaciones vecinas. Este es el caso de los teatros, museos, estadios, etc. Se puede ver en la Tabla 1;

**Nivel III**: se refiere a edificios de uso común, como edificios residenciales y comerciales. Se puede ver en la Tabla 1;

**Nivel IV** - Se refiere a edificios donde no es habitual la presencia de personal. La construcción está hecha de material no inflamable, así como los productos que se almacenan en ella. Un ejemplo serían los galpones de almacenamiento de hormigón y materiales de construcción. Se puede ver en la Tabla 1;

Por lo tanto, habiendo demostrado cómo un diseñador llega a la conclusión de la necesidad de instalar o no un Sistema de Protección contra Rayos (SPDA) en una estructura, es necesario ahora comprender qué métodos se utilizan como medidas de protección para la implementación de una SPDA en una estructura que necesita protección contra rayos.

En el transcurso de este trabajo se mencionaría la parte bibliográfica referente a las medidas de protección adoptadas en el proyecto de una SPDA, sin embargo debido al límite de palabras (12 mil palabras) no fue posible resumir la primera parte del trabajo sin perder su calidad, por lo que , los otros temas no se pudieron ampliar. Sin embargo, estos temas se pueden solicitar en el correo electrónico del autor que se presentó en las páginas iniciales, por lo que el autor estará feliz de compartirlos con todos.

### 3. RESULTADOS

Este capítulo aún no ha sido completado por el autor de este trabajo, se disculpa porque con mayor compromiso por parte del autor, dichos datos ya estarían disponibles para su análisis en este documento.

### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido a que aún no se ha completado la recolección de datos, sería inviable y deshonesto que el autor de este artículo respondiera a las preguntas propuestas en la introducción con base en estudios de terceros, ya que el objetivo principal de este trabajo es validar el método en cuestión con investigación y propios estudios.

En cualquier caso, este trabajo se sigue realizando en la actualidad y se completará a la mayor brevedad posible, y luego, realizada la recogida de datos, se discutirán y se sacarán conclusiones finales sobre el caso de estudio de una SPDA con descensos naturales que se ha propuesto para este proyecto.



## REFERENCIAS



- Alexander, Charles K.; Sadiku, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. 5. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- Creder, H. **Instalações Elétricas**. 16. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- Cruz, Eduardo C. A.; Aparecido A. L. **Instalações Elétricas: Fundamentos, Prática e projetos em instalações residenciais e comerciais**. 2. Ed. São Paulo: Érica, 2012.
- Filho, D.L.L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12. Ed. São Paulo: Érica, 2011.
- Mamede, F. J. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015
- Mamede, F. J. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS**. 9. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018
- Nery, Norberto. **Instalações Elétricas: princípios e aplicações**. 2. Ed. São Paulo: Érica, 2012.
- Niskier, Julio; Macintyre A. J.; Sebastião Luiz. C. (colaborador). **Instalações Elétricas**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- **ABNT NBR 5419:2015** – Associação Brasileira de Normas Técnicas; Norma Brasileira Regulamentadora 5419:2015
- **ABNT NBR IEC60050-426:2011** – Associação Brasileira de Normas Técnicas; Norma Brasileira Regulamentadora IEC60050-426:2011
- **ABNT NBR IEC60079-10-2:2016** – Associação Brasileira de Normas Técnicas; Norma Brasileira Regulamentadora IEC60079-10-2:2016
- Tássia, Duarte. B. **“PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO A FERRAGEM ESTRUTURAL.”** Trabalho de conclusão de curso II. CEFET/MG. Belo Horizonte, 26 de novembro de 2014.
- Heinisch, Carsten. **1752: Benjamin Franklin inventa o para-raios**. DW Brasil, Notícias, Calendário Histórico. Disponível em <<https://www.dw.com/pt-br/1752-benjamin-franklin-inventa-o-para-raios/a-314478>>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- Willy Huallpa Vega, **Plantas baixas – seções e elevações dimensionadas e equipadas**. Autocad – dwg. BIBLIOCAD. Disponível em < [https://www.bibliocad.com/pt/biblioteca/predio-de-apartamentos\\_125056/](https://www.bibliocad.com/pt/biblioteca/predio-de-apartamentos_125056/) >. Acesso em 30 out. 2020.



## SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS EMG PARA CONTROLE DE PRÓTESE ELETROMECÂNICA

**HIAGO SOARES VAZ. GASPAR EUGENIO OLIVEIRA RAMOS.**

### **RESUMO**

El desarrollo de las prótesis electromecánicas ha ido mejorando constantemente en las últimas décadas. Los avances recientes en la interfaz hombre-máquina sugieren que las prótesis controladas naturalmente pueden ser una realidad en la vida cotidiana en un futuro próximo. Se han desarrollado prótesis con muchos actuadores y diversos grados de libertad, con la señal EMG como la principal fuente de control neuronal. Desafortunadamente, estos dispositivos aún tienen métodos de control muy complejos, y la mayor parte de la información sobre estos dispositivos se proporciona a los clientes finales, lo que hace imposible que los exploradores y la comunidad académica exploren las múltiples funcionalidades del dispositivo. Otro dato intrigante es que los dispositivos más complejos tienen un alto valor de adquisición, lo que también limita el número de personas que pueden adherirse a este tipo de prótesis más complejas. Por otro lado, se sabe que la mayoría de usuarios finales prefieren prótesis menos complejas, generalmente teniendo solo un grado de libertad, debido a que tienen una mayor simplicidad, rápida adaptación y, además, un bajo costo de adquisición en comparación con otras. Así, este trabajo propone el desarrollo de un sistema de adquisición de señales EMG para el control de prótesis electromecánicas. El trabajo aborda las características de las señales EMG de superficie y el desarrollo del dispositivo para la adquisición de estas señales, así como la validación del software y la comparación de datos simulados con datos recogidos en banco. El dispositivo fue desarrollado con un enfoque en la creación de un sistema relativamente simple y de bajo costo, capaz de correlacionar con precisión la relación entre la señal EMG y la fuerza de agarre del usuario, lo que le permite extraer el movimiento deseado, reproduciendo en el futuro de forma natural.

**PALABRAS CLAVE: Prótesis, Electromiografía, EMG.**

1 Graduarse en Ingeniería Eléctrica en Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, e-mail: hiagosoares98@hotmail.com

2 Máster en ingeniería biomédica y profesor del curso de ingeniería eléctrica en Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, e-mail: gasparramos@unipam.edu.br

## 1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos utilizan sus manos para una gran cantidad de actividades en la vida diaria, lo cual es una herramienta fundamental para manipular objetos e interactuar con el entorno. Las manos están compuestas por 29 músculos esqueléticos, 27 huesos y 5 articulaciones, lo que permite hasta 21 grados de libertad, y cualquier cambio en la función de la mano afecta en gran medida la forma en que el individuo interactúa con las actividades de la vida diaria (ARTEAGA et al., 2020).

De esta forma, las prótesis para personas sometidas a amputaciones de miembros superiores, como transmeral o transradial, se han convertido en uno de los temas más críticos en términos de requisitos funcionales vitales y preocupaciones estéticas de los pacientes (KARABULUT et al., 2017).

Los avances recientes en el área científica y comercial de las interfaces hombre-máquina sugieren que las prótesis robóticas controladas naturalmente pueden ser una realidad en la vida diaria de los amputados en un futuro próximo.

Sin embargo, el esquema de la situación en el mercado y en el campo científico es complejo y el camino hacia las prótesis controladas naturalmente aún requiere más investigación y desarrollo (SÁNCHEZ-VELASCO et al., 2020).

Actualmente, es posible obtener un alto rendimiento de dispositivos protésicos con más de un grado de libertad, lo que permite la ejecución de algunas tareas básicas que puede realizar una mano humana.

Las señales electromiográficas (EMG) han sido una de las principales fuentes de control neuronal de los dispositivos eléctricos y se han utilizado varias estrategias de control para extraer el movimiento previsto del usuario con señales electromiográficas de superficie (EMGS) (JOCHUMSEN; WARIS; KAMAVUAKO, 2018).

Se dice que una prótesis de mano electromecánica controlada por señales EMG es el modelo protésico más cercano a una mano humana en términos de funcionalidad y apariencia, ya que el usuario puede controlar la prótesis en función de sus intenciones y, porque, la mayoría de las manos EMG tienen cinco dedos, como manos humanas, lo que hace que muchos amputados quieran utilizar este tipo de prótesis (YAMANOI et al., 2017).

Además, el uso de la señal EMG como entrada de control está dominado por el hecho de que tiene varias ventajas sobre otras entradas.

En este sistema, la señal se detecta de forma no invasiva en la superficie de la piel, la actividad muscular necesaria para proporcionar señales de control es relativamente pequeña, se asemeja al esfuerzo requerido de una extremidad intacta y los circuitos electrónicos necesarios (analógicos o digitales) se pueden mejorar continuamente.

Y miniaturizados, donde parecen tener la perspectiva de una mejor confiabilidad a largo plazo (PARKER; ENGLEHART; HUDGINS, 2006).

La principal desventaja de las prótesis comerciales es el alto costo de adquisición, lo que hace que estos dispositivos sean inaccesibles para la mayoría de los usuarios potenciales. Además, las empresas dedicadas al desarrollo

y comercialización de prótesis dirigen la mayor parte de sus esfuerzos de comunicación a los usuarios finales, por lo general no brindando información sobre las características técnicas y especificaciones de las prótesis que puedan ser exploradas por investigadores académicos (SÁNCHEZ-VELASCO et al., 2020).

Otro hecho importante es que, a pesar de los avances en el desarrollo de terminales protésicos más complejos, el control avanzado de tales sistemas todavía requiere muchas entradas de control. Las interfaces hombre-máquina actuales basadas en algunos electrodos EMGS no pueden proporcionar suficientes entradas para controlar las manos con muchos actuadores y muchas posiciones de agarre posibles, lo que sugiere que la interfaz hombre-máquina para esta aplicación no ha evolucionado en Proporción de avances en mecatrónica para prótesis. Es decir, el control total de una mano altamente articulada aún requiere una gran cantidad de sensores EMG, lo que aumenta significativamente el costo y la complejidad del sistema. Otro tema importante es que se sabe que muchos amputados prefieren una mano protésica sencilla y ligera, ciertamente por su menor coste, pero también por su sencillez y facilidad de adaptación respecto a otras (TAVAKOLI; BENUSSI; LOURENCO, 2017).

Figura 1 - Ejemplo de un sistema EMG de 4 canales con electrodos bipolares

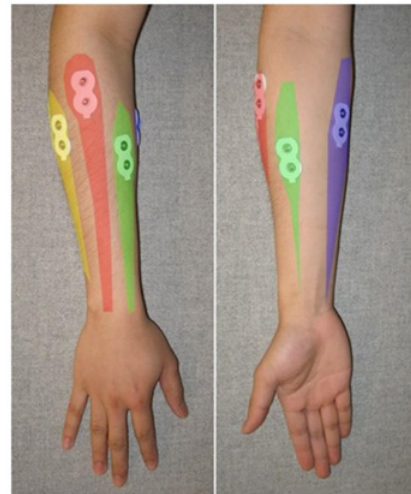


Imagen 36 Fuente: TAVAKOLI; BENUSSI; LOURENCO (2017)

A partir de la información anterior, el siguiente trabajo propone el desarrollo de un dispositivo de adquisición de señales EMG para el control de prótesis electromecánicas. El dispositivo de adquisición EMG se desarrolló y simuló en el software PROTEUS, permitiendo así la comparación de señales simuladas y posteriormente medidas. Para simular la señal EMGS en el banco, se utilizó un generador de señales eléctricas. Estas señales generadas se introdujeron en el dispositivo de adquisición montado en el protoboard, permitiendo así la medición de los datos reales simulados en el banco. La señal recogida en la salida se comprueba y se compara con las señales simuladas en el software para la validación del sistema.

El funcionamiento del dispositivo se basa en la activación de una prótesis que tiene un grado de libertad basado en el

método de control ON-OFF, donde el objetivo del dispositivo era el desarrollo de un sistema relativamente simple y de bajo costo, capaz de correlacionarse con precisión. la relación entre la señal EMG y la fuerza de agarre del usuario, lo que hace que el usuario pueda extraer el movimiento deseado y reproducirlo de forma natural.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Con el fin de referenciar el trabajo y crear una base teórica sobre el tema principal, posteriormente se tratan algunos temas, como las características de la señal EMG, los circuitos de amplificación y filtrado de la señal que componen el dispositivo de adquisición, procesamiento de datos y los sensores de electrodos utilizados para capturar la señal EMG de superficie.

### 2.1 Características de la señal emg

Las señales EMG son registros de los potenciales de acción de las unidades motoras (MUAP) que reflejan la respuesta a la actividad eléctrica que se produce dentro de las unidades motoras (MU) de un músculo. Estas señales son de naturaleza eléctrica, química y mecánica y se describen en términos de amplitud, frecuencia y fase (MARQUEZ-FIGUEROA; SHMALIY; IBARRA-MANZANO, 2020). El EMGS bruto puede variar entre + 5mV y -5mV (considerando condiciones máximas para deportistas) con un rango de frecuencia común entre 6 y 500Hz, mostrando mayor potencia entre 20 y 150Hz (KONRAD, 2005).

Figura 2 - Espectro de frecuencia de la señal EMG filtrada en un rango de 10 a 500 Hz extraído de la región del bíceps braquial

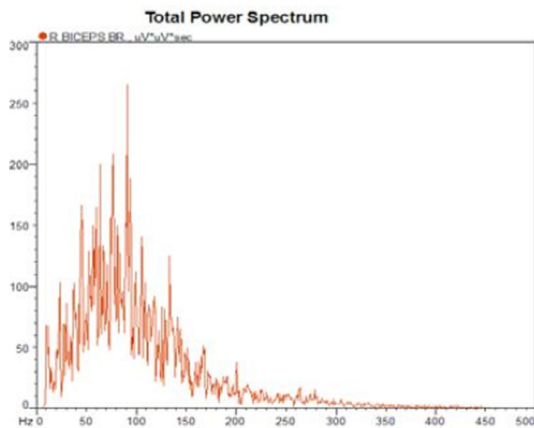


Imagen 37 Fuente: KONRAD (2005)

La EMG se ve afectada por muchos factores, como la ubicación de los músculos, la fuerza de agarre, la postura de las manos, la fatiga, el sudor y el estado de contacto geométrico de los sensores (por ejemplo, dirección, inclinación, cambio). Sin embargo, estos factores se dividen en fuentes y ruido. Las fuentes incluyen la fuerza de agarre y la postura de las manos, mientras que el ruido incluye fatiga y sudor. Las fuentes reflejan la intención del operador, pero el ruido no. Además, las fuentes tienden a ser más grandes que el ruido en más de un orden de magnitud (YAMANOI; OGIRI; KATO, 2020).

La detección de señales EMG es un proceso muy complejo, afectado no solo por la anatomía muscular y el proceso fisiológico responsable de la generación de la señal, sino también por factores externos y diferentes tipos de ruido. Por lo tanto, es muy difícil eliminar el ruido de las señales EMG grabadas de manera eficiente. El ruido más común en las señales EMG son los artefactos inherentes a los equipos electrónicos, artefactos de movimiento, ruido electromagnético y diafonía (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014). La función principal del sistema de electrodiagnóstico es registrar y analizar fielmente la señal biológica, haciendo que el sistema tenga una relación señal-ruido ideal, es decir, amplificar la tensión de la señal neurofisiológica atenuando el ruido de fondo (TANKISI et al., 2020).

El ruido blanco o ruido inherente es generado por el equipo electrónico utilizado para registrar señales EMG, donde los componentes de frecuencia de este ruido varían de corriente continua (CC) a varios miles de Hz (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014). El valor de amplitud pico a pico o valor cuadrático medio (RMS) de la señal se informa cuando dicho ruido RMS es generalmente inferior a 1  $\mu V$ , pero también depende del rango del amplificador y la configuración del filtro.

El rango alto del amplificador (es decir, la configuración de baja ganancia) y el ancho de banda corto proporcionan menos ruido (TANKISI et al., 2020). Con respecto al ruido electromagnético, se refiere a la interferencia electromagnética donde se acopla capacitivamente al cuerpo del sujeto y es detectado por el dispositivo EMG, donde la fuente dominante es el ruido de la línea de CA circundante.

Esta interferencia electromagnética acoplada es de baja frecuencia (50 o 60 Hz) y aparece como un voltaje de modo común. Sin embargo, un desequilibrio de impedancia entre los electrodos de grabación puede convertir el voltaje en modo común en voltaje en modo diferencial (FORTUNE et al., 2019). Dado que la radiación de las líneas eléctricas es una fuente dominante de ruido eléctrico, resulta tentador diseñar dispositivos que tengan un filtro que rechace la banda a esa frecuencia (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014).

Los artefactos de movimiento son ruido con un rango de frecuencia de 1 Hz a aproximadamente 15 Hz y tienen un voltaje comparable a la amplitud de la señal EMG (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014). Estos ruidos se producen por el movimiento relativo entre los electrodos y la superficie de grabación, o el movimiento de los cables que conectan los electrodos y el dispositivo EMG (FORTUNE et al., 2019).

El contacto de un metal con un electrolito (pasta de electrodo o el tejido mismo) crea una diferencia en el potencial eléctrico entre 100 mV y 600 mV, llamado potencial de polarización del electrodo. El movimiento de un electrodo dentro del tejido puede cambiar la concentración de electrolitos localmente, por lo tanto, crear cambios en el voltaje de la celda galvánica durante un corto período de tiempo, y es la causa probable de artefactos de movimiento. En reposo, este potencial no contribuye a los valores observados (TANKISI et al., 2020).

Finalmente, la “conversación cruzada” representa una señal EMG no deseada de un grupo de músculos que rodea el músculo de interés. Por tanto, la actividad eléctrica de los músculos circundantes interfiere con la actividad del músculo registrado. Dado que la conversación cruzada se registra fácilmente a partir de músculos no deseados, es realmente muy difícil evitar este tipo de ruido (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014). Normalmente, esta intercomunicación no supera el 10% al 15% del contenido total de la señal o no está disponible.

Sin embargo, se debe tener cuidado con acuerdos estrechos dentro de los grupos musculares (KONRAD, 2005).

El estudio de las características de la señal EMGS es de suma importancia, ya que es a partir de esta información que será posible realizar la amplificación y el filtrado desde el dispositivo de adquisición de señales EMGS.

## 2.2 Amplificación

Los amplificadores son una parte muy complicada de los sistemas de electrodiagnóstico, pero el concepto es bastante simple. Los amplificadores amplifican la señal para que pueda mostrarse. Los preamplificadores amplifican la señal biológica antes de llegar al amplificador para garantizar que tengan suficiente nivel de voltaje para que los filtros lo manejen, y también para garantizar que el nivel de voltaje de la señal sea mucho más alto que el ruido del sistema.

El amplificador de instrumentación requiere conexiones de tres electrodos, denominados “E1”, “E2” y “E0”. Estas entradas también se pueden definir como ‘activo’, ‘referencia’ y ‘tierra’, respectivamente. El electrodo “activo” debe estar ubicado en una región de gran actividad eléctrica muscular. Para el electrodo de “referencia”, se supone que está en una ubicación eléctricamente silenciosa.

El electrodo de “tierra” en el registro de electrodiagnóstico se refiere a un punto en el circuito del amplificador que se utiliza como punto de referencia para medir el voltaje. En la mayoría de los sistemas, estas entradas están codificadas por colores, como negro (E1), rojo (E2) y verde (E0). El amplificador no amplifica el voltaje en las entradas E1 o E2, ensancha su diferencia y, por lo tanto, se denomina amplificador diferencial (TANKISI et al., 2020).

Los amplificadores diferenciales EMG tienen como principal elemento de calidad la capacidad de rechazar o eliminar artefactos. La amplificación diferencial detecta las diferencias de potencial entre los electrodos E1 y E2 y cancela las interferencias externas. Normalmente, las señales de ruido externo llegan a los dos electrodos sin cambiar la fase. Estas señales de “modo común” son señales iguales en fase y amplitud. El término “ganancia de modo común” se refiere a la relación de entrada y salida de las señales de modo común.

El cálculo de la “tasa de rechazo en modo común” (CMRR) se puede ver en la fórmula 1 y representa la relación entre la ganancia diferencial y el modo común y, por lo tanto, es un criterio para la calidad de la técnica de amplificación elegida.

El CMRR debe ser lo más alto posible, porque la eliminación de señales interferentes juega un papel importante en la calidad. Un valor > 95dB se considera aceptable.

(KONRAD, 2005).

$$CMRR \text{ (dB)} = 20 * \log \left( \frac{\text{Ganancia diferencial}}{\text{Ganancia de modo común}} \right)$$

Fuente: TANKISI et al. (2020)

El amplificador también se caracteriza por su “impedancia de entrada”. Dado que el amplificador necesita una pequeña cantidad de corriente para medir un voltaje, la impedancia de entrada debe ser varios órdenes de magnitud mayor que la impedancia de entrada del generador, es decir, músculos, nervios, fluidos corporales. Sin entrar en detalles del análisis del circuito, la impedancia del amplificador debe ser alta. La baja impedancia hace que el sistema sea más sensible al ruido ambiental. También puede subestimar la amplitud de la señal. Afortunadamente, los sistemas modernos informan impedancias superiores a 100 a 1000 megaohmios. Como CMRR, la impedancia disminuye a frecuencias más altas (TANKISI et al., 2020).

Es importante asegurarse para el diseño de bioamplificadores que sean de tamaño y peso pequeños, para ser utilizables en humanos durante la ejecución de los movimientos. En segundo lugar, los amplificadores bioeléctricos requieren un alto nivel de ganancia, una baja densidad de ruido de entrada equivalente, una alta impedancia de entrada y una alta tasa de rechazo de modo común (CMRR), los dos últimos discutidos anteriormente.

La mayoría de estas características se pueden lograr utilizando un amplificador de instrumentación monolítica (AI) como etapa inicial. Como la ganancia requerida para los amplificadores EMG suele estar en el rango de 1000, esta ganancia no se puede lograr en una sola etapa debido a problemas de saturación de salida. Por lo tanto, la ganancia del amplificador de instrumentación frontal debe ser de alrededor de 100 y la ganancia adicional debe lograrse en la segunda etapa de amplificación, generalmente a través del amplificador operacional (SUPUK; SKELIN; CIC, 2014).

Otro hecho importante es que la amplitud de la señal EMG sin procesar depende de muchos factores específicos de la tarea, como el grupo muscular de interés, el grosor de la capa de grasa, el tipo de ejercicio y la fuerza de contracción. Por lo tanto, la ganancia del dispositivo EMG debe ser ajustable para adaptarse a estos requisitos variables en diferentes temas y tareas. Sin embargo, el ajuste de ganancia no debería afectar las características de filtrado. (FORTUNE et al., 2019).

## 2.3 Filtragem

Idealmente, nuestro sistema de medición debería reproducir la señal de interés con la mayor precisión posible, mientras rechaza las señales no deseadas. Sin embargo, como se indicó anteriormente, un desequilibrio de impedancia entre los electrodos de grabación puede convertir el voltaje en modo común en voltaje en modo diferencial que será amplificado por la IA (FORTUNE et al., 2019).

Además de los componentes de señal no deseados, el sistema también puede incluir señales EMG en un rango de frecuencia que está fuera de la región de interés para un procedimiento específico. Aunque el filtrado se refiere a cualquier proceso en el que se suprimen señales irrelevantes, en la mayoría de las situaciones clínicas, el filtrado se limita a la atenuación de componentes de frecuencia específicos en la señal. El nombre de un filtro se define luego por los valores de frecuencia que el filtro atenúa (filtros de baja o alta frecuencia) o pasa (filtro de paso alto, filtro de paso bajo). La cantidad de atenuación depende de la inclinación del filtro (expresada como atenuación en dB / década) y la frecuencia de corte. La frecuencia de corte se define como la frecuencia a la que la amplitud de la señal original se atenúa en 3 dB (TANKISI et al., 2020).

Figura 3 - Ejemplos de electrodos

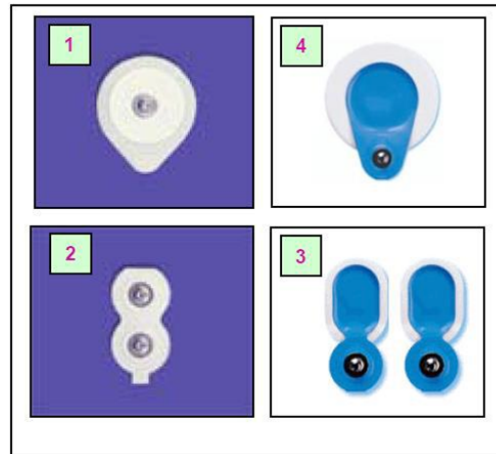


Imagen 38 Fuente: KONRAD (2005)

Los filtros se utilizan para reproducir fielmente la señal deseada cuando se intenta excluir el ruido eléctrico de alta y baja frecuencia. Cada señal del EMG pasa por un filtro de baja y alta frecuencia antes de mostrarse. Los filtros de baja frecuencia se denominan de alta frecuencia porque permiten el paso de señales de alta frecuencia. El rango en el que hay un corte de señal de baja frecuencia depende de cómo defina el filtro. Asimismo, los filtros de alta frecuencia se denominan de paso bajo porque permiten el paso de señales de baja frecuencia. Es importante comprender que siempre hay un intercambio cuando usa filtros. La señal que desea cambiará hasta cierto punto. Por ejemplo, a medida que se reduce el filtro de baja frecuencia, pasan más señales de baja frecuencia y la duración del potencial registrado será un poco más larga. Asimismo, si se reduce el filtro de alta frecuencia, se excluirán más señales de alta frecuencia y la latencia del potencial registrado puede retrasarse (WEISS, 2004).

La mayoría de los filtros utilizados son filtros de paso de banda, una combinación de un filtro de alta y baja frecuencia capaz de permitir que pase solo un cierto rango de frecuencia. También se puede usar un filtro de rechazo de tiras, donde normalmente está diseñado para reducir la interferencia electromagnética de la línea eléctrica. Idealmente, no debería usarse porque la mayoría de las señales neurofisiológicas contienen componentes significativos a esa frecuencia y su uso puede ocultar componentes interesantes. Además, la fase cambia abruptamente hacia adelante y hacia atrás alrededor de la frecuencia de muesca, y esto puede distorsionar la forma de onda (TANKISI et al., 2020).

El uso de un filtro de paso de banda de 20 a 500 Hz es un diseño típico para los sistemas EMGS. El filtro ayuda a eliminar los artefactos de movimiento (baja frecuencia) y el ruido de alta frecuencia. Sin embargo, es posible que un filtro de paso de banda de primer orden no proporcione suficiente atenuación, lo que da como resultado artefactos de movimiento y aliasing (FORTUNE et al., 2019).

La señal que se amplificó y luego pasó por el sistema de filtrado ya se encuentra en la amplitud adecuada y se puede insertar en un dispositivo de procesamiento, de modo que los datos se puedan leer de forma análoga, transformándola en una señal digital y permitiendo realizar una proyección. además de los datos que permiten realizar tareas en los puertos de salida.

## 2.4 Electrodo

Los electrodos son los componentes clave para una buena calidad de las señales recopiladas. Se pueden clasificar en dos tipos: secos y húmedos.

Para electrodos de tipo seco, es necesario utilizar el gel conductor electrolítico para reducir la impedancia de contacto entre el electrodo de biopotencial y la capa epidérmica de la piel (FAYYAZ SHAHANDASHTI et al., 2019).

Los electrodos son típicamente electrodos de anillo o de disco y también pueden definirse como desechables o no desechables. Los electrodos no desechables son de tipo seco y están hechos de acero inoxidable, plata u (raramente) oro que se sueldan a hilos conductores de varios cables. Los electrodos desechables tienen un fondo pegajoso que les permite adherirse a la piel sin necesidad de cinta o gel (WEISS, 2004).

Generalmente, los dispositivos EMGS están diseñados para usar electrodos de plata-cloruro de plata (Ag / AgCl) de un solo uso. Esta composición química se utiliza porque es menos sensible a la concentración de electrolitos y tiene un bajo desplazamiento de CC asociado al potencial de media celda, sin embargo, tienen desventajas.

Los electrodos Ag / AgCl son para un solo uso y deben reemplazarse siempre que se necesite una nueva ubicación de grabación o un sujeto (FORTUNE et al., 2019). Los electrodos se utilizarán para la simulación real de un EMGS recogido de un ser humano e introducido en el sistema de adquisición de señales.

## 3. METODOLOGÍA

El hábil control de una prótesis EMG de brazo humano depende en gran medida de una relación bien definida entre las señales EMG y las fuerzas ejercidas externamente para ejecutar una variedad de fuerzas, realizando diferentes movimientos de las extremidades. (KARABULUT et al., 2017).

La relación entre la señal EMG y la fuerza de agarre se ilustra en Figura 4.

Las amplitudes de las señales EMG aumentan con la fuerza de agarre. Además, el tipo de músculo utilizado y la frecuencia de las señales EMG se ven alterados por la postura de la mano.

Por lo tanto, las señales EMG tienen información sobre la fuerza de agarre y la postura de la mano. Sin embargo, es difícil controlar la fuerza de agarre y la postura manual de una mano mioeléctrica mediante señales EMG porque las señales EMG son muy débiles y frágiles y porque las señales EMG se ven afectadas por la fatiga, la sudoración y muchos otros factores, como se mencionó anteriormente.

Por lo tanto, con las manos mioeléctricas tradicionales, un cambio en la señal EMG se considera un cambio en la fuerza o la postura que se puede controlar controlando la señal EMG (YAMANOI et al., 2017).

Figura 4 - Relación entre la señal EMG y la fuerza de agarre

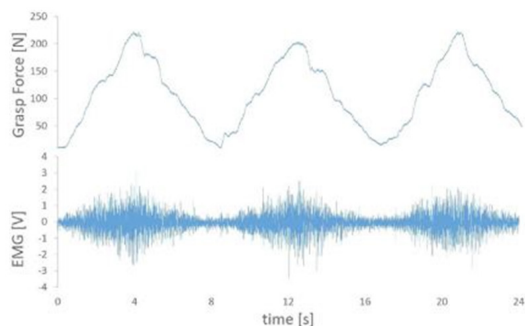


Imagen 39 Fuente: YAMANOI et al. ( 2017)

Capturando la señal EMG con calidad, entonces es posible determinar la intención del usuario y transferirla a la prótesis, con el fin de realizar el movimiento de forma controlada. El sistema de control propuesto en la obra se puede observar a partir del diagrama de la Figura 5 abajo.

Figura 5 - Diagrama de circuito completo



Imagen 40 Fuente: Autoría propia

A continuación, la señal EMG se simula mediante un generador de frecuencia que se introduce en el sistema de adquisición de señales EMG. El dispositivo amplificador se divide en un circuito de preamplificación, amplificación y filtrado, en ese orden. Es aconsejable que dicho dispositivo esté lo más cerca posible de la fuente de señal, ya que de esta manera es posible reducir los artefactos de movimiento generados por el movimiento de los cables que estarían conectados en la interfaz entre los electrodos y el dispositivo. Después de que la señal es tratada por el dispositivo amplificador, se filtra y con la amplitud adecuada, para que pueda ser procesada, transfiriendo la intención del controlador a la prótesis.

### 3.1 Circuito de Pré Amplificação

Para el desarrollo del circuito de preamplificación se ha utilizado el amplificador de instrumentación AD620. Según su ficha técnica, el AD620 es un amplificador de instrumento de alta precisión y bajo costo que permite un ajuste de ganancia entre 1 y 1000 al conectar una resistencia externa entre los terminales 1 y 8 del componente. Este dispositivo también se cita como ideal para aplicaciones en sistemas de adquisición de datos de precisión, como la adquisición de señales biomédicas.

La ecuación de ganancia del componente también la proporciona la hoja de datos y se puede ver en la ecuación 1 a continuación:

$$G = \frac{49,9k\Omega}{R_G} + 1$$

Fuente: ANALOG DEVICES (1999)

Para el circuito de preamplificación se utilizó una ganancia de 100 veces, donde una segunda etapa de ganancia se realiza posteriormente mediante un amplificador operacional.

De esta forma, es posible calcular la resistencia de ganancia (RG) a adherir al circuito.

$$100 = \frac{49,4k\Omega}{R_G} + 1$$

$$R_G = \frac{49,4k\Omega}{100} + 1$$

$$R_G = 495\Omega$$

Como aproximación, la resistencia RG utilizada en el circuito fue de 500 Ω porque es el valor comercial más cercano al calculado. El circuito de preamplificación completo se puede ver en la Figura 6 abajo.

Figura 6 - Circuito de preamplificación

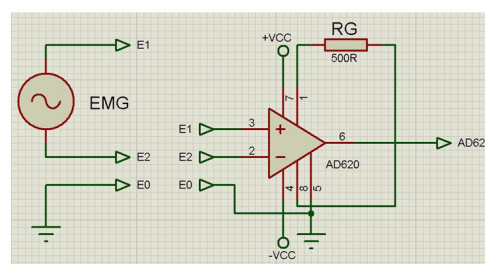


Imagen 41 Fuente: Autoría propia

### 3.2 Circuito de amplificación

Después del paso de preamplificación de la señal, el amplificador operacional OP07 se había utilizado en la configuración del amplificador inversor para la segunda etapa de amplificación. El cálculo de ganancia para este circuito se puede calcular de acuerdo con la ecuación 3 a continuación.

$$G = -R1/R2 \text{ Charles Alexander 2024}$$



Tenga en cuenta que la ganancia del circuito provoca la inversión de fase de la señal EMG; sin embargo, como la señal es una onda sinusoidal, esta característica no influye en las lecturas de datos futuras.

Sabiendo que la amplitud de la señal EMG se ve afectada por muchos factores, se desarrolló un circuito capaz de ajustar la ganancia de la segunda etapa, por lo que los valores de ganancia de esta etapa varían de 1 a 6 veces. Al asignar un valor fijo de 1kΩ a la resistencia R2, es posible calcular el valor de la resistencia variable que se insertará en el circuito.

$$-6 = R1/1\text{ k}\Omega \quad R1 = 6\text{ k}\Omega$$

Por lo tanto, la resistencia variable insertada en el circuito debe ser de 6 kΩ. El circuito de la segunda etapa de amplificación se muestra en Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Circuito de amplificación

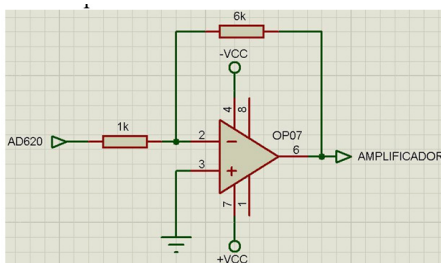


Imagen 42 Fuente: Autoría propia

### 3.3 Filtro de paso alto

Idealmente, de acuerdo con TANKISI et al. (2020), la frecuencia de corte para el filtro de paso alto debe ser una década (factor 10) menor que la frecuencia más baja de la señal, para asegurar que un cambio de fase, si está presente, no afecta las latencias. Esta característica haría que la frecuencia de corte de la señal EMG estuviera por debajo de la frecuencia más baja existente, en este caso, por debajo de 6Hz. Sin embargo, se sabe que también se encuentran artefactos de movimiento en este rango de frecuencia, entre 1 y 15Hz. Para evitar que los artefactos de movimiento interfieran con la adquisición de la señal EMG, el circuito de paso alto fue diseñado para contener una frecuencia de corte igual a 20Hz, que se puede ver en Figura 8.

Figura 8 - Circuito de filtro de paso alto

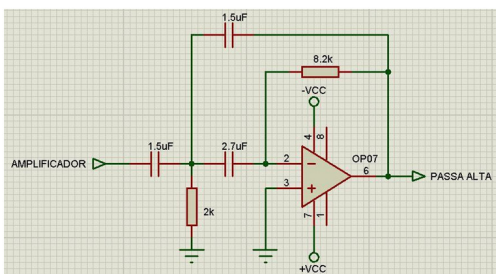


Imagen 43 Fuente: Autoría propia

### 3.4 Filtro de paso bajo

Como se mencionó anteriormente por KONRAD (2005), la señal EMG tiene un rango de frecuencia de 6 a 500 Hz. Por lo tanto, para capturar el rango de señal más grande posible y evitar que los artefactos de alta frecuencia interfieran con la señal de interés, la frecuencia de corte utilizada en el filtro de paso bajo fue de 500 Hz.

Figura 9 - Circuito de filtro de paso bajo

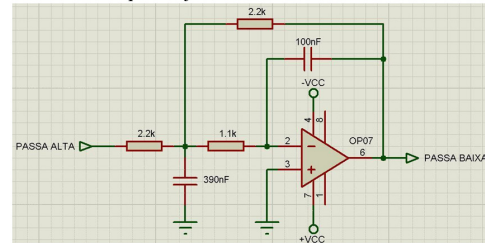


Imagen 44 Fuente: Autoría propia

### 3.5 Filtro de rechazo de banda

Muchos autores no recomiendan el uso de un filtro de banda de rechazos para eliminar el ruido electromagnético relacionado con la línea eléctrica, que en este caso regional específico se encuentra en el rango de 60Hz. Citado por SUPUK; SKELIN; CIC (2014) este filtro que, en teoría, eliminaría solo la frecuencia no deseada de la línea eléctrica, en la práctica termina eliminando partes de los componentes de frecuencia adyacentes. FORTUNE et al. (2019) agrega que, incluso si se suprime la frecuencia de interés, no será posible eliminar los múltiples armónicos asociados con la interferencia electromagnética acoplada.

Incluso si se consideran los hechos anteriores, aún es posible observar en la práctica una gran cantidad de ruido electromagnético agregado a la señal cuando no se implementa un circuito para suprimir tal rango de frecuencia. Como este trabajo trata de una prótesis controlada por amplitud de señal, la supresión de señales en la región de 60Hz no afecta en modo alguno al resultado final, al contrario, permiten captar la señal con claridad y evitan una acción involuntaria de la prótesis por cuenta del ruido electromagnético.

Por ello, se decidió implementar un filtro que rechaza la banda en la región de 60Hz del dispositivo EMG. El circuito se puede ver a continuación, en el Figura 10.

Figura 10 – Filtro de rechazo de banda

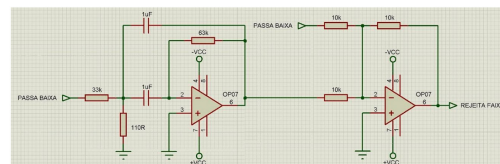


Imagen 45 Fuente: Autoría propia

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las pruebas realizadas en software arrojaron resultados satisfactorios, donde la señal EMG fue amplificada y filtrada con calidad. Abajo, en Figura 11 Se puede observar el gráfico que representa la relación entre el voltaje de salida del amplificador y la frecuencia de entrada de la señal EMGS simulada en el Software Proteus.

Figura 11 - Relación entre voltaje eléctrico y frecuencia de salida de la señal tratada

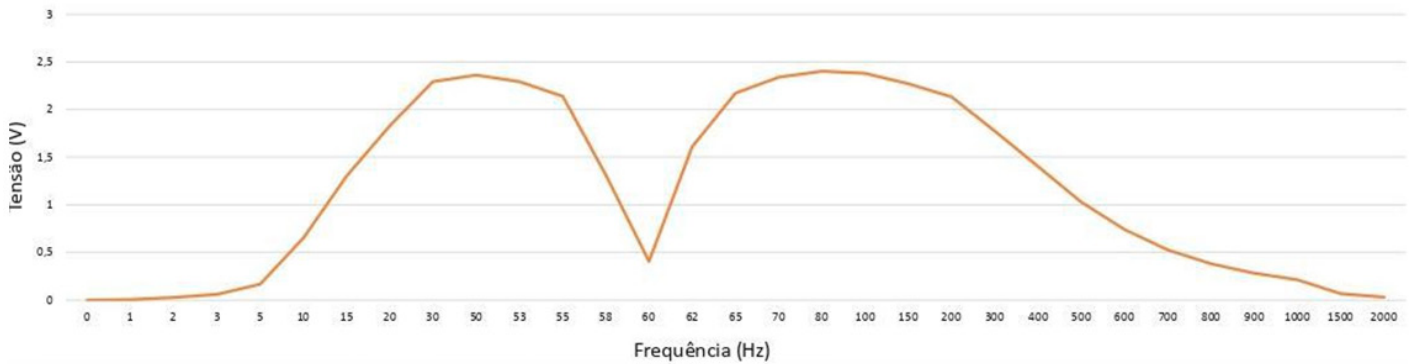


Imagen 46 Fuente: Autoría propia

La fina amplificación de la señal permite la recogida de datos incluso en las situaciones más complicadas, con personas con una capa de grasa más gruesa o poca presencia muscular en la zona de la región muscular. El gráfico en cuestión muestra el sistema con una ganancia de 500 donde tenía un voltaje eléctrico máximo en la región de 80 - 100 Hz con un valor igual a 2,4 V de pico a pico. Se esperaba este valor ya que la señal de entrada es igual a 5 mV. De esta manera, el valor máximo de voltaje simulado fue un 4% menor que el valor ideal, pero perfectamente adaptado al sistema idealizado.

Este valor de voltaje fue diseñado con el propósito de futuros proyectos para enviar los datos para su procesamiento en Arduino. Por lo tanto, los valores de salida del dispositivo se elevarían a un desplazamiento de 2.5V lo que permitiría leer a través de un puerto analógico de un arduino y procesar los datos por él. Esto permitiría programar y operar una prótesis electromecánica prototipada.

El rango de frecuencia proyectado por el filtro está entre las frecuencias de corte de 20 a 500 Hz. Por lo tanto, la señal en estos dos puntos específicos debe contener 3db de atenuación en la onda, es decir, aproximadamente 0,707 veces de atenuación de onda. Por lo tanto, en estos dos puntos, la onda de señal debería contener idealmente un valor de voltaje pico a pico igual a 1,76 V. En la simulación podemos observar que en la frecuencia de 20Hz el valor de voltaje de pico a pico es igual a 1.83V, aproximadamente 3.53% más que el ideal. A 500Hz tenemos un voltaje pico a pico igual a 1.03V, lo que hace que el valor sea 41.47% menos que ideal. El filtro de paso alto con una frecuencia de corte de 20Hz es muy importante para eliminar artefactos de movimiento, como se mencionó anteriormente, ubicados entre 1 - 15 Hz. El valor de voltaje simulado en la región de 15Hz es igual a 1.3V disminuyendo hacia 0Hz. Lo que nos permite atenuar estos ruidos con calidad.

El filtro de paso bajo con una frecuencia de corte de 500Hz es muy importante para limitar el rango de recolección de datos del dispositivo. Como la señal EMGS se ubica en un rango de frecuencia de 20 - 150 Hz con mayor potencia entre 20 - 150 Hz, el filtro paso bajo cumple con los requisitos de los proyectos, incluso si el valor de atenuación ha sido mayor que el calculado. A pesar de que el filtro rechaza la banda que se ha adherido en el trabajo, el ruido ubicado en la región de 60 hz sigue presente. En un filtro ideal, esta frecuencia se atenuaría a 0V, lo que no ocurre en la simulación y mucho menos en la práctica. En la gráfica se puede observar que el valor de voltaje a dicha frecuencia es igual a 0.405mV de pico a pico, lo cual sigue siendo aceptable, ya que, con la programación adecuada en un microcontrolador es posible rechazar este rango de voltaje, donde solo los picos más grandes se tendrán en cuenta y se utilizarán para la realización de una prótesis.

## 5. CONCLUSÃO


El sistema, aunque simple en comparación con los dispositivos de instrumentación hospitalaria, resulta eficiente, especialmente para la propuesta inicial del trabajo, que es el estudio de las señales EMGS y el diseño de un sistema capaz de realizar lectura de calidad de señal, rechazando artefactos. y ruidos sugeridos.

En este trabajo aún podrían ser filtros más complejos que permitan la recolección más fina de datos, incluso permitiendo la ejecución de movimientos específicos en una prótesis con más de un grado de movimiento. Sin embargo, la adherencia a este método se diferencia de la propuesta principal del trabajo, que es la implementación de un método de control simple y de bajo costo que permite la ejecución del movimiento principal realizado por la mano, la apertura y el cierre. De todos modos, los resultados resultaron ser satisfactorios, lo que permite el futuro procesamiento de los datos por un microcontrolador capaz de realizar la actuación de una prótesis electromecánica con destrucción.



## REFERENCIAS

- ARTEAGA, Maria V. et al. EMG-driven hand model based on the classification of individual finger movements. *Biomedical Signal Processing and Control*, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101834>
- CHARLES ALEXANDER, Matthew Sadiku. *Fundamentals of Electric Circuits*. In: McGraw-Hill. [S. l.: s. n.]. E-book.
- DEVICES, Analog. AD620 Low Cost, Low Power Instrumentation Amplifier. [Online] [www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com). [Online], [S. l.], 1999.
- FAYYAZ SHAHANDASHTI, Peyman et al. Highly conformable stretchable dry electrodes based on inexpensive flex substrate for long-term biopotential (EMG/ECG) monitoring. *Sensors and Actuators, A: Physical*, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.06.041>
- FORTUNE, Benjamin C. et al. Low-cost active electromyography. *HardwareX*, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00085>
- JOCHUMSEN, Mads; WARIS, Asim; KAMAVUAKO, Ernest Nlandu. The effect of arm position on classification of hand gestures with intramuscular EMG. *Biomedical Signal Processing and Control*, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.02.013>
- KARABULUT, Derya et al. Comparative evaluation of EMG signal features for myoelectric controlled human arm prosthetics. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2017.03.001>
- KONRAD, Peter. *Noraxon: The ABC of EMG*. *Signal Processing*, [S. l.], 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.05.066>
- MÁRQUEZ-FIGUEROA, Sandra; SHMALIY, Yuriy S.; IBARRA-MANZANO, Oscar. Optimal extraction of EMG signal envelope and artifacts removal assuming colored measurement noise. *Biomedical Signal Processing and Control*, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101679>
- PARKER, P.; ENGLEHART, K.; HUDGINS, B. Myoelectric signal processing for control of powered limb prostheses. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.08.006>
- SÁNCHEZ-VELASCO, Leobardo E. et al. A Low-Cost EMG-Controlled Anthropomorphic Robotic Hand for Power and Precision Grasp. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2019.10.002>
- STEVAN JR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. *Automação e Instrumentação Industrial com Arduino: Teoria e Projetos*. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2015.
- SUPUK, Tamara Grujic; SKELIN, Ana Kuzmanic; CIC, Maja. Design, development and testing of a low-cost sEMG system and its use in recording muscle activity in human gait. *Sensors (Switzerland)*, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s140508235>
- TANKISI, Hatice et al. Standards of instrumentation of EMG. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.07.025>
- TAVAKOLI, Mahmoud; BENUSSI, Carlo; LOURENCO, Joao Luis. Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach. *Expert Systems with Applications*, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.012>
- WEISS, Lyn. *Easy EMG*. [S. l.: s. n.]. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7431-7.X5001-5>
- YAMANOI, Yusuke et al. Development of myoelectric hand that determines hand posture and estimates grip force simultaneously. *Biomedical Signal Processing and Control*, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2017.06.019>
- YAMANOI, Yusuke; OGIRI, Yosuke; KATO, Ryu. EMG-based posture classification using a convolutional neural network for a myoelectric hand. *Biomedical Signal Processing and Control*, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101574>



## SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE MATERIAL, UTILIZANDO UN ENTORNO MATEMÁTICO EN SU ELABORACIÓN EN ESPECIAL LA CONSTRUCCIÓN DE CILINDROS.

**JONATHAN VARÓN GRANADOS. ANDRÉS FELIPE CASTRO GARCÍA. JHOAN ANDREY LÓPEZ REYES**

### RESUMEN

En el mundo donde cada vez dependemos más de nuestros dispositivos móviles, como Smartphone y tablet's para estar conectados, cada vez se desarrollan más aplicaciones para todo tipo de funciones, esta evolución ha sido provocada principalmente por los avances en la tecnología y dentro de ellas se encuentran las aplicaciones educativas que nos ofrecen a padres, profesores y alumnos nuevos beneficios para nuestro entendimiento, así mismo permiten el aprendizaje en cualquier contexto, dentro y fuera del aula. En la actualidad existen muchas aplicaciones educativas por esta razón tomamos la decisión de desarrollar una investigación de factibilidad para el desarrollo de una aplicación educativa para la Corporación Tecnológica Industrial Colombiana TEINCO, en la cual podamos identificar las falencias de los alumnos y adaptarnos a sus necesidades para poder fortalecerlos, dentro de la aceptación de estas aplicaciones encontramos resultados positivos en la utilización y el aprendizaje de la aplicación ya que con esto lograremos fortalecer las competencias en los alumnos al trabajar con formatos y medios con los que el estudiante tiene mayor relación, se refuerza el aprendizaje y además de invertirse menos tiempo en el aula, gracias a los recursos complementarios a través de Internet. (Freddy Andrés Bello, 2019)

Se realizó una indagación de varios proyectos cuyo propósito fue determinar que aplicaciones que existen actualmente abordan temas como hallar el área de un cono o de un cilindro, ya que estos son muy usados en matemática. Se realizaron varias pruebas en diferentes softwares como C++, Java y MATLAB, pero al transcurso de ir programando o de ir conociendo estos lenguajes de programación nos dimos cuenta que no cumplían con todos los requisitos necesarios para realizar el proyecto planteado. Se utilizó como instrumento de programación el lenguaje Python y JavaScript, ya que estos fueron los softwares que más se ajustaban a las necesidades planteadas a la hora de realizar la aplicación Como resultado final se evidencia una aplicación la cual cumple con varias funciones, la primera hallar el volumen de un cilindro y el área superficial de dicho cilindro y la segunda hallar la fuerza neta ejercida por un cilindro y a la vez el consumo de aire de dicho cilindro en operación entre otras. (RESULTADOS) Por lo tanto, se concluye que la utilización de esta aplicación tiene una influencia positiva en el desarrollo estudiantil ya que por medio de esta aplicación se facilita la comprensión de dichos temas y a la vez el desarrollo de dichos procedimientos.

**PALABRAS CLAVE:** Avances en la tecnología; Aplicaciones educativas; Fortalecer las competencias; Refuerza el aprendizaje.

1 1019119644@teinco.edu.co ( IX semestre )

2 1015484240@teinco.edu.co ( VIII semestre )

3 1026307032@teinco.edu.co ( VIII semestre )

Estudiantes de IX Semestre Corporación Tecnológica Industrial Colombiana Ingeniería Mecatrónica

## ABSTRACT

In the world where we are increasingly relying on our mobile devices, such as Smartphone and tablet's to stay connected, more and more applications are being developed for all kinds of functions, this evolution has been caused mainly by advances in technology and within them are the educational applications that offer parents, teachers and students new benefits for our understanding, also allow learning in any context, inside and outside the classroom. Currently there are many educational applications for this reason we made the decision to develop a feasibility research for the development of an educational application for the Colombian Industrial Technology Corporation TEINCO. in which we can identify students' shortcomings and adapt to their needs in order to strengthen them, within the acceptance of these applications we find positive results in the use and learning of the application since with this we will manage to strengthen the competences in the students by working with formats and means with which the student is more related, learning is strengthened and less time is spent in the classroom, thanks to complementary resources via the Internet.

An investigation of several projects was carried out, the purpose of which was to determine what applications that currently exist address issues such as finding the area of a cone or a cylinder, since these are widely used in mathematics. Several tests were carried out in different softwares such as C ++, Java and MATLAB, but in the course of programming or getting to know these programming languages we realized that they did not meet all the necessary requirements to carry out the proposed project. The Python and JavaScript languages were used as programming tools, since these were the softwares that best suited the needs raised when making the application. As a final result, an application is evidenced which fulfills several functions, the first finding the volume of a cylinder and the surface area of said cylinder and the second find the net force exerted by a cylinder and at the same time the air consumption of said cylinder in operation among others. (RESULTS) Therefore, it is concluded that the use of this application has a positive influence on student development since through this application the understanding of these topics is facilitated and at the same time the development of said procedures.

**KEYWORDS:** Indagación propia, Cilindros, Área, Matemáticas, Softwares, C++, JavaScript, Python, Self Inquiry, Cylinders, Area, Mathematics, Softwares, C ++, JavaScript, Python.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen miles de aplicaciones para dispositivos móviles. En ese sentido, se pueden encontrar aplicaciones para la educación formal e informal de índole privada y pública (universidades, escuelas y colegios), muchas de estas aplicaciones son creadas por las mismas instituciones como respuesta a necesidades básicas o esenciales para un óptimo desarrollo.

Algunas aplicaciones educativas están diseñadas para estudiantes de secundaria; otras, para graduados universitarios, y no son pocas las dirigidas a quienes educan a otros, o incluso para aquellos que anhelan el conocimiento después de haber terminado la escuela.

En el grupo de Semilleros de investigación de Matemáticas se tomó la iniciativa en investigar y desarrollar una aplicación para facilitar el aprendizaje, la cultura, los algoritmos y procedimientos específicos de las matemáticas, donde los estudiantes, docentes y personas interesadas en el aprendizaje; interactúe con una interfaz intuitiva y didáctica.

Llevando a cabo mejoras en área cognitiva para satisfacer las necesidades que forman parte del desarrollo intelectual y de la experiencia.

En el plano del diseño, es importante considerar dos aspectos fundamentales: el valor del componente gráfico y la experiencia de usuario (interacción, usabilidad, accesibilidad, percepción) que se brinda. Los elementos gráficos que forman parte de la aplicación deben ser atractivos, útiles, divertidos y, sobre todo, acordes con el objetivo de aprendizaje. (Freddy Andrés Bello, 2019).

La presente investigación se refiere al desarrollo de un software el cual cumpla con funciones como la optimización de material en la construcción de cilindros, también hallar el

área de un cilindro y el consumo de un cilindro neumático a un determinado tiempo, una aplicación donde el sector escolar e industrial pueden utilizarla para resolver problemas muy cotidianos a nivel escolar e industrial.

La característica principal por la cual se desarrolló este trabajo fue ayudar a la población estudiantil e industrial a desarrollar y solucionar problemas matemáticos, ya que por medio de esta aplicación se les podrá facilitar a la gente a resolver y comprender ciertos problemas cotidianos a nivel industrial u escolar.

Esta investigación se realizó con dos intereses los cuales son: académico y profesional.

En la parte académica nos interesamos en desarrollar una línea dentro de la aplicación la cual resuelva problemas muy cotidianos como hallar el área de un cilindro o el área superficial de dicho cilindro o la obtención del volumen de un cilindro oblicuo.

En la parte profesional nos enfocamos a resolver problemas como la optimización de material al construir cilindros sin importar el tamaño, la fuerza neta de un cilindro neumático y a la vez a hallar el consumo de aire de dicho cilindro en su operación cotidiana.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el uso de las herramientas tecnológicas virtuales se han vuelto sustantivas en el quehacer docente, "Las tecnologías de la información le permiten al estudiante explorar modos de aprendizaje reales, los cuales se alejan de los propuestos en la clase tradicional a través de un libro de

texto modelo y de prácticas repetitivas y muchas veces sin sentido, que se aleja de todo aquello que se puede explorar gracias a las múltiples posibilidades que ofrecen las tics, las cuales le permiten a un alumno, por ejemplo, poder interactuar en su contexto con total conocimiento de diferentes temas en todas las áreas del saber.

En la actualidad existen más de ochenta mil aplicaciones para dispositivos móviles, con gran cantidad de descargas algunas llegando a los 50 millones, es el caso de Photomath (número uno en descargas en la Play-Store), con énfasis en matemáticas, Aritmética, Cálculo y Comprensión. (matemáticas, 2019) Es por ello que en la corporación tecnológica industrial colombiana Teinco se ha venido trabajando con programación en Python enfocada a soluciones cotidianas de fácil acepción en pro de fortalecer el vínculo del estudiante de ingeniería con las matemáticas y la programación, la cual busca fortalecer estos nexos de mucha importancia para la academia estudiantil.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Cifras que confirman las ventajas de tener una aplicación educativa.

Para desarrollo de la aplicación y saber su aceptabilidad y cualidades de cada una de ellas se llevó a cabo una estadística de las 50 aplicaciones educativas más descargadas. Dentro de la gran variedad de aplicación puedes encontrar una forma de aprender conceptos específicos de Álgebra, Geometría, Trigonometría, Estadística, Cálculo o bien sea conceptos básicos como sumas y restas, así mismo podemos encontrar el aprendizaje por grados.

Al comparar aplicaciones dedicadas a la capacitación y solución de problemas matemáticos (Fracciones, Triángulo de Pascal, radicación, Sólidos de Revolución), se obtuvieron datos donde las características y enfoques de las aplicaciones son diferentes y se perfilan en los entornos como:

Ingeniería.

Estudiantil.

Niños

(Martínez, Fernández, Leguizamo, & Rojas)

#### 3.2 Aplicaciones dirigidas a la ingeniería.

Las matemáticas es la base de todo en este mundo, desde el momento que naces estas entrando al mundo matemático, en cierta forma nuestro universo es matemático, es decir, la importancia de las matemáticas en la ingeniería es necesaria, un ingeniero necesita la capacidad de razonar y resolver complejidades en el área de trabajo en donde se desenvuelva, para ello se han desarrollado esta serie de aplicaciones las cuales nos ayudan a desarrollar un sinfín de actividades.

#### 3.3 Aplicaciones dirigidas a educación media.

Las matemáticas configuran actitudes y valores en los alumnos pues garantizan una solidez en sus fundamentos, seguridad en los procedimientos y confianza en los resultados obtenidos. Todo esto crea en los alumnos una

disposición consciente y favorable para emprender acciones que conducen a la solución de los problemas a los que se enfrentan cada día.

#### 3.4 Aplicaciones dirigidas a Niños.

Las matemáticas son fundamentales para el desarrollo intelectual de los niños, les ayuda a ser lógicos, a razonar ordenadamente y a tener una mente preparada para el pensamiento, la crítica y la abstracción.

Estas aplicaciones se caracterizan por tener una interfaz muy amigable e intuitiva, que utiliza dibujos, animales o colores para atraer la atención de los más pequeños hacia las ciencias Matemáticas. (Martínez, Fernández, Leguizamo, & Rojas)

#### 3.5. Beneficios e importancia de las matemáticas

Las matemáticas tienen una serie de beneficios muy útiles para nuestra mente si nos adentramos en su estudio. Desarrolla nuestro razonamiento, nos ayuda a tener un pensamiento analítico, agiliza nuestra mente, genera practicidad y además su uso se puede aplicar en el día a día. Las matemáticas están presentes en nuestra vida diaria. Para muchos estudiantes las matemáticas son aburridas, abstractas, carentes de creatividad, complejas y muy difíciles de entender, de ahí las típicas expresiones de “soy de letras” o “lo mío no son los números “.

No obstante, es una asignatura que forma parte del estudio de nuestros hijos y como tal debe de hacerse un esfuerzo para su comprensión, y que normalmente conlleva practica constante.

#### 3.6 Beneficios de las matemáticas para la educación

Por muy soporíferas que puedan parecer, su estudio se traduce en beneficios para la educación y para nuestra vida en general como son los siguientes:

#### 3.7 Aplicaciones móviles para la enseñanza de las Matemáticas. Una opción a tener en cuenta dentro y fuera del aula de clase.

No es ningún secreto que el aprendizaje de las matemáticas indistinto del nivel de educación sea literalmente un dolor de cabeza para el alumno y un problema para el profesor en cuanto a la forma de enseñar y hacerse entender en su práctica docente.

A esta situación se suma la presión administrativa que exige al profesorado obtener mejores resultados en esta asignatura, -como si de magia se tratara, en la que se ha llegado al límite de pasar a los estudiantes bien por trabajos o por evaluaciones deficientes, o por la famosa “curva”, todo en pro de mejorar las estadísticas y heredarle al siguiente profesor la responsabilidad de formación y lidiar con el problema del aprendizaje de las matemáticas en el alumno.

Esta es una cadena que pareciera no tener fin, en la que incluso el estudiante nunca va a comprender los fundamentos básicos de las matemáticas, problema que se agudiza cuando éste llega a la universidad.

Lo peor de esta situación, es que se encuentran profesionales con un nivel de desconocimiento y comprensión de las

matemáticas que hacen cuestionar el cómo esta persona pudo graduarse.

La idiosincrasia del alumno y del profesor en cuanto al rol que se asume en cuanto a la responsabilidad del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas es compartido, y discutible por supuesto, es decir, el estudiante en la mayoría de los casos culpa al profesor bajo diversos argumentos: no le entendía, no explicaba bien, lo tenía entre ojos, y un largo etcétera.

Para el caso del profesor, los argumentos más comunes son: el alumno no estudia, no demuestra compromiso con la asignatura, es distraído, es indisciplinado o viene con malas bases, en casa no se preocupan por la educación de sus hijos, presentan factores de riesgo que ponen entre dicho el desarrollo matemático etc.

¿Son ciertas estas afirmaciones? La respuesta es compleja, pero se podría afirmar que, si es cierto en algunos contextos, porque es indiscutible que existen dificultades de aprendizaje de la matemática, y no, en otros casos, porque se podría preguntar, por qué el estudiante no estudia, o por qué es distraído e indisciplinado, entre otros factores, esto implica que para cada causa hay un efecto.

Normalmente se tiene en cuenta más el efecto y se torna más complejo lidiar con esta problemática cuando el grupo con el que se trabaja es demasiado grande, existen casos donde el estudiante presenta dificultades de aprendizaje y de atención o el entorno sociocultural no es el más apropiado, entre otros factores.

Esta situación descrita de manera somera, es una realidad recurrente en las instituciones de educación con la que frecuentemente se enfrentan los profesores que imparten matemáticas.

En este contexto, las TIC entran como apoyo al proceso formativo del alumno, en la que hoy en día nos encontramos con una diversidad de herramientas informáticas que propenden a mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de prácticamente cualquier área del conocimiento, flexibilizando con ello la educación, sea esta fuera o dentro del aula de clase.

Con los recursos técnicos y tecnológicos que disponen los estudiantes actualmente, el aprendizaje de las matemáticas en particular se torna más flexible, pues los ayudan a familiarizarse con los números y a entender sus propiedades y lógica implícita, al igual que la importancia de su estudio y aplicación en la sociedad.

Es así, que con el avance y aporte continuo que brinda las TIC en la educación, el aprendizaje ha pasado de ser masificado, a ser personalizado y adaptado a las necesidades propias del estudiante, incluso del docente a la hora de enseñar y/o transmitir el conocimiento.

En la actualidad en Internet, tanto estudiantes como docentes encuentran diversas aplicaciones pagas, gratuitas y gratuitas, pero con compras integradas, que permite el aprendizaje de las matemáticas de una manera lúdica y en algunos casos divertida. También, existen aplicaciones pagas muy estructuradas, que permiten realizar cálculos avanzados y simulaciones, ideales para aquellos que estudian carreras profesionales donde las matemáticas son imprescindibles en su formación.

Como se aprecia, la disponibilidad de diversas herramientas TIC para el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas es diverso y variado, lo que presupone para el estudiante escoger la mejor opción u opciones a instalar en su dispositivo móvil para su aprendizaje.

Para el caso del maestro e instituciones en general, estas herramientas TIC constituyen un apoyo a la práctica académica dentro o fuera del aula de clase, que de una u otra manera van a ayudar en parte a reducir la problemática acerca del aprendizaje de las matemáticas por parte de los estudiantes.

Es fundamental aclarar que el acompañamiento del maestro en el uso adecuado y racional de estas aplicaciones es un factor importante para el estudiante, pues la dependencia al uso desmesurado de estas va a conllevar que el análisis y lógica matemática se pierda, debido a que el estudiante solo se limitará a copiar y pegar información solo por el hecho de cumplir con un ejercicio o tarea. Dicho esto, el área formativa del docente se amplía, pues debe conocer parte de este abanico de aplicaciones que existen en el mercado y disponer cuáles pueden ser de ayuda para su clase o fuera de ella, al igual que recomendar otras aplicaciones para aquellos estudiantes que por diversas razones se les dificulte el aprendizaje de determinados temas de las matemáticas. (Martínez, Fernández, Leguizamo, & Rojas).

### 3.8 Apps Móviles

Las Apps móviles son programas desarrollados para que funcionen en dispositivos móviles, y atiendan una tarea específica. Existen distintos tipos de aplicaciones móviles, y de acuerdo con su funcionamiento se clasifican en:

**Aplicaciones de sistemas:** son Apps relacionadas con el funcionamiento de los dispositivos, por ejemplo, gestión de mensajes.

**Aplicaciones ofimáticas:** que permiten trabajar con documentos de textos, hojas de cálculo y demás herramientas que se usan en un ambiente de oficina.

**Aplicaciones de organización:** destinadas a la organización de datos, por ejemplo, calendarios y gestión de contactos.

**Aplicaciones web:** para utilizar este tipo de aplicaciones se necesita conexión a internet, ejemplos de este tipo Apps son correo electrónico, Google Maps, Facebook.

**Aplicaciones de accesibilidad:** este tipo de apps permiten que los dispositivos móviles puedan ser usados por personas con alguna discapacidad.

Existen otros tipos de aplicaciones como las multimedia, juegos y aplicaciones educativas. Según la forma de desarrollo de las aplicaciones móviles, pueden ser:

a). **Aplicaciones nativas:** son desarrolladas para ejecutarse en un sistema operativo y un dispositivo móvil específico.

b). **Aplicaciones web:** se ejecutan dentro del navegador del dispositivo móvil.

c). **Aplicaciones híbridas:** reúnen características de los dos modelos anteriores. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es Facebook. (Martínez, Fernández, Leguizamo, & Rojas)

## 4. MÉTODO(S)

Actualmente se cuenta con la base del software de optimización de cilindros desarrollada en el lenguaje de programación Python y JavaScript, soportado con el framework Django en su módulo de backend y bootstrap en su parte frontend, para esto se resolvió el problema matemático mediante derivadas y se creó el algoritmo que será aplicado en la optimización.

## 5. PROCEDIMIENTO

- Definir con el grupo de trabajo y con el docente encargado, que opciones iba a tener el Software.
- Informarnos sobre los diferentes lenguajes de programación que existen y mirar cual se acoge más a nuestro propósito.
- Se procede a programar con el software C++, pero ya utilizando este software se logra observar que no cumple con todos los requisitos que necesitábamos.
- Se procede a instalar el Ide PyCharm Community el cual está pensado para el desarrollo en Python teniendo en cuenta las restricciones del software.
- Realizar la respectiva programación de la primera línea del software, (Línea Industrial).
- Ya habiendo realizado la programación de la primera línea de desarrollo del software, se procede a realizar la respectiva programación de la segunda línea la cual está enfocada en la Educación.

## 6. RESULTADOS

- Como resultado final se logra realizar un software en el cual se evidencian dos tipos de uso, la primera línea es tipo estudiantil, ya que en esta línea donde se puede hallar el volumen de un cilindro o el área superficial de un cilindro entre otros.
- En la segunda línea está enfocada a resolver un problema específico tipo industrial, en donde con ciertos datos que el usuario ingresa se puede obtener las medidas exactas para construir un cilindro optimizando lo máximo posible la fuerza neta de avance ejercida por un cilindro y el consumo de aire de dicho cilindro.

## 7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El capítulo se completa con este apartado donde se hace una síntesis de los principales hallazgos que a su vez dan respuesta al problema de investigación. Habitualmente, estos argumentos permiten prolongar la discusión hacia otros interrogantes que pueden constituir el punto de partida para nuevas investigaciones.

## 7.1) Programación en Python Usando el Ide PyCharm Community

```
# Programa: Semillero
# Propósito: Desarrollar un menú con enfoque escolar e industrial para el área de cilindros
# Autor: Andrés Felipe Castro García, Jonathan Yacón Sotomayor y Johan Andrey López Reyes
# Última modificación: 06/09/20
# Version Python: 3.7.3

from math import pi

# Bloque de funciones
def volumen(r, h):
    return pi * (r ** 2) * h

def area(r, h):
    return (2 * pi * (r ** 2)) + (2 * pi * r * h) # r=radio h=altura

def Fay(x, y):
    return (x * (10 ** 5)) + (pi * ((y / 100) ** 2) / 4) * 0.9 # x=expresion y=diametro

def Consumo(w, y, z): # w=numero de ciclos y=diametro z=carrera
    return (w * (pi * (y ** 2) / 4) * z)
```

Imagen 47 Figura N° 1 Programación (Propia)

```
def Consumo(w, y, z): # w=numero de ciclos y=diametro z=carrera
    return (w * (pi * (y ** 2) / 4) * z)

def Boyle(x, a): # x=expresion a=consumo de aire en trabajo
    return ((101325 + (x * (10 ** 5))) * a) / 101325

# Bloque de variables
Bucle = 0

# Bloque de condicionales
while Bucle == 0:
    print(" ")
    print("Bienvenido! , Selecciona un proposito: ")
    1. Escolar
    2. Industrial
    3. Salir del sistema")
    print(" ")
    Opcion1 = int(input("¿Cual opción quieres? : "))
    while Opcion1 == 1:
```

Imagen 48 Figura N° 2 Programación (Propia)

```
while Opcion1 == 1:
    try:
        print(" ")
        print("Selecciona la operacion que desees realizar : ")
        1. Volumen de un cilindro
        2. Area superficial de un cilindro
        3. Salir del menú escolar")
        print(" ")
        n = int(input("¿Cual opción quieres? : "))
        if n == 1:
            Radio = float(input("Ingrese el radio :"))
            print(" ")
            Altura = float(input("Ingrese la altura :"))
            print(" ")
            print("El volumen del cilindro es :", volumen(Radio, Altura))
            print(" ")
```

Imagen 49 Figura N° 3 Programación (Propia)

```
if n == 2:
    Radio = float(input("Ingrese el radio :"))
    print(" ")
    Altura = float(input("Ingrese la altura :"))
    print(" ")
    print("El Area Superficial es: ", area(Radio, Altura))

if n == 3:
    print(" ")
    Opcion1 = 0

if n != 1 and n != 2 and n != 3:
    print(" ")
    print("Por favor ingresa una opción valida... ")

except ValueError:
    print(" ")
    print("Ingresas un valor numerico , por favor... ")
```

Imagen 50 Figura N° 4 Programación (Propia)



```

while Opcion1 == 2:

    try:
        print(" ")
        print('Selecione una opcion a calcular

        1. Fuerza de avance

        2. Consumo de presion por hora

        3. Salir del menú industrial ')
        print(" ")

        Opcion = int(input("¿Cual opcion desea? : "))
        print("")

```

Imagen 51 Figura N° 5 Programación (Propia)

Bienvenido! , Selecciona un proposito:

1. Escolar
2. Industrial
3. Salir del sistema

¿Cual opción quieres? :

¿Cual opción quieres? : |

Selecciona la operacion que desees realizar :

1. Volumen de un Cilindro
2. Area superficial de un Cilindro
3. Salir del menú escolar

¿Cual opción quieres? : |

Imagen 54 Figura N° 1 Resultados obtenidos (elaboración Propia)

```

if Opcion == 1:
    Diametro = float(input(" Ingrese el diametro del embolo en unidades de centimetros : "))
    print(" ")
    Presion = float(input(" Ingrese la presion de trabajo del cilindro en bares : "))
    print(" ")
    Fav = float(input(" Ingrese la fuerza de avance meta del cilindro en Newtons : "))
    print(" La fuerza de avance meta del cilindro pneumatico es : ", Fav(Presion, Diametro), "Newtons")
    print(" ")

if Opcion == 2:
    Diametro = float(input(" Ingrese el diametro del embolo en unidades de centimetros : "))
    print(" ")
    Carrera = float(input(" Ingrese la carrera del cilindro en centimetros : "))
    print(" ")
    Ciclos = int(input(" Ingrese el numero de ciclos de trabajo del cilindro : "))
    print(" ")
    Presion = float(input(" Ingrese la presion de trabajo del cilindro en bares : "))
    print(" ")
    print(" El consumo de aire en condiciones de trabajo es : ", Consumo(Ciclos, Diametro, Carrera),
          " cm3/min")
    print(" ")
    print(" El consumo de aire en condiciones normales es : ", Boyle(Presion, Fav(Presion, Diametro)),
          " cm3/min")

```

Imagen 52 Figura N° 6 Programación (Propia)



Imagen 55 Figura N° 2 Resultados (plataforma elaboración Propia)

```

if Opcion == 3:
    Opcion1 = 0

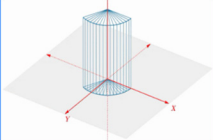
if Opcion != 1 and Opcion != 2 and Opcion != 3:
    print(" ")
    print("Por favor ingresa una opcion valida.. ")

except ValueError:
    print(" ")
    print("Ingresa un valor numerico , por favor.. ")

Opcion1 == 3:
    print(" ")
    print(" Muchas gracias , hasta pronto ... ")
Bucle = 1

```

Imagen 53 Figura N° 6 Programación (Propia)

  
 Operaciones a Calcular



 <p><b>Aplicaciones Educativas</b> Aquí podemos encontrar algunas operaciones básicas realizadas con cilindros.</p> <p><a href="#">Acceder</a></p>	 <p><b>Aplicaciones Industriales</b> Aquí podemos encontrar operaciones avanzadas usadas en cilindros a nivel industrial.</p> <p><a href="#">Acceder</a></p>
--	---

Imagen 56 Figura N° 3 Resultados obtenidos (elaboración Propia)



Imagen 57 Figura N° 4 Resultados (Propia)



Imagen 58 Figura N° 5 Resultados(Propia)

## 8. RECOMENDACIONES.

Teniendo en cuenta que en este semillero de matemáticas se han llevado a cabo diferentes tipos de investigación para la realización final de la aplicación asumiendo conceptos como su aceptabilidad, viabilidad y medios para el desarrollo del proyecto, se recomienda tener en cuenta el lenguaje de programación a trabajar, ya que luego de distintas pruebas y ensayos se llegó a la conclusión que Phyton es el programa a utilizar para lograr el objetivo de la aplicación ya que ella nos facilita el lenguaje, la comprensión y el diseño de la misma.

Así mismo al diseñar una aplicación móvil se debe tomar muy en cuenta aspectos como la navegabilidad y usabilidad de la misma de esto depende el éxito de la aplicación.

Cuando se desarrolla una aplicación móvil para android se debe tomar en cuenta que esta debe estar disponible para el mayor número de versiones de android, de esta característica depende que el beneficio de la comunidad a la cual está orientada la utilice.



## REFERENCIAS

- Freddy Andrés Bello, J. J. (11 de 2019). **MATEMÁTICAS INTERACTIVAS UN ENFOQUE DIDÁCTICO DEL MUNDO.**
- Martínez, B. C., Fernández, B. S., Leguizamo, H. B., & Rojas, N. S. (s.f.). **Matemáticas Interactivas una Nueva Forma de Ver el Mundo. TOMO I NUEVAS TECNOLOGIAS Y SOCIEDAD.** matemáticas, S. d. (2019).
- Pitágoras (2015) Alfa omega Grupo Editorial S.A de Aprender a programar Apps con HTML5, CSS y JavaScript.
- David Báez López, Ofelia Cervantes. (2017) Alfa omega Grupo Editorial S.A Python con aplicaciones a las matemáticas, ingeniería y finanzas.
- Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58800>
- [2] Memoria proyecto final/ Grado Mater Máster universitario en aplicaciones multimedia. Autor: Oscar Ardilla Chaparro. Universidad abierta de Catalunya. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/09/42776/6/oardilaTFC0615presentaci%C3%B3n.pdf>
- Autor: WebFindYou (Descubre el poder de Internet) Ubicación: Internet. Obra consultada: Consumo De Aplicaciones Móviles En Colombia. En: <https://www.webfindyou.com.co/> Edición de Internet: Blog Consumo De Aplicaciones Móviles En Colombia, agosto 01, 2018.
- Sección caja de dialogo. URL: <https://www.webfindyou.com.co/blog/consumo-de-aplicaciones-moviles-en-colombia/>
- LasTIC's URL: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11110/1/2019\\_herramientas\\_digitales\\_matematicas.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11110/1/2019_herramientas_digitales_matematicas.pdf)
- Lenguaje C URL: [https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TIC-Ed.-28\\_Vol.8\\_n%C2%BA1-29\\_03-3.pdf](https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TIC-Ed.-28_Vol.8_n%C2%BA1-29_03-3.pdf)



# GEOLOCALIZACIÓN POR DESCUBRIMIENTO DE PUNTOS DE ACCESO WI-FI

***GASTRONOMIC PREPARATIONS BASED ON PINEAPPLE IDENTIFIED IN THE MUNICIPALITY OF LEBRIJA -  
SANTANDER AND ITS DECONSTRUCTION***

**FÁBIO DE BRITO GONTIJO. LUCAS GUILHERME DA SILVA.**

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y comprender la tecnología de geolocalización vía wifi, a partir de la construcción de un prototipo utilizando el módulo ESP-01, que ya tiene un módulo Wi-Fi integrado y un microcontrolador ESP8266. Debido a la gran disponibilidad de las redes Wi-Fi, y porque es una tecnología emergente en el área del rastreo, se decidió analizar el rendimiento de este método y compararlo con una tecnología operativa y ampliamente utilizada que es el GPS. Se construirá un prototipo capaz de recolectar información de redes Wi-Fi y transmitir datos vía red GPRS a un servidor en la nube que procesará la información y devolverá las posiciones geográficas obtenidas a una aplicación de mapas para Android para visualizar las posiciones recolectadas.

**PALABRAS-CLAVE:** Geolocalización, Wi-Fi, GPS, GPRS, ESP8266, Android

## **ABSTRACT**

The present work aims to study and understand the geolocation technology via Wi-Fi, starting from the construction of a prototype using the ESP-01 module, which already has an integrated Wi-Fi module and an ESP8266 microcontroller. Due to the high availability of Wi-Fi networks, and because it is an emerging technology in the area of tracking, it was decided to analyze the performance of this method and compare it with a widely used and operational technology that is GPS. A prototype capable of collecting information from Wi-Fi networks and transmitting data via GPRS network will be built to a cloud server that will process the information and return the geographic positions obtained to a mapping application for Android to view the collected positions.

**KEYWORDS:** Geolocation, Wi-Fi, GPS, GPRS, ESP8266, Android

**1** Ingeniero de telecomunicaciones, coordinador del curso de ingeniería eléctrica en el Centro Universitario de Patos de Minas, Brasil - [fabiobg@unipam.edu.br](mailto:fabiobg@unipam.edu.br)

**2** Ingeniero eléctrico, estudiante del Centro Universitario de Patos de Minas, Brasil - [lucasguilherme@unipam.edu.br](mailto:lucasguilherme@unipam.edu.br)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde que las personas viajan de un lugar a otro en la Tierra, han utilizado una variedad de métodos, con diversos grados de precisión, para calcular aproximadamente dónde se encuentran.

Según Holdener (2011), una de las primeras formas que encontró la humanidad para ubicarse fue la señal de humo. Con el avance de las áreas de las matemáticas y las nociones de la naturaleza, se crearon nuevos métodos que utilizaban ángulos calculados a partir de constelaciones y estrellas.

Con el avance de la tecnología, se crearon muchas otras formas de localización, como por ejemplo el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), la dirección IP, las celdas de identificación GSM/CDMA, la dirección MAC Wi-Fi y Bluetooth, el dispositivo de identificación por radiofrecuencia (RFID), Ultra Wide Band (UWB) (HOLDENER, 2011).

Hoy en día, el GPS es la tecnología más utilizada y está disponible en casi todos los teléfonos móviles modernos. Opera a través de un conjunto de satélites que constantemente envían información a la Tierra. A partir de ellos, los dispositivos son capaces de determinar el tiempo de recepción de los mensajes y su distancia en relación a cada uno de los satélites de la constelación. Con ello, es posible realizar el proceso de trilateración definiendo su propia posición (HOLDENER, 2011).

Sin embargo, una de las principales desventajas del GPS según González (2007) es que necesita una línea de visión, ya que las señales no pueden penetrar la mayoría de los materiales, lo que limita el uso de esta tecnología para ambientes interiores, agrupaciones de edificios, entre otros. Otro problema, según Gentile (2014), es que el GPS no funciona de manera constante a lo largo del tiempo para una ubicación determinada, estos errores ocurren debido a las condiciones atmosféricas y la visibilidad con satélites.

Una posible alternativa para solucionar este problema en este tipo de entornos, es el uso de la tecnología de geolocalización por dirección MAC de redes Wi-Fi. Empresas como GOOGLE, HERE, SKYHOOK, MOZILLA, entre otras, ya cuentan con este tipo de servicio, proporcionando la posición geográfica de un grupo de MAC enviados a una API.

Estas empresas utilizan estimaciones como la triangulación de antenas celulares y la ubicación GPS de los teléfonos inteligentes cerca de los puntos de acceso Wi-Fi, para obtener la latitud y longitud de los puntos de acceso fijos. Cuando se solicita un grupo MAC, cada empresa utiliza su propio algoritmo y base de datos para calcular una posición aproximada (SAKIB; HALIM; HUANG, 2014).

## 2. MÉTODO

En el desarrollo de este trabajo se adoptará el método de estudio de casos con un enfoque cualitativo combinado con la investigación bibliográfica.

Para la construcción del prototipo se utilizó el módulo ESP-01, el cual cuenta con un microcontrolador ESP8266 y un módulo Wi-Fi incorporado, que será utilizado para escanear las redes Wi-Fi, también se utilizó un módulo GSM/GPRS IOT-GA6-B que se utilizará para la transmisión de datos a la aplicación. La figura 2 muestra el prototipo construido.

Figura 2 - Prototipo

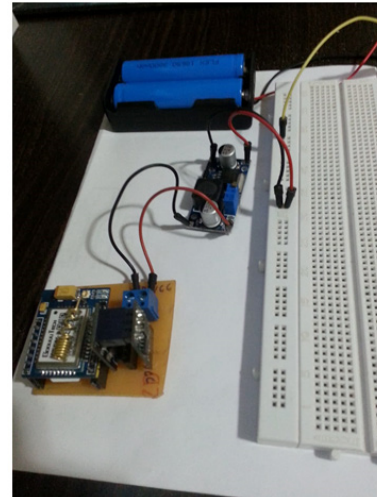


Imagen 59 Fuente: Completamente generada por el autor

El desarrollo de la aplicación utilizó el framework React Native, lo que permite desarrollar aplicaciones para sistemas Android e IOS de forma nativa. La Figura 3 muestra la pantalla de la aplicación construida.

Figura 3 - Aplicación Android

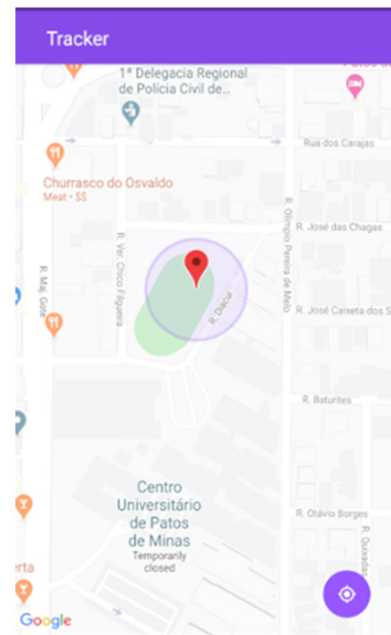


Imagen 60 Fuente: Completamente generada por el autor

Figura 4 - Ejemplo de la información presente en cada punto

DATE	22/09/2020 11:08:33		
LATITUDE	-18.56782960		
LONGITUDE	-46.48246170		
ACCURACY	39		
NETWORKS	MAC	RSSI	CH
	D4:6E:0E:C5:C5:38	-91	2
	60:DE:F3:01:E1:90	-45	6
	44:A1:91:7E:BE:D4	-90	8
	3C:15:FB:3D:CF:28	-74	10

Imagen 61 Fuente: Completamente generada por el autor

Para procesar los datos se utilizó la API de geolocalización de Google, que al enviar un conjunto de datos desde redes Wi-Fi, devuelve la coordenada geográfica más cercana. La Figura 5 muestra un ejemplo de los datos enviados a la API y la Figura 6 muestra los datos devueltos.

Figura 5 - Ejemplo de datos enviados a la API

```

1 {
2   "considerIp": "false",
3   "wifiAccessPoints": [
4     {"macAddress": "64:d1:54:10:7d:de", "signalStrength": -84, "channel": 140 },
5     {"macAddress": "6c:aa:b3:2c:00:b8", "signalStrength": -74, "channel": 7 },
6     {"macAddress": "6c:aa:b3:2c:86:58", "signalStrength": -90, "channel": 11 },
7     {"macAddress": "6c:aa:b3:2c:86:5c", "signalStrength": -93, "channel": 100 },
8     {"macAddress": "6c:aa:b3:2d:96:c8", "signalStrength": -77, "channel": 4 },
9     {"macAddress": "6c:aa:b3:2e:02:00", "signalStrength": -58, "channel": 10 },
10    {"macAddress": "6c:aa:b3:2e:02:0c", "signalStrength": -88, "channel": 124 },
11    {"macAddress": "6c:aa:b3:ac:00:b8", "signalStrength": -74, "channel": 7 },
12    {"macAddress": "6c:aa:b3:ac:86:5c", "signalStrength": -95, "channel": 100 },
13    {"macAddress": "6c:aa:b3:ad:96:c8", "signalStrength": -76, "channel": 4 },
14    {"macAddress": "6c:aa:b3:ae:02:00", "signalStrength": -59, "channel": 10 },
15    {"macAddress": "6c:aa:b3:ae:02:0c", "signalStrength": -87, "channel": 124 }
16  ]
17 }
18

```

Imagen 59 Fuente: Completamente generada por el autor

Figura 6 - Ejemplo de respuesta de API

```

1 {
2   "location": {
3     "lat": -18.5727922,
4     "lng": -46.513425399999996
5   },
6   "accuracy": 45
7 }

```

Imagen 63 Fuente: Completamente generada por el autor

La recolección de datos se realizó en 5 localidades diferentes de la ciudad de Patos de Minas, con 60 mediciones en cada lugar. Las ubicaciones de medición fueron elegidas con la ayuda del sitio web de Google Maps. Las coordenadas indicadas por el sitio web, para cada ubicación, se adoptarán como la posición real, para que posteriormente exista una base comparativa para el análisis cualitativo. El tiempo en cada ubicación fue de 1 hora, lo que resultó en unas 300 muestras obtenidas por el prototipo. Con fines comparativos, las coordenadas geográficas también serán recopiladas por GPS del teléfono inteligente a través de la aplicación incorporada. Para evaluar la calidad del posicionamiento se utilizaron los puntos recogidos en la prueba, que se consideraron como información observada y las posiciones elegidas con la ayuda de Google Maps, como datos de referencia. Posteriormente, se calcularon los valores de posicionamiento máximo, mínimo y medio obtenidos por el prototipo y el GPS.

### 3. RESULTADOS

Para el cumplimiento de dos objetivos, se llevaron a cabo los procedimientos metodológicos presentados en el ítem 3, y los resultados de los pasos indicados a seguir.

Los datos a continuación, Figura 1, representan las estadísticas encontradas después de los cálculos realizados para evaluar la calidad del posicionamiento realizado por el dispositivo construido.

Figura 1 – Distancia entre el punto real y el punto recogido

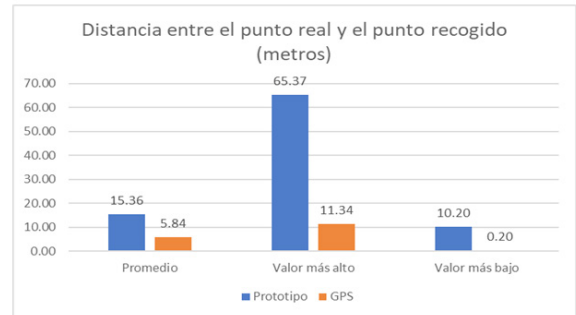


Imagen 64 Fuente: Completamente generada por el autor

Al analizar los datos, es posible observar que la distancia media entre el punto real y el punto recogido por lo dispositivo construido es 2,63 veces mayor que la del GPS. Para el valor más alto obtenido por el prototipo fue 5,76 veces mayor y para el más bajo 51 veces mayor que los valores obtenidos con el GPS. Por mucho que exista esta diferencia, el dispositivo construido presenta un desempeño satisfactorio para la geolocalización.

### 4. CONCLUSIONES

La tecnología de geolocalización Wi-Fi permite una trazabilidad satisfactoria en las regiones urbanas. El prototipo construido es capaz de rastrear un objeto en tiempo real. El usuario puede comprobar el estado de sus artículos a través de su smartphone, en una aplicación compatible con iOS y Android. Por tanto, el resultado obtenido en el prototipo final es capaz de cumplir con todos los requisitos de proyecto previamente acordados.

Una propuesta de trabajo futuro es desarrollar filtros para identificar redes virtuales y estimar la posición correcta con las posiciones dadas por las API, con el fin de comparar esta estimación con puntos georreferenciados por equipos específicos.

Otra sugerencia de trabajo futuro es la creación de un sistema que funcione junto con GPS, para su uso en locales donde el GPS tiene dificultades para mantener la comunicación con satélites, como en el caso de grandes conglomerados de edificios. En conclusión, el prototipo cumple con los parámetros necesarios para cumplir con el objetivo principal de la investigación.



## REFERENCIAS

- **GENTILE, Camillo; et al. Geolocation Techniques: Principles and Applications. Springer, 2014.**
- **GONZALEZ, J. et al. Combination of UWB and GPS for indoor-outdoor vehicle localization. IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, 2007.**
- **HOLDENER, A. T. HTML5 Geolocation. O'Reilly, 2011.**
- **SAKIB, M. N.; HALIM, J. B.; HUANG, C. Determining location and movement pattern using anonymized wi-fi access point bssid. 7th International Conference on Security Technology, 2014.**