



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
RECTORADO - VICERECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2 / 2022

REVISTA BOLIVIANA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE SISTEMAS





UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
RECTORADO - VICERECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2 / 2022

REVISTA BOLIVIANA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE SISTEMAS



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efrain Chambi Vargas
VICERECTOR

Dr. Antonio S. Lopez Andrade Ph. D.
DIRECTOR DICYT

M.Sc. Ing. David Carlos Mamani Quispe
DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Ing. Ramiro Kantuta Limachi
EJECUTIVO DE LA ASOCIACIÓN DE DOCENTES

Univ. Naira Leslie Paco Villan
EJECUTIVA CENTRO DE ESTUDIANTES

M.Sc. Ing. Maricel Yarari Mamani
COORDINADORA INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

COMITÉ DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

Dr. C. José Salomón Núñez Durán
M.Sc. Elizabeth Patricia Pommier Gallo
M.Sc. Dindo Valdez Blanco

DEPÓSITO LEGAL

4-1-387-2021 P.O.

IMPRESIÓN DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Creaciones ProGrafic
Cel.: 67083231 - 67066679
creaciones_prografic@hotmail.com

La información presentada como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en la presente edición es de entera responsabilidad de cada uno de los autores.

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL POR CUALQUIER MEDIO SIN PREVIA
AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES.**

PRESENTACIÓN

Una de las principales funciones de la Universidad es la investigación, su eje central se fundamenta en la creación y transferencia de conocimiento con la finalidad de responder a las necesidades de la sociedad y de la comunidad universitaria. La tarea de un investigador se traduce en reflexionar sobre los múltiples escenarios donde todo cambia a ritmo vertiginoso, y establecer vías de comunicación con el mundo laboral, organizacional y público que logre transferir este conocimiento.

Sin embargo, investigar en nuestra Universidad, es un desafío cotidiano, asumimos la responsabilidad de las condiciones reales en que vivimos y no renunciamos a producir un conocimiento nuevo a través del campo científico generando y produciendo de esta manera resultados que involucren una solución a un problema dado de la sociedad.

La Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Pública de El Alto, se complace en presentar el volumen Nro. 2/2022 de la **"REVISTA BOLIVIANA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE SISTEMAS"** del Instituto de Investigación Ingeniería de Sistemas, esta publicación refleja el resultado del trabajo de contribuir en temas de simulación y modelaje, programación, sistemas de sistemas, sistemas dinámicos, no lineales y caóticos, complejidad, inteligencia artificial, técnicas de visión por computadora y por último en las menciones de Gestión y Producción e Informática y Comunicaciones con las que colabora el típico profesional de Ingeniería de Sistemas.

Finalmente expresamos nuestro profundo agradecimiento a los autores que desde las distintas disciplinas contribuyen y enriquecen los contenidos de los distintos números de la revista.

Dr. Antonio S. López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

CONTENIDO

USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LOS HOGARES BOLIVIANOS TRAS LA PANDEMIA COVID-19	7
Maricel Yarari Mamani	
COMPARACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES RESPECTO A LA MODALIDAD DE CLASES VIRTUALES POR FACTORES SOCIO ECONÓMICOS	17
Carmen Vega Flores	
TASAS DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL, CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS EN EL PERIODO 2017 A 2021	27
Yuly Ramírez Limachi	
MODELO DE DEEP LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE COVID-19 EN IMÁGENES DE RAYOS X	39
Lidia Maxima Rodriguez Choque	
Bladimir Calcina Choque	
APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA PROYECTAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE EL ALTO	47
Marisol Arguedas Balladares	
Roger Huanca Cori	
PERCEPCIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO, PEDAGÓGICO Y DE CONTENIDO SOBRE EL MARCO TPACK EN UNIDADES EDUCATIVAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO	59
Yolanda Escobar Mancilla	
Jhiliar Wilson Ali Colque	
APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ON-LINE PARA EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA BRAILE	69
Reynaldo Javier Zeballos Daza	
Lidia Máxima Rodríguez Choque	
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LI-FI Y WIFI.....	79
Dionicio Henry Pacheco Rios	
Ramiro Kantuta Limachi	
APLICACIÓN DE ALGORITMOS DE ENCRIPCIÓN CLÁSICOS	89
Zara Yujra Cama	
TABLERO ELECTRÓNICO DIDÁCTICO CON PICTOGRAMAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL	101
Diego Abraham Herrera	
Adelaida Ximena Pastrana Arcani	
PLAN DE SEGURIDAD INFORMÁTICA EN LA UNIDAD EDUCATIVA " VILLA TUNARI " EL ALTO	113
Santos Celso Beltran Sullcani	
Lidia Máxima Rodríguez Choque	
CRIPTOGRAFÍA APLICADA AL SERVICIO DE MENSAJERÍA MÓVIL	123
Enrique Flores Baltazar	

USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LOS HOGARES BOLIVIANOS TRAS LA PANDEMIA COVID-19

USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN BOLIVIAN HOUSEHOLDS AFTER THE COVID-19 PANDEMIC

Maricel Yarari Mamani¹

¹Magister Scientiarum en Formulación y Evaluación de Proyectos para el Desarrollo
Ingeniero de Sistemas – Docente Universitario
Coordinadora del Instituto de Investigación – Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo realizar un análisis sobre el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación¹ en los hogares bolivianos tras la pandemia Covid-19, este estudio esta realizado bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo con diseño no experimental. Se tomó como muestra el periodo de tiempo 2020 con datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística², puesto que es el año en el que inicia la pandemia y todas las restricciones en nuestro país, además se toma también el periodo 2019 como dato referencial para la comparación. Los resultados obtenidos, muestran que, pese a los costos elevados de banda ancha de internet, los problemas de cobertura de la telefonía móvil y los aranceles de importación de bienes definidos en el sector de las TIC, se observa una tendencia en las familias bolivianas de incrementar el uso de bienes y servicios relacionados a esta tecnología en el año 2020.

Palabras Clave:

Tecnologías De La Información Y Comunicación, Familias Bolivianas, Uso de las Tic, Internet, Telefonía móvil.

ABSTRACT

The objective of this article is to carry out an analysis on the use of Information and Communication Technologies in Bolivian homes after the Covid-19 pandemic, this study is carried out under a descriptive quantitative approach with a non-experimental design. The 2020 time period was taken as a sample with data obtained from the National Institute of Statistics, since it is the year in which the pandemic begins and all the restrictions in our country, in addition, the 2019 period is also taken as reference data for comparison. The results obtained show that, despite the high costs of internet broadband, mobile phone coverage problems and import tariffs on goods defined in the ICT sector, a trend is observed in Bolivian families of increase the use of goods and services related to this technology in the year 2020.

¹ En adelante TIC.

² En adelante INE.



Keywords:

Information and Communication Technologies, Bolivian Families, Use of ICTs, Internet, Mobile Telephony.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente oferta de nuevos bienes y servicios TIC a nivel mundial y a nivel nacional, ha ocasionado un incremento en el volumen de su consumo, la innovación tecnológica, que caracteriza a este sector, ha puesto nuevos servicios y productos a disposición de la sociedad y en muchos casos ha generado cambios en los patrones habituales de consumo.

Este hecho se debe a la disminución de precios de este sector ocasionando que los mismos estén al alcance del mayor número de las familias bolivianas, haciendo que estas dejen de lado el compartimiento familiar, el desapego de la realidad y del entorno por vivir en un ritmo de vida que los cautiva cada día más en la tecnología, llevándolos a un mundo virtual. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente es que la investigación realizada busca evidenciar este fenómeno, razón por la cual el objetivo general se centra en realizar un análisis sobre el uso de las TIC en los hogares bolivianos tras la pandemia Covid-19, el cual, si bien por un lado rompe la barrera de la distancia acercándonos e informándonos sobre todo lo que acontece en el mundo, por otro lado, desapega de la realidad y del entorno.

Una manera confiable de apreciar el incremento en el uso de bienes y servicios TIC registrados en el país es a través del volumen de telecomunicaciones, el número de conexiones de internet y el número de

líneas activas de telefonía móvil, pues estos servicios entran en la definición de TIC y su uso también está asociado a productos de este sector.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

La presente investigación está realizada bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo con diseño no experimental, los cuales, como apuntan Hernández, Fernández y Baptista (2010) son "Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de datos y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos" (p. 149). Para obtener información se emplea el método de recolección de datos no experimental, con revisión documental, de series de tiempo extraídas de la página del INE, la información fue recolectada en un periodo de tiempo, donde se obtuvieron una serie de datos estadísticos que describieron el comportamiento de las familias bolivianas sobre el uso de las TIC.

Una vez obtenidos los datos se utilizaron instrumentos descriptivos, matemáticos y estadísticos.

Universo, población y muestra

Tal como se ha adelantado, el universo poblacional se circunscribe a los datos recogidos en series de tiempo temporales y la muestra corresponde



únicamente a los años 2019 como referencia de un comportamiento antes de la pandemia y el 2020.

3. RESULTADOS

La tabla 1 muestra las conexiones a internet que tienen una tendencia creciente. Se evidencia que en el año 2017 las conexiones llegaban a 9 millones, en el 2019 llegaron a 10.4 millones, mientras que en el año 2020 alcanzaron a 10.9 millones, siendo los departamentos del eje central La Paz, Cochabamba y Santa Cruz los que concentran la mayor parte de ellas.

Tabla 1

Conexiones de internet por departamento, Bolivia: 2018– 2020, (Número de líneas)

DESCRIPCIÓN	2018	2019	2020(P)
TOTAL	9,894,018	10,493,055	10,909,280
Chuquisaca	456,140	486,340	488,152
La Paz	2,761,923	2,979,115	3,162,292
Cochabamba	1,756,531	1,875,444	1,960,164
Oruro	581,352	629,427	666,855
Potosí	491,451	531,050	531,242
Tarija	528,493	557,924	546,106
Santa Cruz	2,923,281	3,020,485	3,147,324
Beni	305,769	319,239	313,068
Pando	89,078	94,031	94,077

Fuente: INE – Estadísticas económicas.

Por otro lado, la tabla 2, muestra el número total de líneas telefónicas móviles en servicio entre los años 2018 y 2020, donde se evidencia un similar comportamiento.

En el año 2019 éstas alcanzaron a 11.6 millones, mientras que en la gestión 2020 llegaron a 11.8 millones, de las

cuales el 75% también corresponde al eje central.

Es relevante señalar que, de acuerdo a las proyecciones demográficas del INE, la población de Bolivia en el año 2019 alcanzaría a 11.5 millones de habitantes, lo cual da una tasa de 1.02 aparatos celulares por persona, así mismo incluyendo las personas menores de 4 años y mayores de 80.

Este dato da cuenta de la importancia que ha adquirido las TIC en las actividades cotidianas de las personas y empresas.

Tabla 2

Distribución de líneas telefónicas móviles en servicio, según departamento. Bolivia: 2018 – 2020, (Número de líneas)

Descripción	2018	2019	2020 (p)
Total	11,375,534	11,688,830	11,804,343
Chuquisaca	516,415	529,594	512,018
La Paz	3,289,269	3,422,126	3,515,800
Cochabamba	2,007,631	2,076,531	2,112,011
Oruro	663,076	698,262	740,469
Potosí	560,269	581,486	559,360
Tarija	596,494	602,383	568,751
Santa Cruz	3,285,897	3,326,340	3,365,311
Beni	356,316	350,701	332,626
Pando	100,167	101,407	97,997

Fuente: INE – Estadísticas económicas. (p): Preliminar

Acceso y uso de bienes y servicios TIC de las familias en Bolivia

Para realizar el análisis del acceso y uso de bienes y servicios TIC por parte de las familias en Bolivia, se utilizó la publicación de la Encuesta de Hogares del INE, la misma que cuenta con información actualizada hasta el año 2020.

Acceso a bienes y servicios TIC de las familias en Bolivia

En la tabla 3 se aprecia la evolución del número de hogares con acceso a TIC entre los periodos 2018 – 2020. El acceso al televisor ha mantenido un comportamiento estacionario, mientras que el acceso a telefonía fija ha decrecido.

A su vez, el acceso a internet ha mantenido un incremento marcado hasta el año 2019 con una tasa promedio de crecimiento de 13%; en el último año se advierte un aumento del 140%.

Tabla 3

Hogares con acceso a TIC, según área Bolivia: 2018 – 2020, (En miles y porcentaje)

DESCRIPCIÓN	2018	2019	2020
TOTAL	3,465	3,454	3,616
Telefonía fija	10.88	10.14	
Computadora	24.88	27.31	34.79
Internet	16.21	23.00	55.18
Televisor	81.25	83.88	83.12
URBANA	2,364	2,371	2,490
Telefonía fija	15.75	14.63	
Computadora	33.78	36.42	47.94
Internet	23.47	32.84	70.45
Televisor	95.41	94.80	96.14
RURAL	1,101	1,082	1,126
Telefonía fija	0.43	0.29	
Computadora	5.76	7.35	5.69
Internet	0.63	1.43	21.40
Televisor	50.86	59.94	54.33

Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

El INE, institución facultada por ley para la generación de información estadística en Bolivia, ejecuta en el

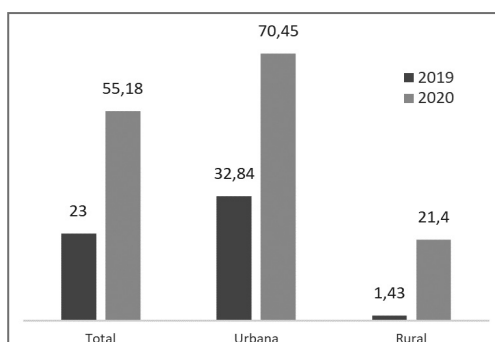
último trimestre de cada gestión la Encuesta de Hogares³, en el área urbana y rural de los nueve departamentos del país. La EH proporciona información estadística al gobierno central, a los gobiernos departamentales, investigadores, y sociedad en general, sobre las condiciones de vida y bienestar de los hogares.

La figura 1 muestra una desagregación por áreas, se aprecia un incremento de los hogares con acceso a internet. En el área urbana subió de 32.84% en 2019 a 70.45% en 2020, mientras que en área rural el incremento es mucho mayor; de 1.43% a 21.4%. Dichos aumentos en el año 2020 se originan fundamentalmente por las medidas de bioseguridad y distanciamiento social dictadas a partir de la pandemia Covid-19 en el país.

Figura 1

Hogares con acceso a internet, según área.

Bolivia: 2019 – 2020, (En porcentaje)



Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

La tabla 4 muestra un análisis departamental y evidencia que, con excepción de Potosí, en todos los demás departamentos se observa un incremento del uso de computadora e

³ En adelante EH.



internet. En el caso del departamento de Potosí, solo se observa un aumento del uso de internet en la gestión 2020 respecto al año anterior.

Tabla 4

Hogares con acceso a TIC, según departamento
Bolivia: 2019 –2020, (En porcentaje)

DEPARTAMENTO	TELEVISOR		COMPUTADORA		INTERNET	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
TOTAL	83.9	83.1	27.3	34.8	23.0	55.2
Chuquisaca	74.1	67.5	27.0	32.5	12.8	70.4
La Paz	88.3	87.5	29.7	36.7	18.8	37.8
Cochabamba	86.4	82.3	31.6	36.9	23.6	66.0
Oruro	76.2	78.4	27.7	38.8	15.6	61.7
Potosí	68.9	66.0	23.5	19.6	7.0	54.9
Tarija	86.5	86.0	24.8	39.9	24.6	61.9
Santa Cruz	86.8	88.6	26.4	36.9	36.0	59.5
Beni	76.9	77.1	12.4	20.9	11.8	52.6
Pando	77.9	73.7	22.8	30.1	18.1	62.6

Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

Al analizar el uso de TIC por niveles, la dinámica entre las gestiones 2019 y 2020, se evidencia que se incrementa el uso de internet y computadora, mientras que el televisor tiene un menor uso.

Este incremento en el uso de internet obedece a que muchos hogares que no tenían conexión en años anteriores, tuvieron que acceder a este servicio de manera masiva debido a las modalidades de educación a distancia que entraron en vigencia a partir de la cuarenta de Covid-19. Las familias se vieron obligadas a usar internet para comunicarse, para las clases virtuales, teletrabajo, entre otros.

Uso de bienes y servicios TIC de las familias en Bolivia

Al analizar el uso de TIC en la población mayor a 5 años se encuentra que

del universo encuestado, el empleo del teléfono celular y el internet se incrementaron en 9.2 y 12.4 puntos porcentuales respectivamente entre los años 2019 y 2020, mientras que el uso de la computadora se redujo en 1.8 puntos porcentuales.

Este comportamiento aparentemente contradictorio puede explicarse por las restricciones de movilidad que impidió que las personas accedan a sus equipos de trabajo en sus fuentes laborales. Al diferenciar el uso entre área urbana y rural, el comportamiento es similar.

La tabla 5 muestra que, a nivel nacional, en la gestión 2019 al menos el 47.5% de la población encuestada usó el internet en los últimos tres meses, mientras que para el año 2020, este dato se incrementó a 59.9%.

Respecto a la desagregación departamental, Santa Cruz con 71.6% es la región que registra mayor uso de internet en la gestión 2020, seguido

de Tarija y Chuquisaca, con 66.4% y 60.5% respectivamente. El resto de los departamentos se encuentran por debajo del promedio nacional.

Tabla 5

Población de 5 o más años de edad que utilizaron TIC en los últimos tres meses, según característica seleccionada.

Bolivia: 2019 – 2020, (En porcentaje)

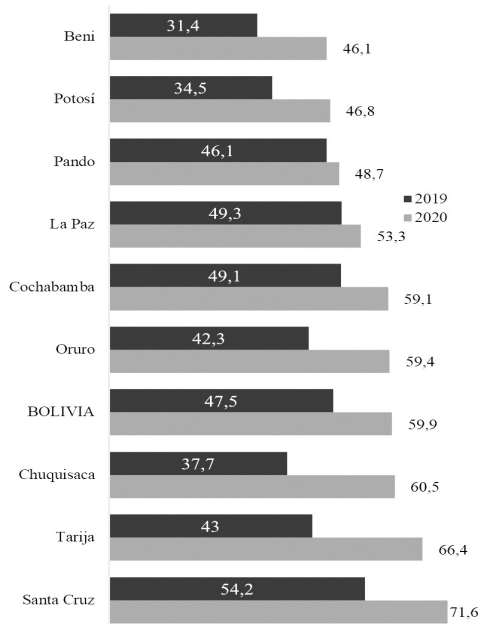
Característica seleccionada	TELÉFONO CELULAR		COMPUTADORA		INTERNET	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Total	70.4	79.6	29.4	27.6	47.5	59.9
ÁREA						
Urbana	77.3	87.1	38.1	37.5	58.2	73.5
Rural	54.2	61.9	8.9	4.4	22.2	27.9
DEPARTAMENTO						
Chuquisaca	68.4	82.4	25.3	23.5	37.7	60.5
La Paz	75.4	79.4	34.4	29.5	49.3	53.3
Cochabamba	71.2	79.7	31.5	28.6	49.1	59.1
Oruro	75.4	85.6	32.4	30.6	42.3	59.4
Potosí	61.7	64.6	24.8	15.6	34.5	46.8
Tarija	69.8	82.6	26.5	30.5	43.0	66.4
Santa Cruz	70.8	85.3	28.0	30.4	54.2	71.6
Beni	49.8	63.0	13.5	16.0	31.4	46.1
Pando	58.6	55.9	26.8	23.2	46.1	48.7
SEXO						
Hombre	72.4	81.8	32.2	29.2	50.7	61.9
Mujer	68.4	77.5	26.7	26.2	44.4	58.0
GRUPO DE EDAD						
5 - 11	16.9	48.9	12.5	16.5	13.5	44.4
12 - 17	62.0	77.4	43.5	29.7	58.7	69.6
18 - 28	91.4	94.1	50.4	44.2	77.1	82.7
29 - 39	89.8	93.9	34.3	39.0	65.9	79.2
40 - 59	85.8	87.7	22.8	23.9	43.4	56.2
60 o más	64.4	66.7	8.8	9.3	16.6	23.3

Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

Por otra parte, la figura 2, muestra un análisis del uso de internet por grupo etario, se evidencia que en todos los estratos hubo un incremento en el año 2020 respecto a 2019.

Figura 2

Población de 5 o más años de edad que utilizó internet, según departamento Bolivia: 2019 y 2020, (En porcentaje)



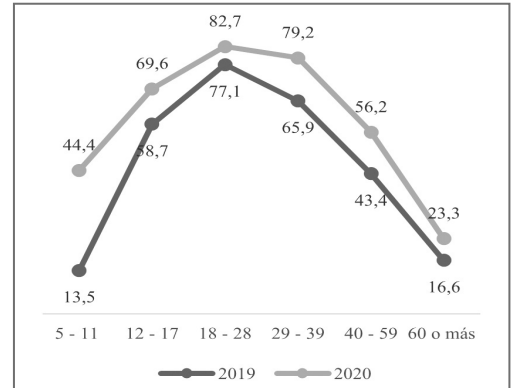
Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

Por otro lado, en la figura 3 se advierte una mayor alza en el grupo de 5 a 11 años de edad con 30.9 puntos porcentuales seguido de los grupos de 29 a 39 y 40 a 59 con 13.3 y 12.8 puntos porcentuales de aumento.

Respecto al uso de telefonía celular en la población mayor a 5 años de edad se encuentra que en la desagregación departamental, Oruro, Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca son las regiones que han experimentado una mayor subida en el año 2020 respecto a 2019, seguidos por Cochabamba y La Paz. Con excepción de Pando, todos los departamentos han incrementado el uso, siendo Santa Cruz, Beni y Tarija los departamentos que registran las mayores subidas en términos relativos.

Figura 3

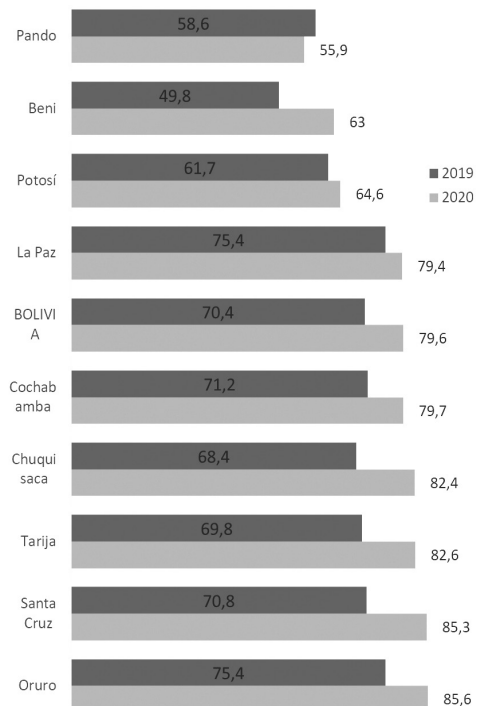
Población de 5 o más años de edad que utilizó internet, según grupo de edad Bolivia: 2019 y 2020, (En porcentaje)



Fuente: INE – Encuesta de Hogares 2012 – 2020.

Figura 4

Población de 5 o más años de edad que utilizó teléfono celular, según departamento Bolivia: 2019 y 2020, (En porcentaje)



Fuente: INE – Encuestas de Hogares 2012 – 2020.

Al examinar el uso de teléfono celular, pero por grupo etario, encontramos



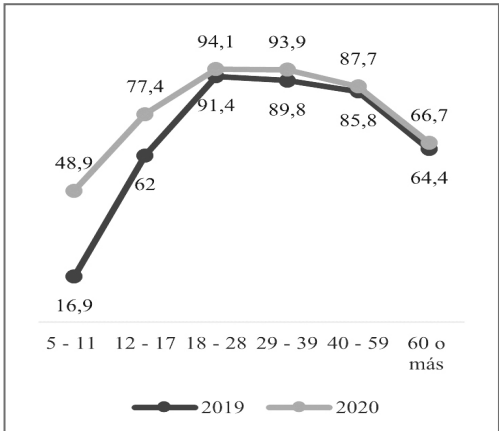
que la población comprendida entre 5 y 11 años de edad aumentó el uso en 32 puntos porcentuales entre los años 2019 y 2020, seguido del segmento de 12 a 17 años. Los demás estratos también registran incrementos, aunque menos significativos.

Este comportamiento puede ser explicado en el hecho que en ambos grupos etarios muchos niños tuvieron que recurrir por primera vez al uso de telefonía móvil para acceder a la educación virtual derivada por la pandemia Covid-19.

Figura 5

Población de 5 o más años de edad que utilizó teléfono celular, según grupo de edad

Bolivia: 2019 y 2020, (En porcentaje)



Fuente: INE - Encuestas de Hogares 2012 – 2020.

Finalmente, en la tabla 6, se aprecia la población de jefes de hogar que utilizaron TIC en los últimos tres meses bajo diferente desagregación. En el área urbana, el uso de computadora e internet tiene una preponderancia en los hombres, mientras que en el caso del teléfono celular casi no hay diferencia.

En el área rural se advierte una brecha de 18.9 puntos porcentuales entre jefes de hogar hombres y jefes de hogar mujeres en el uso de teléfono celular, mientras que el uso de computadora e internet es nivelado.

Por otra parte, la estratificación etaria da cuenta que el uso de las TIC tiene mayor preponderancia en la población de jefes de hogar jóvenes tanto para teléfono celular como para internet. Al respecto, la aparición de teléfonos inteligentes hizo posible que la población en general pueda acceder al internet sin tener la necesidad de recurrir a la computadora.

Tabla 6

Población de jefes de hogar que utilizaron TIC en los últimos tres meses. Bolivia: 2020, (En porcentaje)

CARACTERÍSTICA SELECCIONADA	TELÉFONO CELULAR	COMPUTADORA	INTERNET
TOTAL	87.7	24.5	57.2
Urbana	93.6	33.8	71.5
Hombre	94.7	37.0	74.9
Mujer	91.1	26.8	64.0
Rural	74.7	4.0	25.5
Hombre	78.9	4.0	26.5
Mujer	60.0	4.0(*)	22.1
Pertenencia a NPIOC ⁽¹⁾			
Sí	81.7	12.7	38.4
No	91.1	31.1	67.9
Grupo de edad			
16 - 28	95.7	32.4	80.1
29 - 39	95.5	36.8	80.4
40 - 59	91.9	25.3	60.0
60 o más	72.7	11.1	26.5
Nivel de instrucción alcanzado ⁽²⁾			
Ninguno	41.9	0.2(*)	5.0(*)
Primaria	80.8	1.6	28.2
Secundaria	93.1	12.8	63.6

CARACTERÍSTICA SELECCIONADA	TELÉFONO CELULAR	COMPUTADORA	INTERNET
TOTAL	87.7	24.5	57.2
Superior	97.9	66.3	89.3

Fuente: INE - Encuestas de Hogares 2012 - 2020.

(1): Pertenencia a Nación o Pueblo Indígena Originario Campesino o Afro boliviano.

(2): No incluye la categoría Otros. Para el nivel de instrucción alcanzado considera a los jefes/as de hogar de 19 años o más.

(*): Con coeficiente mayor al 20%, emplearlo solo de forma referencial.

El uso de la computadora está positivamente relacionado con nivel de instrucción, mientras que el uso del internet tiene mayor preponderancia en personas que alcanzaron el nivel secundario en adelante. Respecto al uso del teléfono celular, si bien se advierte que existe una relación positiva con el nivel de instrucción alcanzado, no hay diferencias tan marcadas como en los otros casos, con excepción de las personas que no registran instrucción.

Este hecho indicaría que es suficiente leer y escribir para poder beneficiarse del uso de esta tecnología en particular.

4. DISCUSIÓN

Como consecuencia de la pandemia, el uso de bienes y servicios TIC dedicadas a la provisión de servicios por medios digitales han continuado creciendo, pese a los costos elevados de banda ancha de internet, los problemas de cobertura de la telefonía móvil y los aranceles de importación de bienes

definidos en el sector de las TIC, se observa una tendencia en las familias bolivianas de incrementar el uso de bienes y servicios relacionados a esta tecnología.

Hay una tendencia creciente en las conexiones a internet, en el año 2019 las conexiones a nivel nacional llegaban a 10.4 millones, mientras que en el año 2020 alcanzaron a 10.9 millones.

La creciente demanda de bienes y servicios TIC por parte de las familias ha sido amplificada por la constante innovación de este sector, la cual tiene un flujo constante de nuevos productos y servicios.

5. CONCLUSIONES

En atención al objetivo de investigación, se puede establecer que la investigación realiza principalmente la comparación del uso de TIC en las gestiones 2019 y 2020 de las familias bolivianas.

Las líneas telefónicas móviles en servicio muestran un comportamiento creciente. En el año 2019 éstas alcanzaron a 11.6 millones, mientras que en la gestión 2020 llegaron a 11.8 millones.

El acceso a televisor ha mantenido un comportamiento estacionario, mientras que el acceso a telefonía fija ha decrecido. A su vez, el acceso a internet ha mantenido un incremento marcado hasta el año 2019 alcanzando a 23 millones, equivalente a una tasa promedio de crecimiento de 13%; mientras que en el año 2020 se incrementó a un 55.18 millones equivalente a un aumento del 140%.

A nivel de desagregación por área, se aprecia un incremento de los hogares



con acceso a internet, en el área urbana subió de 32.84% en 2019 a 70.45% en 2020, mientras que en área rural el incremento es mucho mayor; de 1.43% a 21.4% respectivamente.

Al analizar el uso de TIC en la población mayor a 5 años se encuentra que del universo encuestado, el empleo del teléfono celular y el internet se incrementaron en 9.2 y 12.4 puntos porcentuales respectivamente entre los años 2019 y 2020,

A nivel nacional, en la gestión 2019 al menos el 47.5% de la población encuestada usó el internet en los últimos tres meses, mientras que para el año 2020, este dato se incrementó a 59.9%. Respecto a la desagregación departamental, Santa Cruz con 71.6% es la región que registra mayor uso de internet en la gestión 2020, seguido de Tarija y Chuquisaca, con 66.4% y 60.5% respectivamente.

El resto de los departamentos se encuentran por debajo del promedio nacional.

investigación. Pearson Educación.

- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. Resultados de la Encuesta Anual de Unidades Económicas
- Versión 4. La Paz: Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, 2018.
- Instituto Nacional de Estadística. Encuesta de Hogares 2020. La Paz: Instituto Nacional de Estadística, 2021.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, L. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc GrawHill.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
- Mas Ivars, M., Quezada Ibañez, J. (2005). Las nuevas tecnologías de la Información. Madrid: Fundación BBVA, ed. 338.
- Torres, C. A. B., Bernal, C. A., y Palma, O. F. (2010). Metodología de la

COMPARACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES RESPECTO A LA MODALIDAD DE CLASES VIRTUALES POR FACTORES SOCIO ECONÓMICOS

COMPARISON OF THE DEGREE OF STUDENT SATISFACTION REGARDING THE VIRTUAL CLASS MODALITY BY SOCIO-ECONOMIC FACTORS.

Carmen Vega Flores¹

¹Magister Scientiarum en Investigación Científica
Licenciada en Estadística
Docente Investigador Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto - Bolivia

RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo principal, comparar el grado de satisfacción de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la UPEA respecto a la modalidad de clases virtuales por factores socio económicos en su proceso de aprendizaje a consecuencia de la suspensión de actividades académicas de las clases presenciales como efecto del virus COVID-19. El estudio es de tipo descriptivo con diseño no experimental de corte transversal con enfoque cuantitativo, los resultados obtenidos muestran a 32 variables (ítems), definidos en dos variables: Satisfacción del estudiante y Modalidad de clase virtual además se utiliza la prueba Chi Cuadrado donde confirma la relación que existe entre ambas variables. Como resultados se tiene; el grado de satisfacción es más alto en los estudiantes que pasan las clases en su domicilio propio, se puede señalar también sobre el tipo de financiamiento de la conexión a internet, la satisfacción es más alta en los estudiantes que son financiados por un tercero (padre, tutor u otro) en relación los que pagan por cuenta propia o tienen un pago compartido, asimismo, los estudiantes que tiene un dispositivo propio para pasar las clases virtuales son los que tienen un grado de satisfacción más alto y no así los que disponen de dispositivos compartidos. En conclusión, la investigación permite comparar el nivel de satisfacción por factores socio económicos.

Palabras Clave:

Satisfacción del estudiante, clase virtual, factores socio económicos, grado de satisfacción.

ABSTRACT

The main objective of this article is to compare the degree of satisfaction of the students of the Systems Engineering career of the UPEA with respect to the modality of virtual classes due to socio-economic factors in their learning process as a



result of the suspension of academic activities. of face-to-face classes as an effect of the COVID-19 virus. The study is of a descriptive type with a non-experimental cross-sectional design with a quantitative approach, the results obtained show 32 variables (items), defined in two variables: Student Satisfaction and Virtual Class Modality, in addition, the Chi Square test is used where it confirms the relationship between the two variables. As results we have; the degree of satisfaction is higher in students who take classes in their own home, it can also be pointed out about the type of financing of the internet connection, satisfaction is higher in students who are financed by a third party (parent, tutor or other) in relation to those who pay on their own or have a shared payment, likewise, students who have their own device to pass virtual classes are those who have a higher degree of satisfaction and not those who have shared devices. In conclusion, the research allows comparing the level of satisfaction by socio-economic factors.

Keywords:

Student satisfaction, virtual class, socioeconomic factors, degree of satisfaction.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, nuestro país se sigue viendo afectado con los cierres temporales de las instituciones educativas a nivel superior en el Sistema Universitario a causa de la pandemia provocado por el virus COVID-19, debido a esta enfermedad como una primera medida de seguridad, se prohibieron las reuniones masivas siendo este uno de los principales riesgos de contagio, además de la propagación de dicha enfermedad.

Como consecuencia de este mal una gran mayoría de las universidades a nivel mundial dejaron de operar presencialmente, según estimaciones de la UNESCO y el Instituto Internacional para la Educación Superior de América Latina y el Caribe (IESALC), muestran que: el cierre temporal afectó aproximadamente a unos 23,4 millones de estudiantes de educación superior y a 1,4 millones de docentes en América Latina y el Caribe; esto representó, aproximadamente a más del 98% de la

población de estudiantes y profesores de educación superior de la región (IESALC, 2020).

La suspensión de las actividades presenciales ha sido extremadamente rápida, se inició el 12 de marzo en Colombia y Perú, en Argentina se recomendó la suspensión de actividades académicas a partir del 14 de marzo y en el país vecino de Chile la suspensión da inicio el 16 de marzo. En Bolivia, mediante un comunicado del Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB) se da inicio a la interrupción de las actividades de forma presencial desde el 12 de marzo de 2020.

Es en esta situación que el internet es una herramienta primordial que permite realizar clases virtuales, a partir del uso de esta, existe una variedad de herramientas digitales que facilitan la enseñanza docente, no obstante, las herramientas digitales no reemplazan al docente, pero son un complemento

esencial en todo este proceso de enseñanza y aprendizaje, bajo estas circunstancias es necesario su uso a fin de que, los alumnos continúen su proceso de aprendizaje y formación profesional.

La carrera Ingeniería de Sistemas perteneciente a la Universidad Pública de El Alto (UPEA), por medio del Honorable Consejo Universitario (HCU) decide dar continuidad a las actividades académicas por medio de la modalidad de clase virtual. La UPEA en la actualidad dispone de un servidor Web que permite habilitar la plataforma Moodle así también proporciona la sostenibilidad de los cursos y materiales virtuales de las diferentes asignaturas, dado que la carrera hasta el día de hoy no cuenta con su propia plataforma, la universidad se encarga de adecuar la plataforma para que la carrera de Sistemas pueda proseguir con la formación académica estudiantil, de esta manera, los alumnos pueden acceder, revisar los recursos y actividades que los docentes transmiten y, por consiguiente, ellos pueden disponer de todo el material para su correspondiente retroalimentación. Durante el semestre I – 2022 las clases continuaron de forma virtual, sin embargo, este semestre II – 2022 aún no se tiene definida la modalidad de enseñanza con exactitud, habrá un antes y un después de la pandemia provocada por el virus COVID-19 en nuestro sistema educativo a nivel superior.

En vista de todo lo expuesto, es importante comparar el grado de satisfacción de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas respecto a la modalidad de clases virtuales por factores socio económicos,

los resultados obtenidos permitirá mostrar el nivel de satisfacción considerando los siguientes factores como ser: lugar donde pasan sus clases virtuales, tipo de conexión a internet, tipo de financiamiento de conexión a internet además de examinar el tipo de dispositivo que utiliza para asistir a sus clases online.

De esta manera se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Por qué es importante comparar el grado de satisfacción de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la UPEA en la modalidad de clase virtual por factores socio económicos?

Menciona Gros (2011), en términos de aprendizaje en línea, las deficiencias de los productos se comparten, pero la atención se centra en el uso de la web como un medio para acceder a los contenidos y actividades de formación. La interacción y la comunicación son partes integrales de los productos de e-learning. (p.13)

La "formación virtual" desde varias perspectivas. Por ejemplo, el término e-learning (enseñanza/aprendizaje virtual) constituye uno de los términos más extendidos. El prefijo "e" como sucede con "e-business", "e-commerce", "e-service", etc., nos da a entender que se trata de algo electrónico que tiene cabida en internet. Podríamos por tanto considerar que la formación virtual, como las demás e-terminologías, nacen como un resultado de diseñar y aplicar las nuevas tecnologías de información y comunicación, enfocado de la enseñanza/aprendizaje como una alternativa más de formación virtual (Rivero, 2004).

Sánchez (2018) expresa que, satisfacción estudiantil, es la percepción cognitiva y emocional del estudiante



frente a las características del servicio educativo que le permite lograr sus metas, intereses y expectativas y a la vez solucionar sus necesidades y encontrar respuesta a sus deseos razonables. (p.24)

Enache (2011) citado por (Sánchez, 2018) manifiestan sobre la importancia de la satisfacción estudiantil; A medida que el estudiante llegó a ser cada vez más importante, nuevos estudios están tratando de entender cómo es el comportamiento de los estudiantes, cuáles son las demandas de los estudiantes y cómo puede una universidad lograr la satisfacción de los estudiantes. (p. 27)

Medir la satisfacción de un estudiante universitario ayuda mucho a mejorar la calidad del conocimiento proporcionado al mismo tiempo que se evalúan los factores académicos y administrativos que lo afectan y se toman las decisiones correctas para mejorarlo.

Asimismo, la satisfacción del estudiante contribuye al éxito académico, la longevidad de la escuela y la creación de un vocabulario efectivo que enriquece el nombre, la reputación y la existencia de la universidad (Sánchez, 2018).

El objetivo de esta investigación se concentra en, comparar el grado de satisfacción de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la UPEA respecto a la modalidad de clases virtuales por factores socio económicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La presente investigación tiene paradigma positivista, el paradigma

positivista busca la realidad de las investigaciones, de modo que, el único conocimiento admitido es el científico, (Martínez, 2013).

El enfoque de la investigación es cuantitativo, adecuado para sistemas numéricos además del uso de técnicas estadísticas basadas en el análisis numérico (Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M., 2014). El estudio presenta una investigación de tipo descriptivo, ya que explica y describe las estructuras y características de enseñanza de la modalidad de clase virtual además de la satisfacción del estudiante (Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M., 2014). El diseño es no experimental transeccional o transversal debido a que se obtuvo la información en un solo momento.

El instrumento de recolección de información es la encuesta (escala Likert), la información fue recolectada durante la pandemia mediante la herramienta Google Forms. Para medir la confiabilidad del instrumento se utilizó el estadístico de fiabilidad Alfa de Cronbach dando un resultado del 0.965 lo que significa que el instrumento tiene un nivel excelente de confiabilidad.

2.2. Variables de estudio

Las variables definidas para la presente investigación son las siguientes:

Variable 1: Satisfacción del estudiante, tomando en cuenta 18 ítems en escala de Likert del cuestionario con el objetivo de definir la variable 1 en 4 dimensiones siguientes: Calidad del servicio de internet, Expectativa del estudiante, Docencia y Rendimiento, de tal forma que sean medibles.



Variable 2: Modalidad de clase virtual. tomando en cuenta 14 ítems en escala de Likert del cuestionario con el objetivo de definir la variable 2 en las dimensiones medibles siguientes: Recursos de aprendizaje virtual, Comunicación Virtual y Competencias.

2.3. Población y muestra

La carrera de Ingeniería de Sistemas de la UPEA, cuenta con una población estudiantil de 3500 estudiantes matriculados durante la gestión II-2020.

El tipo de muestro empleado en la investigación es el muestreo probabilístico, por lo cual la muestra estuvo conformada por 381 alumnos de ambos sexos donde, el 55.9% de los encuestados son hombres y 44.1% son mujeres, así también 22.3% de los estudiantes son de cuarto semestre, 18.4% de los estudiantes están cursando el tercer semestre, 28.1% son de primer semestre que

corresponde al mayor porcentaje de estudiantes entrevistados en la muestra, 0.5% de los encuestados son de octavo y decimo semestre, además de edades comprendidas entre 16 a 41 años.

El cálculo del tamaño de muestra para esta investigación considera a un nivel de confianza del 95% y un error máximo de estimación del 5%.

3. RESULTADOS

Se presentan los resultados principales de la investigación: la Tabla 1 considera tomando en cuenta a la variable 1 resultados reflejan que los estudiantes no están satisfechos por el lugar donde acceden a sus clases virtuales sobre todo si el lugar no es propio, en el caso de la variable 2, al igual que la anterior variable los resultados son similares, el grado de satisfacción es alto (34,40%) cuando el estudiante asiste a sus clases virtuales en su domicilio propio.

Tabla 1

Tabla de contingencia. Evaluación de la variable 1 y 2 con relación al lugar donde pasa clases virtuales

	Lugar donde pasa clases virtuales	Grado de satisfacción			Total
		Bajo	Medio	Alto	
Variable 1. Satisfacción del estudiante	Asiste a un local de internet	10,50%	84,20%	5,30%	100,00%
	Domicilio de un familiar	3,90%	86,30%	9,80%	100,00%
	Domicilio de un tercero (vecino o conocido)	28,60%	57,10%	14,30%	100,00%
	Domicilio propio	3,40%	76,20%	20,30%	100,00%
	Total	5,20%	76,90%	17,80%	100,00%
Variable 2. Modalidad de clase virtual	Lugar donde pasa clases virtuales	Grado de satisfacción			Total
		Bajo	Medio	Alto	
	Asiste a un local de internet	26,30%	68,40%	5,30%	100,00%
	Domicilio de un familiar	3,90%	78,40%	17,60%	100,00%
	Domicilio de un tercero (vecino o conocido)	23,80%	57,10%	19,00%	100,00%
	Domicilio propio	4,50%	64,10%	31,40%	100,00%
	Total	6,60%	65,90%	27,60%	100,00%

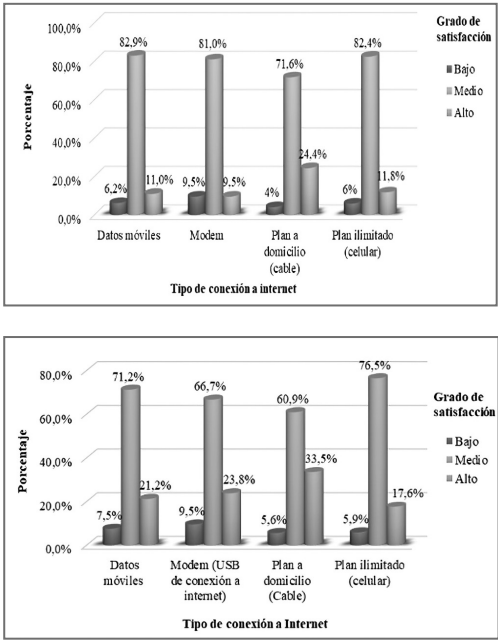
La Figura 1 toma en cuenta lo siguiente, ambas variables presentan un grado de satisfacción alto (24.4%

y 33.5%) al plan a domicilio como tipo de conexión a Internet.



Figura 1

Evaluación de la variable 1 y 2. Por tipo de conexión a Internet



Con relación a la Tabla 2, sobre el tipo de financiamiento a Internet los estudiantes que cuentan con el apoyo por un tercero (padre, tutores u otros) tiene un nivel alto (21.60% y 34.50%).

Tabla 2

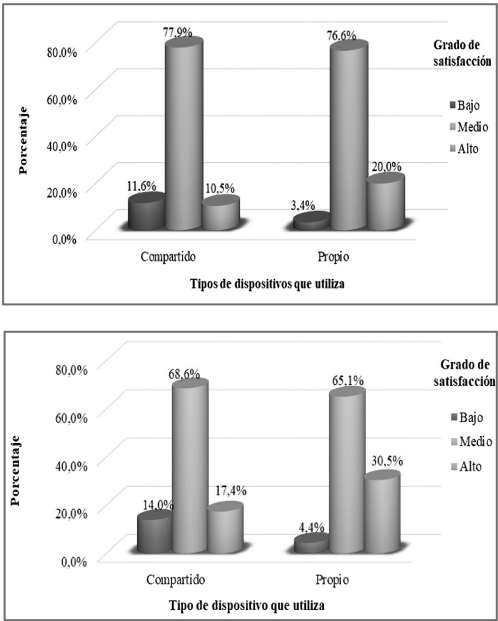
Tabla de contingencia. Evaluación de las variables 1 y 2 por tipo de financiamiento a Internet

	Financiamiento de conexión a internet	Grado de satisfacción			Total
		Bajo	Medio	Alto	
Variable 1. Satisfacción del estudiante	Pago compartido	4,60%	78,50%	16,90%	100,00%
	Por cuenta propia	6,20%	80,00%	13,80%	100,00%
	Por un tercero (padres, tutores, otros)	4,70%	73,70%	21,60%	100,00%
	Total	5,20%	76,90%	17,80%	100,00%
Variable 2. Modalidad de clase virtual	Como financia su conexión a Internet	Grado de satisfacción			Total
		Bajo	Medio	Alto	
	Pago compartido	6,20%	69,20%	24,60%	100,00%
	Por cuenta propia	8,30%	71,00%	20,70%	100,00%
	Por un tercero (padres, tutores, otros)	5,30%	60,20%	34,50%	100,00%
	Total	6,60%	65,90%	27,60%	100,00%

Acorde con la Figura 2 se observa que, los estudiantes indican, cuando se encuentran cursando sus clases en línea, prefieren utilizar dispositivos propios, que representa un grado alto 21,60%, 34.50% respectivamente por cada variable de estudio.

Figura 2

Evaluación de las variables 1 y 2 por tipos de dispositivos que utiliza



Con el propósito de determinar la significancia de la dependencia del grado de satisfacción de la enseñanza en la modalidad virtual en relación al método de enseñanza tradicional se considera en la Tabla 3 las variables para el respectivo análisis.

Tabla 3

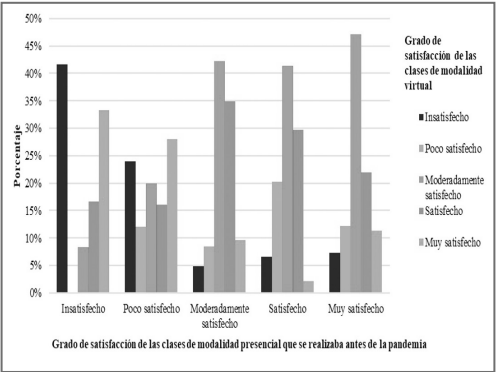
Tabla de contingencia del grado de satisfacción en el desarrollo de las clases presenciales antes de la pandemia y el grado de satisfacción de las clases en la modalidad virtual.



Grado de satisfacción en el desarrollo de las clases de modalidad virtual	Grado de satisfacción en el desarrollo de las clases de modalidad presencial que se realizaba antes de la pandemia.					
	Insatisfecho	Poco satisfecho	Moderadamente satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho	Total
Insatisfecho	5	6	4	9	9	33
	41.7%	24.0%	4.8%	6.5%	7.3%	8.7%
Poco satisfecho	0	3	7	28	15	53
	0.0%	12.0%	8.4%	20.3%	12.2%	13.9%
Moderadamente satisfecho	1	5	35	57	58	156
	8.3%	20.0%	42.2%	41.3%	47.2%	40.9%
Satisfecho	2	4	29	41	27	103
	16.7%	16.0%	34.9%	29.7%	22.0%	27.0%
Muy satisfecho	4	7	8	3	14	36
	33.3%	28.0%	9.6%	2.2%	11.4%	9.4%
Total	12	25	83	138	123	381
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Figura 3

Grado de satisfacción de las clases presenciales versus el grado de satisfacción de las clases virtuales
Las hipótesis de prueba son:



H_0 : El grado de satisfacción de las clases presenciales antes de la pandemia es independiente del grado de satisfacción de las clases virtuales realizadas en el semestre II-2020.

H_1 : El grado de satisfacción de las clases presenciales antes de la pandemia está relacionado con el grado de satisfacción de las clases virtuales realizadas en el semestre II-2020.

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis se utilizó la prueba de independencia Chi Cuadrado, los resultados se muestran en Tabla 4.

De acuerdo con los resultados en la Tabla 4, teniendo en cuenta la significación

de la prueba Chi se observa que: el resultado que se obtiene es menor al 5% por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, de esta manera, se confirma y se verifica que existe una relación entre el grado de satisfacción de las clases presenciales antes de la pandemia con el grado de satisfacción de las clases virtuales realizadas durante en el semestre II-2020.

Tabla 4

Prueba de independencia Chi Cuadrado

	Valor	Grados de libertad	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	68,727	16	0,000
N de casos válidos	381		

4. DISCUSIÓN

Realizar la comparación de la satisfacción por factores socioeconómicos permite estudiar cuan conformes se encuentran los estudiantes con relación a la conexión de internet, por el tipo de financiamiento a la red de internet, el lugar donde accede a sus clases virtuales además del tipo de dispositivo que utiliza, por investigaciones publicadas anteriormente, presentan que en la muestra estudiada un porcentaje relativamente alto no cuenta con conexión a internet en sus domicilios así también, se ve lo siguiente; una gran mayoría de los estudiantes utilizan un celular para el acceso a internet (Huanca, 2018), por lo consiguiente el acceso a internet es una limitación en nuestra comunidad estudiantil y un limitante para dar una continuidad fluida a la modalidad de clase virtual puesto que como causa se deba al costo elevado y asimismo a la baja cobertura de la web.



Los resultados de la presente investigación de forma similar con el estudio mencionado (Huanca, 2018) reflejan algo similar en sus conclusiones en relación a factores socioeconómicos, ambos estudios consideran que dichos factores son preponderantes con la satisfacción de los estudiantes a la modalidad de clase virtual.

5. CONCLUSIONES

La investigación realiza principalmente la comparación de la satisfacción por factores socioeconómicos, el grado de satisfacción es más alto en los estudiantes que pasan las clases en su domicilio propio (20.3%) en comparación con los estudiantes que pasan clases en domicilio de terceros o en algún local de internet, también es más alto en los estudiantes que tienen una conexión a internet fijo con un plan a domicilio (24.4%) y no así en los casos con conexiones de datos móviles o por modem.

De acuerdo al tipo de financiamiento de la conexión a internet, la satisfacción es más alta en los estudiantes que son financiados por un tercero (padre, tutor u otro) en relación los que pagan por cuenta propia o tienen un pago compartido. Los estudiantes que tienen un dispositivo electrónico propio para pasar las clases virtuales son los que tienen un grado de satisfacción más alto (20%) y no así los que disponen de dispositivos compartidos.

Aplicando la prueba Chi cuadrado de independencia puede concluirse que existe una dependencia significativa entre el grado de satisfacción de la enseñanza en la modalidad virtual y el grado de satisfacción con el método

de enseñanza tradicional ($\chi^2=68.727$, $p=0.00<0.05$).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J., Chaparro, E. y Reyes, D. (2015). Estudio de la satisfacción de los estudiantes con los servicios educativos brindados por instituciones de educación superior del Valle de Toluca. *REICE. Revista Iberoamericana sobre la Calidad, Eficiencia y Cambio en Educación*. 13(2), 5-26.
<https://www.redalyc.org/pdf/551/55138743001.pdf>
- Bonilla, L. A. (2016). Deliberación entorno a la Educación Virtual. *Interconectando Saberes*, (1), 77-89.
https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=3F5c-bRoAAAAJ&citation_for_view=3F5cbRoAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC
- Cid, A. D., Méndez, R., y Sandoval, F. (2011). Investigación Fundamentos y Metodologías. Pearson Educación.
<https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/cid-investigacion-fundamentos-y-metodologia.pdf>
- Duran, R., (2015). La Educación Virtual Universitaria como medio para mejorar las competencias genéricas y los aprendizajes a través de buenas prácticas docentes [Tesis].
<https://www.tesisenred.net/handle/10803/397710#page=1>
- García, L., (2001). La educación distancia, De la teoría a la práctica. Ariel S.A.
- Gonzales, M., Pino, M., y Penado, M. (2017). Estudio de la satisfacción

- percibida por los estudiantes de la UNED con su vida universitaria. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 20(1), 243-260.
<http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.1.16377>
- Goñi, E., y Infante, G. (2010a). Actividad físico-deportiva, autoconcepto físico y satisfacción con la vida. *European Journal of Education and Psychology*, 3(2), 199-208.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129315468004>.
 - Huanca, P., G., (2018). Uso de las plataformas y su relación con el proceso educativo del primer y segundo año de la carrera de Ciencia de la educación de la UMSA en la gestión 2018. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23620/T-1335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 - IESALC (2020). La Educación superior virtual en América Latina y El Caribe. Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC) (2020). COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después. América Latina y el Caribe. IESALC.
<https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf>
 - Martínez, V. (2013). Paradigmas de investigación: Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación.
https://pics.unison.mx/wp-content/uploads/2013/10/7_Paradigmas_de_investigacion_2013.pdf
 - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (1998). *Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción y Marco de Acción Prioritaria para el Cambio y el Desarrollo de la Educación Superior* aprobados por la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. La Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y acción.
http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm.
 - Rivero, A., (2004). Un modelo de enseñanza – Aprendizaje Virtual: Análisis, Diseño y Aplicación en un Sistema Universitario Mexicano [Tesis doctoral, Universidad Granada].
 - Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
 - Sánchez, Q., J. (2018). Satisfacción estudiantil en educación superior: validez de su medición. Universidad Sergio Arboleta.
<https://repositorio.usergioarboleta.edu.co/bitstream/handle/11232/1027/SATISFACCION%20C3%93N%20ESTUDIANTEL.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
 - Santoveña, S. (2002). Repercusión de la metodología didáctica con apoyo de entornos virtuales de aprendizaje en el rendimiento de los estudiantes. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(3), 409-430.



<https://www.redalyc.org/pdf/567/56725002021.pdf>

- Silvio, J. (2006). Hacia una educación virtual de calidad, pero con equidad y pertinencia. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3(1), 1-14. file:///C:/Users/PC/Downloads/73608-Text%20de%20l'article-85552-1-10-20070925%20(1).pdf
- Torres, C. A. B., Bernal, C. A., y Palma, O. F. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson Educación.
- Valdez, B, E. (2018) La educación virtual y la satisfacción del estudiante en los cursos virtuales del Instituto Nacional Materno Perinatal 2017. [Tesis]

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21504/Valdez_BEB.pdf?sequence=1

- Zambrano, J. (2016). Factores predictores de la satisfacción de estudiantes de cursos virtuales. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 19(2), 217-235. http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revistaRied-2016-195055/Factores_predictores_satisfaccion.pdf.

TASAS DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL, CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS EN EL PERIODO 2017 A 2021

GROWTH RATES OF THE STUDENT POPULATION, SYSTEMS ENGINEERING DEGREE IN THE PERIOD 2017 TO 2021

Yuly Ramírez Limachi¹

¹Ingeniero de Sistemas
Docente Investigador – Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

RESUMEN

El propósito de esta investigación es realizar la estimación del crecimiento de la población estudiantil de la Carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto empleando el modelo matemático geométrico y exponencial, apoyando así en la formulación de la planificación operativa anual y estratégica y contribuyendo al proceso de aprendizaje efectivo, esta investigación es de alcance descriptivo, el diseño de la investigación es de tipo no experimental con un tipo de investigación cuantitativo. En esta investigación la población de estudio es intencional no probabilística, se toma como población los estudiantes inscritos en la Carrera Ingeniería de Sistemas. El tipo de muestreo que se tiene en este estudio es aleatorio simple, en el cual se escoge de una manera aleatoria las gestiones académicas para el estudio. La muestra son estudiantes en el periodo 2017-2021. Se obtuvo datos de Kardex de Carrera y se aplicó revisión documental. En esta investigación se llegó a los resultados como la estimación del crecimiento, obtenida bajo la modalidad exponencial, geométrica y en base al crecimiento geométrico se obtuvo también el tiempo de duplicidad de la población estudiantil. La investigación permite concluir que los modelos matemáticos geométrico y exponencial permiten obtener el crecimiento poblacional sin embargo cuando el período de tiempo no es muy largo 5 a 10 años es recomendable emplear la expresión simplificada de Albino-Bocaz.

Palabras Clave:

Estimación, tasa de crecimiento, población estudiantil, modelo geométrico, modelo exponencial.

ABSTRACT

The purpose of this research is to estimate the growth of the student population of the Systems Engineering Career of the Public University of El Alto using the geometric and exponential mathematical model, thus supporting the formulation



of the annual and strategic operational planning and contributing to the effective learning process, this research is descriptive in scope, the research design is non-experimental with a quantitative type of research. In this investigation, the study population is intentional, non-probabilistic, the population is taken as the students enrolled in the Systems Engineering Career. The type of sampling used in this study is simple random, in which the academic procedures for the study are chosen randomly. The sample is students in the period 2017-2021. Data from Kardex de Carrera was obtained and documentary review was applied. In this investigation, the results were obtained as the estimation of the growth, obtained under the exponential, geometric modality and based on the geometric growth, the duplicity time of the student population was also obtained. The investigation allows us to conclude that the geometric and exponential mathematical models allow us to obtain population growth, however when the period of time is not very long, 5 to 10 years, it is advisable to use the simplified expression of Albino-Bocaz.

Keywords:

Estimation, growth rate, student population, geometric model, exponential model.

1. INTRODUCCIÓN

Las universidades se encuentran en la actualidad en una etapa de grandes cambios, que son resultado de una serie de tendencias internacionales: la masificación y democratización de la educación superior, el aumento de la competencia por la captación de alumnos, el uso del conocimiento como factor de gran importancia en la producción, entre otras (Wooldridge, 2005), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (UNESCO) reconoce que la segunda mitad del siglo XX pasará a la historia de la educación superior como su época de expansión más espectacular. De este modo, la información de la UNESCO (1998) indica que, a escala mundial, el número de estudiantes matriculados se multiplicó por más de seis desde 1960 (13 millones) hasta 1995 (82 millones).

La sobrepoblación en los salones y su efecto en la calidad de la experiencia educativa es un debate que ha

dividido a la comunidad Docente por décadas. Una encuesta realizada recientemente por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), trajo de nuevo a la conversación uno de los temas más debatidos en las últimas décadas, el tamaño de los grupos en los salones educativos. Una de las principales razones por las que tantos docentes abogan por la reducción de grupos es porque comúnmente reduce el tiempo efectivo de aprendizaje. Según OCDE, los maestros utilizan el 22 % de cada clase para mantener el orden, realizar tareas administrativas y llevar a los alumnos a un estado mental en el que sean receptivos al material didáctico. (García, 2019). En la actualidad, se decide contar con espacios en lo que se acomoda a un nuevo modelo de educativo, se habla sobre un aprendizaje autónomo y en la que son guiados por estudiantes, de una educación vertical o de aquel rol que

contaría un profesor como guía, más que una autoridad. (Lozano, 2022).

Las variables académicas tienden a abarcar lo externo a la intervención pedagógica: el esfuerzo del alumno y la política académica de la institución. Una de las facilidades académicas es asociada con la infraestructura, la posibilidad de tener un mayor rendimiento académico. Las universidades privadas no escatiman recursos para construir imponentes pabellones equipados con tecnología de punta (aulas multimedia, wi-fi, bibliotecas amplias y actualizadas, etc.). La universidad pública, según sus posibilidades presupuestales y sobre todo los recursos propios que pueda generar, también hace su esfuerzo por construir pabellones modernos y equipados. (Ocaña, 2011).

La estadística de población estudia la composición y principales características de la agrupación humana (Giorgianni, 2013). La población, define agrupaciones humanas, por una pertinencia religiosa, social o económica, en las cuales, se dan los fenómenos movimientos o variaciones demográficos normales. (Delgado, 1995). Los análisis más utilizados en estimaciones de población parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático, y el procedimiento consiste en estimar la relación funcional que lo explica. Generalmente se consideran tres modelos básicos: Aritmético o Lineal, Geométrico y Exponencial. (Torres, 2011).

En una universidad pública se requiere información sobre la tasa de crecimiento poblacional estudiantil por anticipado para aplicar en planes institucionales, de esta forma acceder a posibles presupuestos

para infraestructura acorde a la población estudiantil que significa un apoyo al proceso de aprendizaje.

El presente estudio trata sobre la estimación del crecimiento anual de la población estudiantil de la Carrera Ingeniería de Sistemas, para apoyar en la formulación de la planificación operativa anual y estratégica. En este estudio la problemática abordada se refiere a la existencia de deficiencia en la planificación sobre la admisión de matrícula universitaria en la Carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto, ocasionando infraestructura insuficiente en laboratorios y aulas, reducción en la efectividad de aprendizaje, menor rendimiento académico, labor docente sobrecargada, dificultades en llegar al total de los estudiantes con eficiencia.

Por tal efecto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la estimación del crecimiento anual de la población estudiantil en la Carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto con el modelo exponencial y geométrico, puede apoyar en la formulación de la planificación operativa anual y estratégica?

Este estudio se realizó desde el modelo matemático geométrico y exponencial. Los movimientos o variaciones demográficos que se presentan en la población, están en función de los tres componentes que provocan cambios en el estado a lo largo del tiempo, estudiantes nuevos, egresados, retirados u abandonos, por lo que el número total de estudiantes cambia.

El objetivo de esta investigación es realizar la estimación del crecimiento



anual de la población estudiantil en la Carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto, empleando el modelo geométrico y exponencial, apoyando en la formulación de la planificación operativa anual y estratégica y contribuyendo al proceso de aprendizaje efectivo.

La investigación es de alcance descriptivo de tipo cuantitativo. El tipo de muestreo es aleatorio simple, en el cual se escoge de una manera aleatoria las gestiones académicas para el estudio. La muestra corresponde a estudiantes en el periodo 2017-2021, se obtuvo datos de Kardex de Carrera, datos que fueron obtenidos de reportes del sistema académico Suyay.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación es de tipo no experimental con un tipo de investigación cuantitativo donde se observan los fenómenos o acontecimientos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

En esta investigación la población de estudio es intencional no probabilística, se toma como población los estudiantes inscritos en la Carrera Ingeniería de Sistemas.

El tipo de muestreo que se tiene en este estudio es aleatorio simple, en el cual se escoge de una manera aleatoria las gestiones académicas para el estudio. La muestra son los inscritos en la gestión académica en el periodo 2017-2021. De esta forma se garantiza la representatividad de los hallazgos y realidad.

Se obtuvo datos de Kardex de Carrera y se aplicó revisión documental.

Tabla 1

Cantidad de inscritos según reporte del sistema académico Suyay Carrera Ingeniería de Sistemas.

GESTIÓN	TOTAL INSCRITOS	TOTAL INSCRITOS FEMENINOS	TOTAL INSCRITOS MASCULINOS
2017	4174	567	1505
2018	4628	661	1786
2019	5076	698	2018
2020	5043	715	2193
2021	5439	755	2386

Nota. Datos tomados del sistema académico Suyay unidad de kardex de Carrera (2022).

Uno de los procedimientos de investigación empleado es la aplicación de modelos matemáticos, en este caso el geométrico y exponencial, para obtener la tasa de crecimiento poblacional estudiantil.

El interés fundamental del estudio estadístico de las poblaciones se concentra en el estado y la dinámica de la población en el tiempo. (Hauser & Dudley, 1975).

Según Hauser & Dudley, 1975, como se citó en Torres, 2014 "Uno de sus objetivos está dado precisamente en estudiar los movimientos que se presentan en las poblaciones humanas. Dicho movimiento está en función de los tres componentes que provocan cambios en el estado a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración. Es decir, a medida que las personas nacen, mueren o se mueven, los números totales de habitantes en un área cambian. En cierto período de tiempo, el tamaño de una población puede crecer, mantenerse constante o disminuir, dependiendo del efecto que



estén ejerciendo estos determinantes o componentes de cambio".

Los componentes para el presente estudio son los estudiantes nuevos, egresados, retirados u abandonos; crean dos procesos dentro de la dinámica de una población que son objeto de análisis. El primer proceso introduce nuevos elementos a la población, estudiantes nuevos, se les conoce como proceso de entrada. El segundo proceso excluye individuos de la población donde intervienen estudiantes egresados, se les conoce como proceso de salida. Las relaciones entre estos dos procesos es la que provoca que el tamaño de la población esté expuesto a cambiar continuamente.

Sin embargo, una tasa de crecimiento poblacional puede ser estimada suponiendo que este crecimiento sigue cierto patrón preestablecido. Los análisis más utilizados en demografía o estudio estadístico de poblaciones, parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático, y el procedimiento consiste en estimar la relación funcional que lo explica. Generalmente se consideran tres modelos básicos: Aritmético, geométrico y exponencial. (Torres, 2011)

3. RESULTADOS

3.1 Tasa de Crecimiento Geométrico

La tasa de crecimiento geométrico está dada por la ecuación:

$$r = \left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)^{1/a} - 1 \quad \text{ó} \quad r = \sqrt[a]{\left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)} - 1$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento geométrico.

P^{t+n}: Población al momento actual.

P^t: Población al momento inicial o población base o población inicial.

a: La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia.

3.2 Tasa de Crecimiento exponencial

La tasa de crecimiento exponencial está dada por la ecuación:

$$r = \frac{1}{a} \ln \left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right) \quad \text{ó} \quad r = \frac{\ln \left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)}{a}$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento exponencial.

P^{t+n}: Población al momento actual.

P^t: Población al momento inicial o población base o población inicial.

a: La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia.

ln: Logaritmo natural

3.3 Cálculo de la amplitud o periodo de tiempo "a"

La amplitud (a) se refiere a la distancia en tiempo entre los dos puntos de referencia, entiéndase y respectivamente. (Torres, 2011).

La misma se obtiene buscando la diferencia entre el periodo de 2017 y 2021.

Modelo exponencial

Gestión	2017	2021
Población estudiantil	4174	5439
Numero de periodos a =	4	
Tasa de crecimiento estudiantil =	0,068419125	
Tasa de crecimiento porcentaje =	6,841912527	

Para calcular la amplitud se tiene las siguientes ecuaciones:



$$a^{mes} = \frac{\sum mes}{12} \quad (1)$$

$$a^{dia} = \frac{\sum dias}{365} \quad (2)$$

$$a^{semestre} = \frac{\sum semestres}{2} \quad (3)$$

3.3.1 Referencia

La Carrera presenta un movimiento de estudiantes cada gestión, por lo tanto, se calcula la amplitud entre dos tiempos. Si cada año representa una unidad 1,2,3...10.

Si una unidad representa un año y cada año tiene 12 meses, se utiliza la ecuación (1) y se demuestra que un mes representa 0.08333.

En este estudio se desea estimar la población (P^t) entre el 2017 (P^t) al 2021 (P^{t+n}).

Para calcular la amplitud, se utiliza el mes como punto de referencia para calcular la amplitud entre P^t y P^{t+n} indicando que entre 2017 y 2021 hay una distancia de 48 meses.

Para calcular la amplitud de dicha distancia se multiplica la cantidad de meses por el factor .083333, es decir:

$$a = \sum mes * a^{mes}$$

$$a = 48 * 0.083333$$

$$a = 3.999984 \quad a \approx 4$$

$$P^t = \text{Número de estudiantes en la Gestión 2017} = 4174$$

$$P^{t+n} = \text{Número de estudiantes en la Gestión 2021} = 5439$$

Reemplazando los valores en los modelos matemáticos se tiene:

Modelo exponencial

Gestión

2017

2021

Población estudiantil

4174

5439

Numero de periodos a =

4

Tasa de crecimiento estudiantil = 0,066180103

Tasa de crecimiento porcentaje = 6,618010295

En este caso de estudio se toma en cuenta la tasa de crecimiento (r) obtenida bajo la modalidad exponencial ($r=0,066180103$) y ($r=6,6$), se puede interpretar que entre el periodo del 2017 al 2021 como incremento anual la población estudiantil, la Carrera de Ingeniería de Sistemas aumentó 6.6 7 personas por cada 100 estudiantes.

3.4 Tiempo de Duplicación Ecuación de Crecimiento Geométrico

Partiendo de la ecuación de crecimiento geométrico, es posible modificar la expresión asumiendo que el tiempo de duplicación estaría dado por el logaritmo natural de (2) "dos" (0.693147181) entre la tasa de crecimiento. La fórmula estará dada por:

$$t = \frac{\ln 2}{r} = t = \frac{0.693147181}{r}$$

Donde:

t: Tiempo de duplicación de la población

r: Tasa de crecimiento en su expresión natural, no en por ciento (aritmética, geométrica o exponencial)

ln: Logaritmo natural

De acuerdo al cálculo realizado anteriormente la tasa de crecimiento (r) obtenida bajo la modalidad exponencial es igual ($r=$) entonces reemplazando a la ecuación de duplicación se tiene:

$$t = \frac{\ln 2}{r} = t = \frac{0,693147181}{r}$$

$$t = \frac{0,693147181}{0,066180103} \quad t = 10,4736491722$$

Se interpreta que la población se duplicaría en 10,47 años.



3.5 Tasas de crecimiento de la población estudiantil anual

En la Tabla 2, se muestra el crecimiento de la población Estudiantil en Carrera de Ingeniería de Sistemas, empleando los modelos Geométrico y Exponencial en el periodo 2017 a 2021.

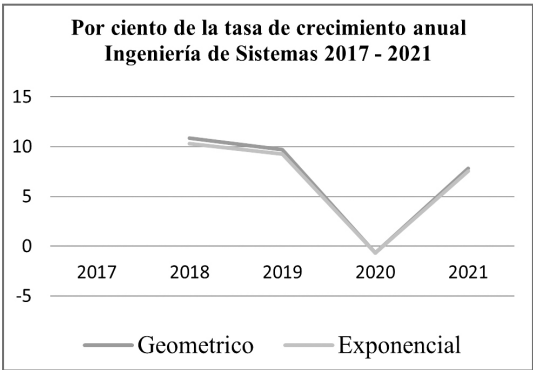
Tabla 2

Tasas de crecimiento de la población estudiantil en el periodo 2017 a 2021

GESTIÓN	AMPLI TUD	POB. EST.	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL %	
			GEOMÉTRICA	EXPONENCIAL
2017		4174		
2018	1	4628	10,87685673	10,32500007
2019	1	5076	9,680207433	9,239874052
2020	1	5043	-0,650118203	-0,652240676
2021	1	5439	7,852468769	7,559407735

Figura 1

Por ciento de la tasa de crecimiento anual Ingeniería de Sistemas



Se realizó también el cálculo de las tasas de crecimiento de la población estudiantil por género, empleando el modelo Exponencial.

Tabla 3

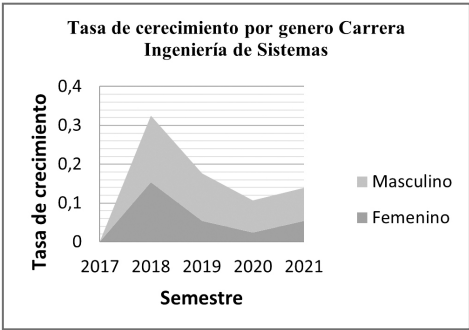
Tasas de crecimiento de la población estudiantil por género

GESTIÓN	AMPLITUD	POB. EST. FEM.	POB. EST. MAS.	TASA DE CRECIMIENTO MODALIDAD EXPONENCIAL	
				FEMENINO	MASCULINO
2017		567	1505		
2018	1	661	1786	0,153394536	0,171185584
2019	1	698	2018	0,054465263	0,122128439

GESTIÓN	AMPLITUD	POB. EST. FEM.	POB. EST. MAS.	TASA DE CRECIMIENTO MODALIDAD EXPONENCIAL	
				FEMENINO	MASCULINO
2020	1	715	2193	0,02406344	0,083163548
2021	1	755	2386	0,054435207	0,084347854

Figura 2

Por ciento de la tasa de crecimiento por género Ingeniería de Sistemas



A continuación, se muestra el cálculo de las tasas de crecimiento de la población estudiantil por género, empleando el modelo Exponencial en porcentaje.

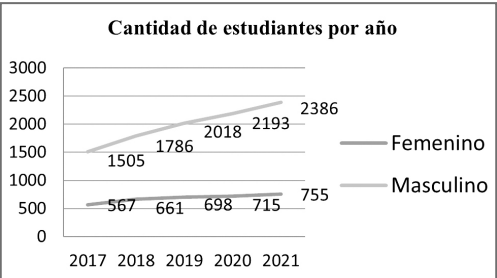
Tabla 4

Tasas de crecimiento de la población estudiantil por género en porcentaje

GESTIÓN	AMPLITUD	POB. EST. FEM.	POB. EST. MAS.	TASA DE CRECIMIENTO % MODALIDAD EXPONENCIAL	
				FEMENINO	MASCULINO
2017		567	1505		
2018	1	661	1786	15,33945361	17,11855843
2019	1	698	2018	5,446526291	12,21284395
2020	1	715	2193	2,406343993	8,31635475
2021	1	755	2386	5,443520656	8,434785424

Figura 3

Cantidad de estudiantes por género por año



4. DISCUSIÓN

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento obtenida bajo la modalidad exponencial interpretamos que entre el periodo del 2017 al 2021, como incremento anual, la población estudiantil de la Carrera de Ingeniería de Sistemas aumentó 6.6 7 personas por cada 100 estudiantes, esto indica que existe crecimiento de población, se observa la Tabla 2, se evidencia que en el año 2020 se tiene -0,650118203

y $-0,652240676$ como tasas de crecimiento anual en porcentaje con el modelo geométrico y exponencial respectivamente, esto indica que no hubo crecimiento en esta gestión, siendo negativos los datos se afirma que hubo una población menor respecto al año anterior, esta información puede ser observada también en la Figura 1. Realizando un análisis se identifica a la gestión 2020 como año que se ve afectado el crecimiento poblacional estudiantil de la Carrera por posibles efectos de la pandemia mundial COVID-19.

El crecimiento expresado en porcentajes no es un concepto descriptivo aplicable a muchos fines ya que teniendo una tasa de crecimiento no se puede definir si el crecimiento es lento o acelerado. Una manera más clara de ilustrar el crecimiento de la población es calcular cuánto tiempo le tomaría a dicha población duplicarse. En este estudio se obtuvo información conforme a la tasa actual de crecimiento, indicando que la población se duplicaría en 10,47 años, esto si la tasa de crecimiento de 0,066180103 reflejada durante el periodo de 2017 al 2021 continuará sin cambios, la población estudiantil de la Carrera de Ingeniería de Sistemas se duplicaría en aproximadamente 10,47 años.

El tiempo de duplicación no puede utilizarse para proyectar el tamaño futuro de la población de la Carrera Ingeniería de Sistemas, pero su cálculo ayuda a ilustrar cuánto está creciendo la población de la Carrera actualmente, considérese que en periodo 2017 y 2021 están gestiones 2020, 2021 donde se vivió fuertemente la pandemia mundial por el COVID-19. Entonces existe la posibilidad que los datos obtenidos en cuanto al tiempo de duplicación sean menores, es decir la población de la

Carrera se duplique en menos de 10 años.

Esta medida brinda información interesante respecto al ritmo de crecimiento de la población, suponiendo que éste sea constante en el tiempo.

Se pueden utilizar dos métodos para este fin: Tiempo de Duplicación Ecuación de Crecimiento Geométrico y Tiempo de Duplicación Método de los 70 años. En el presente estudio se utilizó el primero.

5. CONCLUSIONES

Analizando el artículo "Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial", realizado por Torres (2011), se observa que el investigador propone utilizar otro método para obtener la tasa de crecimiento geométrico, Tasa de Crecimiento Geométrico simplificado (Bocaz) el cual evita el uso de los logaritmos y cuando el período de tiempo no es muy largo (5 a 10 años), sugiere la utilización de la expresión simplificada de Albino-Bocaz. En éste estudio se empleó el modelo geométrico puesto que se tomó un periodo de tiempo menor a 5 años.

Torres (2011) enfatiza también la aplicación de la Tasa de Crecimiento en grupos específicos con ciertas características homogéneas como género, estado civil, educación, fuerza trabajadora o grandes grupos étnicos, población joven, población adulta, población vieja, población femenina en edad reproductiva.

En cambio, en el presente estudio se aplicó en grupos específicos de género. Si se hubiese aplicado el modelo aritmético para obtener datos del crecimiento de población estudiantil,



la tasa de crecimiento con el modelo mencionado; en cuanto a cercanía o lejanía sería alejado en comparación con la que se obtuvo en este estudio, debido a que en el modelo aritmético el supuesto básico consiste en que la población crece en una misma cantidad cada unidad de tiempo.

El modelo aritmético solo es aconsejable para períodos cortos de tiempo, menor de dos años, en el estudio presentado el número de periodos es de 4 años, razón por la que se emplearon los modelos geométrico y exponencial. Así mismo en la Figura 1 se observa la gran cercanía en datos por ambos métodos aplicados.

Se obtuvo la tasa de crecimiento anual de la población estudiantil en la Carrera Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto empleando el modelo matemático geométrico y exponencial, para coadyuvar en la toma de decisiones en cuanto a infraestructura, de esta manera contribuir al proceso de aprendizaje, puesto que como se investigó las universidades públicas requieren justificar el crecimiento poblacional estudiantil por anticipado para incluirlos en planes institucionales así acceder a posibles presupuestos, para infraestructura acorde a la población estudiantil.

La importancia de esta investigación radica en proporcionar a la Carrera de Ingeniería de Sistemas una estimación del crecimiento de la población estudiantil como apoyo en la formulación la planificación operativa anual y estratégica.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bruno Ramírez, X. S. (2019). Análisis del crecimiento y proyección poblacional del distrito Chulucanas, 2017-2025.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/211>
- Cortés López, J. C., Romero Bauset, J. V., Roselló Ferragud, M. D., & Villanueva Micó, R. J. (2013). Modelos continuos de crecimiento: del modelo exponencial al modelo logístico.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30892>.
- Delgado, H. (1995). Teorías demográficas. Serie apuntes de demografía No. 1. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
https://www.flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/agora/files/1368833819.apuntes_de_demografia_1.pdf
- García S. (2019). Instituto para el futuro de la investigación tecnológico de Monterrey.
<https://observatorio.tec.mx/edu-news/grupos-grandes-efectividad-ensenanza>.
- Gazzola, A. L., & Didriksson, A. (2018). Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe.
<http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/303>
- Giorgianni G. (2013). Estadísticas de población. <https://es.slideshare.net>
- Hauser P. & Dudley O. (1975) Estudio de la población, volumen 3, serie E, N° 15 parte VI. Santiago de Chile. Centro latinoamericano de demografía.
- Lozano B. (2022). "Mejoramiento de la infraestructura educativa I.E. VIRÚ



para el crecimiento poblacional estudiantil de VIRÚ". Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO).
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8929>

- Ocaña Y. (2011). Variables académicas que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Investigación Educativa Vol. 15 N.º 27, 165-179, ISSN 1728-5852
- Tejedor, F. & García-Valcárcel, A. (2007). Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario. Propuestas de mejora en el marco de EEES. Revista Educación, 342, pp. 443-473.
- Torres A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial. CIDE digital, 2(1), 143-162.
- UNESCO (1998). Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción. http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
- Wooldridge, A. (2005). "The brains business". http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=4339960

MODELO DE DEEP LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE COVID-19 EN IMÁGENES DE RAYOS X

DEEP LEARNING MODEL FOR THE DETECTION OF COVID-19 IN X-RAY IMAGES

Lidia Maxima Rodriguez Choque¹

Bladimir Calcina Choque²

¹Licenciada en Ingeniería de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería De Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

²Magister en Gerencia Estratégica de Tecnología y Sistemas de Información
Licenciado en Informática
El Alto – Bolivia

RESUMEN

El COVID-19 es una enfermedad respiratoria que logró infectar a millones de personas y tomar la vida de otros millones más, es por eso que es considerada una pandemia pues se propagó a nivel mundial. Por tal razón y ante este escenario se unieron diferentes ciencias para trabajar en contra de esta enfermedad, siendo áreas como Deep Learning, una que permite crear modelos que pueden crear herramientas de detección que colaboren a los médicos en la tarea de detección de anomalías presentes en las imágenes de Rayos X del tórax de personas con síntomas del COVID-19. Puesto que las pruebas para detección del COVID-19 son limitadas, en caso de centro públicos o de alto costo en centros privados, haciéndolos inaccesibles para la población, en este trabajo se plantea entrenar un clasificador de imágenes con un porcentaje de confiabilidad aceptable, basado en Deep Learning, para identificar si una persona tiene COVID-19 o no, usando imágenes rayos X del tórax y Redes Neuronales de Convolución (CNN), las cuales se especializan en la clasificación de imágenes de forma autónoma.

Palabras clave:

COVID-19, Imágenes de Rayos X, Diagnóstico, Redes neuronales convolucionales.

ABSTRACT

COVID-19 is a respiratory disease that infects millions of people and takes the lives of millions more, that is why it is considered a pandemic as it spread worldwide. For this reason and in the face of this scenario, different sciences came together to work against this disease, being areas such as Deep Learning, one that allows the creation of models that can create detection tools that collaborate with doctors in the task of detecting anomalies present in X-ray images of the chest of people with symptoms of COVID-19. Since the tests for the detection of cost in private centers, making them inaccessible to the population, this work proposes to train an image classifier with an acceptable percentage of reliability, based on



in Deep Learning, to identify whether a person has COVID-19 or not, using X-ray images of the chest and Convolution Neural Networks (CNN), which specialize in autonomously classifying images.

Keywords:

COVID-19, X-Ray Imaging, Diagnosis, Convolutional Neural Networks.

1. INTRODUCCIÓN

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por una cepa de coronavirus denominada SARS-CoV-2 (síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2). Los primeros casos se vieron en Wuhan, China, a fines de diciembre de 2019 y desde allí se ha extendido rápidamente a todo el mundo. Fue reconocida oficialmente como pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020. La rápida expansión internacional del virus ha provocado un enorme impacto social, económico y sanitario y ha obligado a la adopción de medidas extraordinarias de confinamiento social para frenar su propagación y a la reestructuración sanitaria para evitar su colapso. A finales de octubre de 2020, el número de casos confirmados de COVID-19 en todo el mundo alcanzó los 579 millones, y el número de muertos superó la cifra de 6.404.932 (Hopkins, 2020).

Los principales síntomas del COVID-19 son: fiebre, dolor de garganta, dolor muscular, tos seca y dificultad respiratoria aguda (Salman y Salem, 2020).

La rápida difusión del coronavirus y los graves efectos que provoca en humanos hacen imperioso un diagnóstico temprano de la enfermedad (Xie y Chen, 2020). Hasta el día de hoy, el estándar dorado para detectar la presencia del virus es a partir de la reacción en cadena

de la polimerasa de transcripción inversa (del inglés Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)). Esta prueba fue diseñada por el premio Nobel de Química Kary Mullis en los años 80, la cual permite hacer de una pequeña cantidad de ADN millones de copias, de modo que haya suficiente para analizarlo. En el proceso de toma de muestras de la prueba se introduce una variabilidad muy alta, depende del sitio en que se toma, del personal que la toma y la carga viral de la persona en ese momento (Liu et al., 2020).

Además, el procedimiento para la prueba de PCR es un proceso que consume tiempo, alrededor de 6 a 9 horas para confirmar la infección (Narayan et al., 2020). Por otra parte, las pruebas tienen una sensibilidad entre un 60 y 70% (Ai et al., 2020).

Una de las variantes usadas empleadas en la detección temprana y manejo oportuno de pacientes positivos a COVID-19 se basa en el análisis de imágenes médicas. Específicamente los especialistas se basan en estudios radiológicos, ya sea por imágenes de Rayos X del tórax (CXR) o tomografía computarizada (CT) para seguir la evolución de la enfermedad (Dong et al., 2020). En una imagen por CT, las estructuras sobrepuestas en cada corte son eliminadas, haciendo que la anatomía interna sea más aparente.

De hecho, los estudios confirman anomalías visibles en las imágenes radiográficas haciendo de esta, una herramienta importante en la toma de decisiones para los especialistas humanos (Kanne et al., 2020). No obstante, el 50% de los pacientes tienen una CT normal dentro de los primeros dos días luego de que aparecen los síntomas de la COVID-19 (Kanne et al., 2020).

Es importante señalar que existen pacientes que presentan PCR positiva, pero no desarrollan ni signos ni síntomas de la enfermedad. Estos pacientes presentan radiografías normales. Por tanto, no pueden ser detectados como positivos usando una imagen de sus pulmones (Tabik et al., 2020).

El uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) pudiera mitigar el efecto de no contar con un especialista en rayos X para evaluar las imágenes a tiempo completo haciendo evaluaciones. Además, puede dotar a los médicos de una herramienta de alerta temprana basada en las imágenes de rayos X en el camino de la detección del COVID-19 (Kermany et al., 2018), así como de otras patologías como neumonías virales y bacterianas de disímiles causas (Baltruschat et al., 2019).

Debido a la incertidumbre por el incremento de casos de COVID-19 positivos, se identifican los siguientes problemas:

- Los centros de salud público y gratuito solo pueden realizar pruebas para detección del COVID-19 limitadas, dejando a algunas personas imposibilitadas de saber su diagnóstico.

- Otra opción son los laboratorios privados cobran entre los 400 a 750 bolivianos por una prueba de detección.

En el presente trabajo, se entrenó un clasificador de imágenes con un porcentaje de confiabilidad aceptable, basado en Deep Learning, para identificar si una persona tiene COVID-19 o no, usando imágenes rayos X y Redes Neuronales de Convolución (CNN), las cuales se especializan en la clasificación de imágenes de forma autónoma, sin la necesidad de introducirle rasgos o características de entrada para realizar la clasificación, esta tarea está a cargo de la red neuronal convolucional.

2. MATERIALES Y MÉTODO

El desarrollo de soluciones con Deep Learning permite ofrecer una alternativa ante los nuevos desafíos que se presentan en la actualidad. En el área de medicina se han realizado investigaciones para crear herramientas o modelos computacionales que colaboren en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades como el COVID u otras y en una siguiente fase tengan la capacidad de ayudar en la predicción de nuevos brotes y de esta manera se puedan crear medidas de prevención.

Dadas las capacidades de analizar datos, también permite coadyuvar en la creación de medicamentos, analizando posibles combinaciones de las dosificaciones.

Para el desarrollo del modelo se utilizó un dataset del repositorio de kaggle que tiene un total de 5.856 imágenes (Anglin, 2005), las radiografías pertenecen a

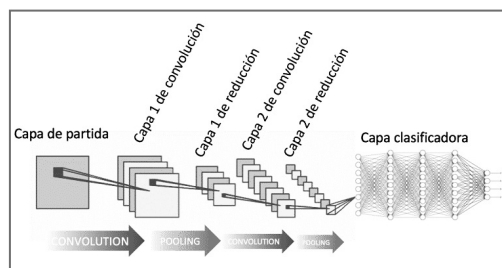
pacientes que tenían neumonía, según la bibliografía revisada se han utilizado estas imágenes porque este tipo de pacientes tiene los mismos síntomas que los pacientes que tienen COVID.

Selección Del Modelo Y Técnicas Implementadas

En inteligencia artificial se han ido realizando varias investigaciones durante muchos años, en la búsqueda de imitar la inteligencia humana. Una característica del ser humano que nos permite decir que somos inteligentes, es la capacidad de aprender. Es así como se crearon las redes neuronales, con el pasar del tiempo fueron evolucionando, dando lugar al surgimiento de Machine Learning y Deep Learning que hacen uso extenso de redes neuronales.

Figura 1

Arquitectura de una red neuronal convolucional



Nota. Estructura desglosada de una red neuronal convolucionar mostrando las etapas correspondientes en cada etapa.

Las redes neuronales convolucionales son un tipo de redes ampliamente usadas para trabajar en reconocimiento de imágenes, permitiendo de esta manera el desarrollo del modelo de la presente investigación. Estas redes contienen varias capas ocultas, las cuales extraen características de

una imagen como las líneas, curvas, contornos y así con las continuas convoluciones se detectan formas más complejas como siluetas, rostros, etc.

Las imágenes que se han utilizado ya fueron catalogadas previamente, entonces la investigación utiliza un algoritmo supervisado, vale decir, que ya se tienen categorizadas las imágenes de entrada y se sabe cuáles son las imágenes de salida. El objetivo principal del presente trabajo consiste en encontrar un modelo con un nivel de precisión aceptable.

Existen varias herramientas para el desarrollo de modelos de Deep Learning, pero en este caso se ha utilizado tensorflow y keras, por las ventajas que ofrece al momento de construir los modelos. Tensorflow es una plataforma de código abierto usada para aprendizaje automático compuesta por un conjunto de herramientas, librerías y recursos que facilitan el trabajo en el desarrollo e implementación de soluciones con inteligencia artificial (IA). Keras es una librería de alto nivel que proporciona interfaces que agilizan el desarrollo de aplicaciones con IA.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Tras seleccionar los datos, se desarrolla y entrena el modelo de Deep Learning con los ejemplos, validando su progreso con nuevos datos. Luego se mide su efectividad para clasificar radiografías con un conjunto de imágenes que no se hayan utilizado en el entrenamiento de la red. Dividiendo así las imágenes en 3 conjuntos de datos:

- Entrenamiento (train): datos con los que se entrenará la red.



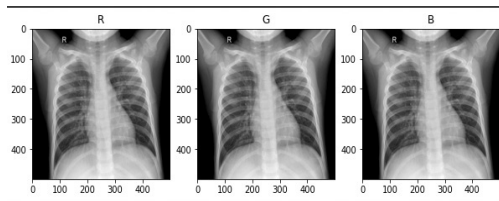
- Validación (validation): datos usados para medir el rendimiento de la red convolucional en cada época de entrenamiento y guardar la red cuando se observen los mejores resultados.
- Testeo (test): datos que utilizaremos para medir el desempeño de la red neuronal.

Para la fase de entrenamiento del modelo, se ajustó el tamaño de las imágenes a una resolución de 500x500 para facilitar el trabajo del entrenamiento del modelo y estandarizar información. Se organizó la cantidad de imágenes 80% para entrenar, 20% para las pruebas y trabajar con la matriz de confusión.

Para la creación del modelo se usó un algoritmo supervisado, porque se trabajó con imágenes clasificadas previamente y se hicieron pruebas con otras imágenes donde se conocía si el paciente estaba sano o enfermo.

Figura 2.

Dataset de imágenes de rayos X del tórax



Nota, Imágenes de rayos X pulmonares, de pacientes con diagnóstico de pulmonía, covid-19 y pacientes sanos.

Con la finalidad de obtener un aceptable valor de precisión, se han utilizado 5 capas ocultas para la extracción de características de las imágenes con la función de activación Relu, para anular los valores negativos, dejando entrar

solo a los positivos, este tipo de función trabaja bien con imágenes y redes convolucionales.

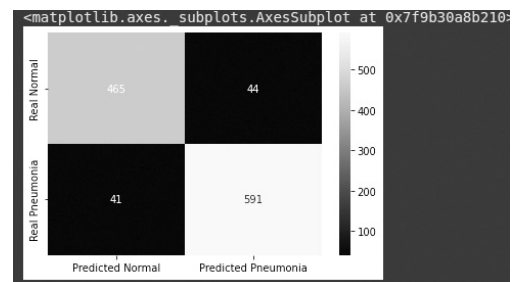
Luego de haber extraído las características más importantes se procedió con el aplanado de las matrices a una columna, para seguidamente usar 3 capas de dense para conectar cada neurona de una capa con todas las salidas de la capa anterior para finalmente usar una función de activación sigmoide en la última capa para determinar si la imagen pertenece a un paciente que tiene neumonía o no.

4. RESULTADOS

Para evaluar el modelo propuesto, se utilizó la matriz de confusión. Esta herramienta permite medir el desempeño del algoritmo de clasificación haciendo una comparación entre aciertos y errores del modelo (datos reales y predicciones). Para realizar la medición se utilizan los indicadores de precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad.

Figura 3.

Matriz de confusión



En la figura 3 se puede observar que el modelo realizó la siguiente clasificación:

- Para personas sanas donde el modelo predijo correctamente fueron 465 casos de verdaderos negativos (VN).



- Para personas enfermas donde el modelo predijo correctamente fueron 591 casos de verdaderos positivos (VP).
- Para personas enfermas donde el modelo predijo como personas sanas fueron 44 casos de falsos negativos (FN).
- Para personas sanas donde el modelo predijo como personas enfermas fueron 41 casos de falsos positivos (FP).

Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes indicadores:

$$\text{Exactitud} = (\text{VP} + \text{VN}) / (\text{VP} + \text{VN} + \text{FN} + \text{FP})$$

$$\text{Exactitud} = (465 + 591) / (465 + 591 + 44 + 41)$$

$$\text{Exactitud} = 0,9255$$

La exactitud es la cantidad de predicciones que fueron positivas que fueron correctas y se llegó a un valor de 92,55%

$$\text{Precisión} = \text{VP} / (\text{VP} + \text{FP})$$

$$\text{Precisión} = 591 / (591 + 41)$$

$$\text{Precisión} = 0,9351$$

La precisión es el porcentaje de casos positivos detectados llegó a un valor de 93,51%

$$\text{Sensibilidad} = \text{VP} / (\text{VP} + \text{FN})$$

$$\text{Sensibilidad} = 591 / (591 + 44)$$

$$\text{Sensibilidad} = 0,9307$$

La sensibilidad es la proporción de casos positivos correctamente identificados llegó a un valor de 93.07%

$$\text{Especificidad} = \text{VN} / (\text{VN} + \text{FP})$$

$$\text{Especificidad} = 465 / (465 + 41)$$

$$\text{Especificidad} = 0,9135$$

La especificidad trata de la cantidad de casos negativos correctamente identificados llegó a un valor de 91.35%.

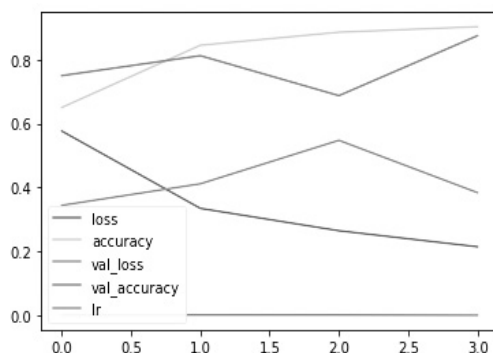
5. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

De acuerdo con los cálculos realizados en desarrollo del modelo se llegó a una precisión del 92.55 %, el cual podría ser considerado como un valor aceptable.

Los resultados obtenidos se observan en la figura 4, el valor de la precisión llegó a superar el 80%, el valor de la pérdida llegó cerca al 20%.

Figura 4.

Métrica accuracy



Donde los valores de precisión y pérdida, durante el entrenamiento y validación son representados a través de las siguientes variables:

- Accuracy, precisión del modelo.
- Loss, valor de pérdida que la red neuronal está tratando de minimizar.
- Val_accuracy, precisión del modelo en la validación.
- Val_loss, valor de pérdida durante la validación.

6. CONCLUSIÓN

Los exámenes de imagenología (rayos X de tórax) representan un factor temprano importante en el manejo de pacientes con sospecha o confirmación de COVID-19.

El modelo de clasificación que se obtuvo muestra que los algoritmos de Deep Learning han mejorado la precisión de predicción, a pasos agigantados han ganado terreno para la creación de diferentes herramientas.

Por lo tanto, se puede concluir que:

- El valor de confiabilidad del modelo es aceptable con 92% de precisión.
- Los indicadores obtenidos mediante la matriz de confusión han permitido demostrar que el algoritmo de clasificación tiene un buen desempeño al momento comparar las predicciones con los valores reales.
- El modelo de diagnóstico del COVID-19 a través de imágenes de rayos X usando Deep Learning, podría aplicarse en nuestro medio como otra alternativa de diagnóstico o como una herramienta de colaboración para el personal del área de medicina.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con las investigaciones en imagenología para poder crear modelos de diagnóstico con aprendizaje no supervisado y así identificar posibles anomalías en los diferentes órganos del cuerpo humano para llegar a identificar de manera oportuna algún tipo de patología que podría estar fuera del margen de los "normal".

Adicionalmente se recomienda desarrollar una aplicación móvil que permita el uso del modelo propuesto para el reconocimiento de imagenología médica para el diagnóstico del COVID-19.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Anglin, G., (2005). *Instructional Technology: Past, Present, and Future*. Englewood: Libraries
- Kaggle, (2018). *Chest X-Ray Images (Pneumonia)*. <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>.
- Ai, T., Yang, Z., Hou, H., Zhan, C., Chen, C., Lv, W., Tao, Q., Sun, Z., & Xia, L. (2020). Correlation of chest CT and RT-PCR testing in coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: A report of 1014 cases. *Radiology*, 296(2), E32-E40.
- Baltruschat, I. M., Nickisch, H., Grass, M., Knopp, T., & Saalbach, A. (2019). Comparison of Deep Learning Approaches for Multi-Label Chest X-Ray Classification. *Scientific Reports*, 9(1), 6381. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42294-8>
- Calvo, D. (2017). *Red Neuronal Convolutacional CNN*. <https://www.diegocalvo.es/red-neuronal-convolutacional>.
- Dong, D., Tang, Z., Wang, S., Hui, H., Gong, L., Lu, Y., Xue, Z., Liao, H., Chen, F., Yang, F., Jin, R., Wang, K., Liu, Z., Wei, J., Mu, W., Zhang, H., Jiang, J., Tian, J., & Li, H. (2020). The role of imaging in the detection and management of COVID-19: A review. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 1-1.



- <https://doi.org/10.1109/RBME.2020.2990959>
- Hopkins, J. (2020). Coronavirus Resource Center. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.
 - Kanne, J. P., Little, B. P., Chung, J. H., Elicker, B. M., & Ketani, L. H. (2020). Essentials for Radiologists on COVID-19: An Update—Radiology Scientific Expert Panel. *Radiology*, 296(2), E113-E114. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200527>.
 - Kermay, D. S., Goldbaum, M., Cai, W., Valentim, C. C. S., Liang, H., Baxter, S. L., McKeown, A., Yang, G., Wu, X., Yan, F., Dong, J., Prasadha, M. K., Pei, J., Ting, M. Y. L., Zhu, J., Li, C., Hewett, S., Dong, J., Ziyar, I., ... Zhang, K. (2018). Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. *Cell*, 172(5), 1122-1131.e9. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>.
 - Liu, R., Han, H., Liu, F., Lv, Z., Wu, K., Liu, Y., Feng, Y., & Zhu, C. (2020). Positive rate of RTPCR detection of SARS-CoV-2 infection in 4880 cases from one hospital in Wuhan, China, from Jan to Feb 2020. *Clinica Chimica Acta*, 505, 172-175. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.03.009>.
 - Narayan Das, N., Kumar, N., Kaur, M., Kumar, V., & Singh, D. (2020). Automated Deep Transfer Learning-Based Approach for Detection of COVID-19 Infection in Chest X-rays. *IRBM*. <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2020.07.001>.
 - Salman, S., & Salem, M. L. (2020). Routine childhood immunization may protect against COVID-19. *Medical Hypotheses*, 140, 109689. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109689>.
 - Tabik, S., Gómez-Ríos, A., Martín-Rodríguez, J. L., Sevillano-García, I., Rey-Area, M., Charre, D., Guirado, E., Suárez, J. L., Luengo, J., Valero-González, M. A., García-Villanova, P., Olmedo-Sánchez, E., & Herrera, F. (2020).
 - COVIDGR dataset and COVID-SDNet methodology for predicting COVID-19 based on Chest X-Ray images. *arXiv:2006.01409 [cs, eess]*. <http://arxiv.org/abs/2006.01409>.
 - Xie, M., & Chen, Q. (2020). Insight into 2019 novel coronavirus—An updated interim review and lessons from SARS-CoV and MERS-CoV. *International Journal of Infectious Diseases*, 94, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.071>.

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA PROYECTAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE EL ALTO

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO PROJECT AIR POLLUTION IN THE CITY OF EL ALTO

Marisol Arguedas Balladares¹

Roger Huanca Cori²

¹Ingeniero de Sistemas
Docente universitario - Universidad Pública de El Alto

²Ingeniero de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es, utilizar las redes neuronales artificiales, para crear un modelo que permita realizar un pronóstico de la calidad del aire en la ciudad de El Alto de manera precisa. Esta investigación es de alcance descriptivo, el diseño de la investigación es transeccional o transversal, la población está compuesta por datos históricos de la calidad del aire en el Alto, extraído de la Red MONICA (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire - El Alto) y la climatología de la ciudad. Estos datos fueron analizados, limpiados e interpretados y se ha llegado a la conclusión de que la contaminación del aire está determinada por el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) Ozono Troposférico O₃ y el material Particulado PM₁₀ y a partir del modelo propuesto con la aplicación de la Red Neuronal LSTM, según Basogain, X. (2008), con 150 capas de entrada y una de salida, se comprueba que obtiene resultados con las predicciones deseadas, finalmente se las compara con los conjuntos de validación tomando en cuenta algunos de los parámetros de comparación de errores en relación a la calidad del aire en la ciudad de El Alto con una confiabilidad del 95%, consecuentemente, se entiende que los niveles de contaminación se encuentran debajo de los niveles de aceptación, emitidos por la Norma Boliviana 62011:2008, que cuenta con límites máximos permisibles concordantes con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Palabras clave:

Niveles, contaminación, calidad, aire.

ABSTRACT

The objective of this research is to use artificial neural networks to create a model that allows a precise forecast of air quality in the city of El Alto. This research is descriptive in scope, the research design is cross-sectional or cross-



sectional, the population is composed of historical data on air quality in El Alto, extracted from the MONICA Network (Air Quality Monitoring Network - El Alto).) and the climatology of the city. These data were analyzed, cleaned and interpreted and it has been concluded that air pollution is determined by Nitrogen Dioxide Tropospheric Ozone and Particulate matter and from the proposed model with the application of the Network Neural LSTM with 150 input layers and one output, it is verified that it obtains results with the desired predictions, finally they are compared with the validation sets taking into account some of the error comparison parameters in relation to air quality in the city of El Alto with a reliability of 95%, consequently, it is understood that the contamination levels are below the acceptance levels issued by the Bolivian Standard 62011:2008, which has maximum permissible limits consistent with the international recommendations of the World Health Organization (WHO).

Keywords:

Forecast, pollution, quality, air.

1. INTRODUCCIÓN

La Contaminación del Aire es una creciente preocupación a nivel mundial debido a las implicaciones que esta tiene en la destrucción del planeta tierra. La contaminación del aire es, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el riesgo ambiental más grande para la salud en las Américas. El tema del Día Internacional del Medio Ambiente este año es "Contaminación Atmosférica".

La creciente contaminación del Aire en la Ciudad de El Alto es uno de los problemas que tiene nuestra ciudad provocando daños a la salud. Debido a su incremento, se hace necesario hacer un estudio, de manera que se pueda anticipar futuros problemas.

Para realizar el modelado se usarán Redes Neuronales Artificiales, partiendo de datos reales y técnicas de limpieza de la información, tal que esta información sea utilizada para determinar estrategias para minimizar los niveles altos de contaminación, una adecuada

planificación y toma de decisiones. Profundizando el tema es importante conocer la sustentación teórica, descrita a continuación:

El aire

Según Cachi y Zalles (2016), el aire es un conjunto de gases que forman la atmósfera, es indispensable para el desarrollo de la vida en nuestro planeta y un bien limitado que podemos utilizar evitando cambios o alteraciones en su calidad que pongan en peligro el equilibrio biológico del sistema Tierra.

La atmósfera

Según Cachi y Zalles (2016), el hecho de que el planeta Tierra sea un lugar adecuado para la vida tal como la conocemos es que es el único planeta del Sistema Solar que la posee agua, la atmósfera de un planeta permite que penetre la luz solar, pero retarda la velocidad con que se pierde el calor. Sin



el efecto invernadero, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra sería de -18°C , es decir, 33°C más fría que el valor registrado y sería un planeta congelado y estéril.

Para entender cómo funciona la atmósfera, se describe su composición, y también su naturaleza.

Composición y Estructura de la Atmósfera

La atmósfera de la Tierra es una cobertura compuesta por varios gases.

Tabla 1

Gases de la Atmósfera

Gas	Formula química	Porcentaje (por volumen)
Gases permanentes		
Nitrógeno	N ₂	78,08
Oxígeno	O ₂	20,95
Argón	Ar	0,93
Neón	Ne	0,0018
Helio	He	0,0005
Hidrógeno	H ₂	0,00006
Xenón	Xe	0,000009
Gases variables		
Vapor de agua	H ₂ O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO ₂	0,036
Metano	CH ₄	0,00017
Óxido nitroso	N ₂ O	0,00003
Ozono	O ₃	0,000004
Partículas (polvo, etc.)		0,000001
Clorofluorocarbonos (CFC)		0,00000002

Nota. Esta tabla muestra los gases que forman parte de la atmósfera. Fuente: (Camilloni & Vega, 2011, pág. 3)

Según Camilloni y Vega (2011). Nuestra atmósfera tiene un espesor de varias

centenas de kilómetros, cerca del 99 % de su masa gaseosa se encuentra dentro de los primeros 30 km cercanos a la superficie terrestre, así mismo, el oxígeno también es consumido en la respiración de los seres vivos, por la que se libera dióxido de carbono. La incorporación de oxígeno a la atmósfera ocurre, en los procesos de fotosíntesis, el dióxido de carbono es removido de la atmósfera por los procesos de fotosíntesis. Además del nitrógeno, el oxígeno, el vapor de agua y el dióxido de carbono, que son los gases principales, la atmósfera contiene otros en menor proporción que afectan el clima. Los más importantes son el ozono (O₃), el metano (CH₄), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los clorofluorocarbonos.

Contaminación del Aire

El aire de la atmósfera urbana está compuesto, además de la mezcla de gases mencionada anteriormente, por otros gases (principalmente dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono), por productos fotoquímicos (como el ozono) y por partículas y aerosoles (polvo, humos, cenizas, sales, etc.) [2]. La composición de la atmósfera urbana es consecuencia de las combustiones doméstica e industrial, del transporte, de la producción de energía, de la incineración de residuos. Algunos se comportan como catalizadores que propician ciertas reacciones químicas y fotoquímicas, lo que conduce a la formación de ozono troposférico en áreas industriales y urbanas a causa de las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno por parte del parque automotor. Este ozono urbano nocivo entra en juego con otras reacciones para formar el smog fotoquímico. Y según Camilloni y Vega (2011). gran parte de estos compuestos

químicos que se encuentran presentes en la atmosfera urbana, pueden dar lugar a episodios de contaminación severa bajo ciertas condiciones meteorológicas.

Límites máximos permisibles PM10, NO2 Y O3

La normativa ambiental del Decreto Supremo N.º 24176 del 8 de diciembre de 1995 y la Norma Boliviana 62011:2008 que cuenta con límites máximos permisibles concordantes con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Figura 1

Límites máximos permisibles PM10, NO2 y O3

CONTAMINANTE	PERIODO DE EXPOSICION	CONCENTRACIÓN LÍMITE RMCA LEY 1333	CONCENTRACION LÍMITE NB-62011:2008 y VALOR GUÍA OMS (2006)
MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 µm (PM ₁₀)	24 Hrs. 1 año	150 µg/m ³ (media en 24 horas) 50 µg/m ³ (media anual)	50 µg/m ³ (media en 24 horas) 20 µg/m ³ (media anual)
DÍOXIDO DE NITRÓGENO NO ₂	1 hora 24 Hrs. 1 año	400 µg/m ³ (media en 1 hora) 150 µg/m ³ (media en 24 horas) -----	200 µg/m ³ (media en 1 hora) 150 µg/m ³ (media en 24 horas) 40 µg/m ³ (media anual)
OZONO TROPOSFÉRICO O ₃	1 hora 8 Hrs. 1 año	236 µg/m ³ (media en 1 hora) ----- -----	----- 100 µg/m ³ (media en 8 horas) 60 µg/m ³ (media anual)

Nota. La figura contiene los límites máximos permisibles de PM10, NO2 y O3. Tomado de la Ley 1333 de Medio Ambiente – RMCA (Reglamento en Materia de la Contaminación Atmosférica), Norma Boliviana 62011:2008 y OMS.

Efectos sobre la salud.

La contaminación con materia particulada conlleva efectos sobre la salud incluso en concentraciones muy bajas; de hecho, no se ha podido identificar ningún umbral por debajo

del cual no se hayan observado daños para la salud. Por consiguiente, los límites que establecen las directrices de 2005 de la OMS persiguen lograr las concentraciones más bajas posibles de materia particulada.

El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos importantes sobre la salud humana. Puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y dar lugar a enfermedades pulmonares.

Estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada al NO₂. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO₂ registradas (u observadas) actualmente en ciudades europeas y norteamericanas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El método que se ha utilizado es el científico, que sirve para obtener nuevos conocimientos, permite resolver de manera sistemática y ordenada un trabajo de índole teórico y una de sus técnicas es la predicción, a través de la investigación no experimental y correlacional.

En cuanto al software que se ha utilizado pueden mencionarse:

- Según Meléndez y Pérez (2016), la Programación Extrema o Extreme Programing, se considera el más destacado de los procesos ágiles de desarrollo de software.
- Según Challenger y Becerra (2014), el lenguaje de programación Python que cuenta con una bastabiblioteca de herramientas y bibliotecas, la

librería Pandas que es fundamental para realizar análisis de datos, usando la librería tensorflow para la creación de Redes Neuronales Artificiales.

- Redes de memoria corta y larga LSTM: Las Long-Short Term Memory, son una extensión de las redes neuronales recurrentes, amplían su memoria para aprender de las experiencias importantes que han pasado hace mucho tiempo, permiten a las RNN recordar sus entradas durante un largo periodo de tiempo permitiendo leer, escribir y borrar información de su memoria.

3. FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Análisis estadístico

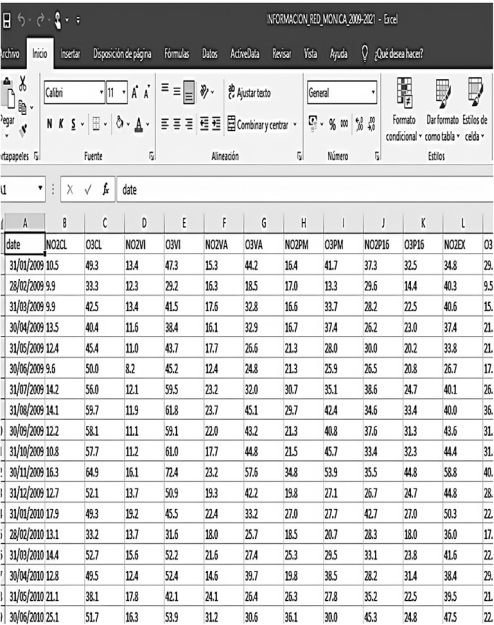
El Alto ha sido la segunda urbe que más habitantes ha ganado en el país en cifras absolutas: de 649.958 censados en 2001 y ha pasado a tener 848.840 en 2012, Se ha ubicado por encima de La Paz, según datos del Censo de Población 2012. [8]. Así mismo, en los últimos años el crecimiento de la población vino acompañado por el crecimiento del parque automotor y actividades económicas, que en consecuencia generan un incremento de las emisiones de contaminantes atmosféricos entre partículas,

aerosoles y gases, particularmente en zonas de mayor urbanización.

La recolección de los datos se ha obtenido de la Red MONICA, proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, donde se puede visualizar el comportamiento estadístico de los datos obtenidos de las gestiones 2009 a 2020 en un periodo de 11 años, en 12 sitios de monitoreo.

Figura 2

Set de datos estructurados



Fuente: Red MONICA del GAMEA
Esta figura contiene la información de los datos que se obtuvieron de la Red MONICA.

Tabla 2

Ubicación de sitios de monitoreo Municipio de El Alto

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología				
			Latitud	Longitud	P M 10	P S T	C O	N O 2	O 3
1	Alcaldía Quemada	A Q	16.505256°	68.162482°	A C				



N° Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología				
		Latitud	Longitud	P M 10	P S T	C O	N O 2	O 3
2	Ciudad Satélite	C	16.525383°	68.150886°	A			
		S			C			
3	Avenida Bolivia	A	16.525037°	68.201384°	A			
		B			C			
4	Avenida Bolivia	A	16.525304°	68.201170°			P	P
		B					V	V
5	Plaza del Minero	P	16.536765°	68.178943°			P	P
		M					V	V
6	Camino a Laja	C	16.511192°	68.239285°			P	P
		L					V	V
7	Villa Ingenio	V	16.478183°	68.211112°			P	P
		I					V	V
8	Ex Tranca Rio Seco	E	16.491025°	68.202849°			P	P
		X					V	V
9	Ciudad Satélite	C	16.525383°	68.150886°			P	P
		S					V	V
10	Desvió de la Ceja	S	16.503200°	68.162710°			P	P
		P					V	V
11	Plaza 16 de Julio	P	16.494881°	68.173822°			P	P
		1					V	V
12	Villa Adela	V	16.520625°	68.212346°			P	P
		A					V	V
13	Aeropuerto Internacional El Alto	A	16.506789°	68.167732°	A			
		I			T			
		E						
		A						

Fuente: Red MONICA del GAMEA

Esta tabla contiene la ubicación de los trece sitios de monitoreo principales del Municipio de El Ato., que fue obtenida de la Red MONICA. Se pueden observar los siguientes contaminantes:

a) Contaminación de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en El Alto.

Promedio aritmético total de los datos por punto de muestreo del contaminante de NO₂ en las distintas zonas de la ciudad de El Alto, se observa que no excede el límite permisible de 60 µg/m³.

Figura 3

Promedio total de los datos por punto de muestreo del contaminante de NO2



Fuente: Red MONICA del GAMEA

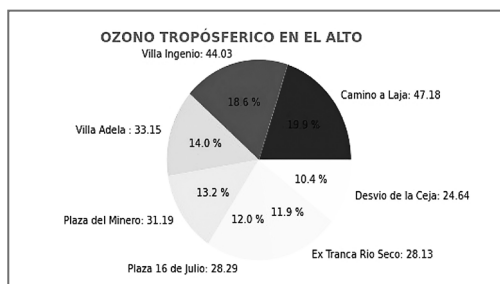
Esta figura muestra los porcentajes obtenidos del contaminante NO2, con datos del muestreo.

b) Contaminación de Ozono Troposférico O3 en El Alto

En la figura 4, se dan a conocer los datos registrados en meses del Gobierno Autónomo municipal de El Alto, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se puede ver que el dato promedio total del comportamiento de la contaminación de O3 en los puntos de monitoreo de la ciudad de El Alto, no exceden el límite permisible de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figura 4

Promedio total del comportamiento de la contaminación de O3



Fuente: Red MONICA GAMEA

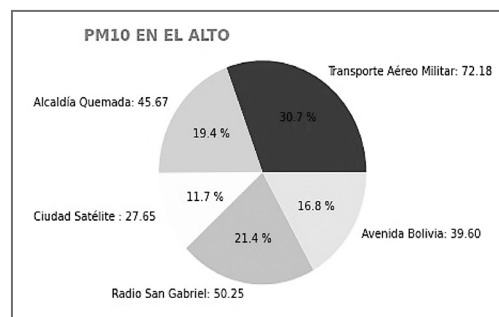
Esta figura muestra los porcentajes obtenidos del contaminante O3 con datos del muestreo.

c) Contaminación de PM10 en El Alto

El siguiente gráfico, da a conocer los datos por punto de muestreo del contaminante Material Particulado, PM10 de las distintas zonas de la ciudad de El Alto.

Figura 5.

Datos por punto de muestreo del contaminante Material Particulado, PM10



Fuente: Red MONICA del GAMEA

Esta figura muestra los porcentajes obtenidos del contaminante PM10, por punto de muestreo.

Luego de la obtención de los datos de la calidad del aire y los datos meteorológicos de las gestiones 2009 a 2020, se puede observar la calidad de datos, debido a fallas de sensores o actividades de mantenimiento u otros, contienen campos vacíos, por lo que es necesario, asignar un valor a estos datos calculando la media o la mediana del resto de los valores. Es decir, pasa por un proceso de limpieza para que los datos de esa BD sean de calidad y sirvan para obtener resultados cercanos al real.

Para posteriormente introducir al Modelo de Red neuronal LMTS para continuar con los siguientes pasos:

Construcción de la RNA

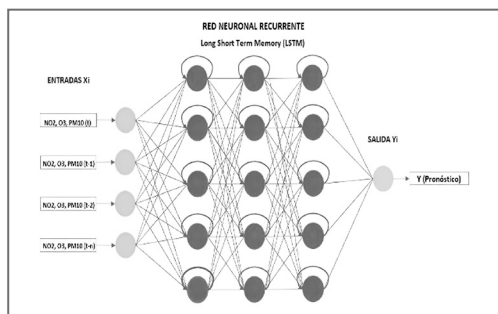
Se elije el tipo de red neuronal adecuado.

Esquema del prototipo de Red neuronal LMTS

- Capa de entrada tiene 150 neuronas.
- Capa de salida, con una neurona, que devuelve la salida.
- En sus capas ocultas, no existe ningún método para calcular el número ideal de neuronas, lo más común es hacer la prueba y error, donde se van incrementando o disminuyendo las neuronas hasta llegar al mejor resultado.

Figura 6.

Esquema del prototipo de Red neuronal LMTS



Fuente: Elaboración propia.

Esta figura muestra el prototipo de la red Neuronal LMS, identificando los datos de entrada y salida.

Los datos de entrada están conformados por los pasos temporales en meses que representan el tipo de contaminante atmosférico en la ciudad de El Alto.

Variables de entrada:

NO₂ (t), NO₂ ($t - 1$), NO₂ ($t - 2$), NO₂ ($t - 3$), ..., NO₂ ($t - n$)
 PM₁₀ (t), PM₁₀ ($t - 1$), PM₁₀ ($t - 2$), PM₁₀ ($t - 3$), ..., PM₁₀ ($t - n$)
 O₃ (t), O₃ ($t - 1$), O₃ ($t - 2$), O₃ ($t - 3$), ..., O₃ ($t - n$)

Cada variable de entrada es un entero que representa el grado de contaminación en El Alto según el tipo de contaminante.

Variable de salida: Y

Es una sola variable de salida, que es un dígito que representa la predicción con relación a los pasos temporales.

Posteriormente procede a estructurar el set de datos.

Haciendo uso de la librería Pandas se hace la lectura del set de datos en formato CSV, posteriormente se eliminan los valores nulos y caracteres especiales para no tener inconvenientes durante el entrenamiento.

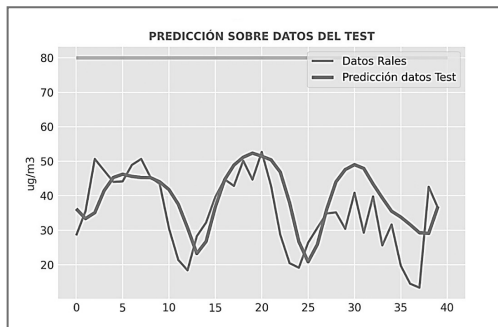
Luego se construyen los conjuntos de pruebas de entrenamiento, se utiliza el algoritmo de aprendizaje Backpropagation, se selecciona el 70% de los datos para el entrenamiento.

Se realiza el entrenamiento utilizando la función fit de Sklearn con un optimizador Adam y una función de pérdida mean_squared_error con un número de épocas de 400 a 1000. Se pasa de modo de entrenamiento a modo de ejecución, se seleccionan el 30% de los datos para el test.

Primero con el conjunto de entrenamiento y después con el conjunto de prueba.

Figura 7.

Predicción datos de prueba

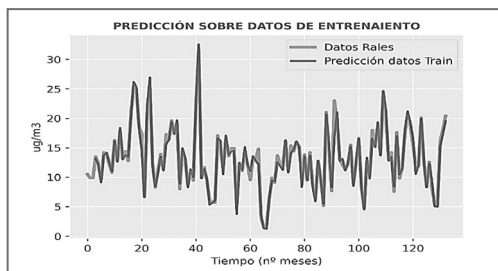


Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra los datos obtenidos durante la predicción sobre datos del test.

Figura 8.

Predicción datos de entrenamiento



Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra la predicción realizada con el modelo con datos del entrenamiento.

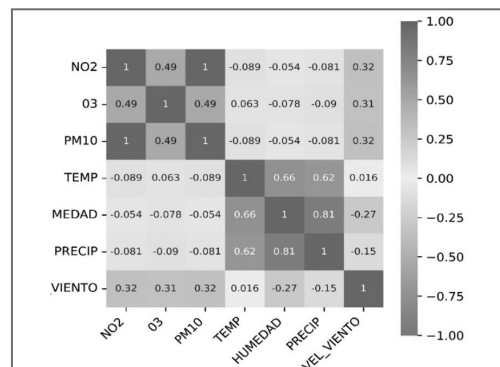
Finalmente se realiza la Correlación lineal de datos, que es un método estadístico con el que se cuantificó la relación que existente entre dos variables y se procedió a medir el tipo de asociación, empleando el método Pearson.

Consecuentemente Pandas permite calcular la correlación de dos series

columnas de un DataFrame. El cálculo se hace por pares.

Figura 9.

Diagrama de coeficiente de relación de Pearson



Esta figura muestra los resultados obtenidos en el diagrama de Pearson, que no excede los límites mínimos.

Según Pressman, R. S., & Troya, J. M. (1988), el resultado de la evaluación de una métrica o modelo que supera el 65% es aceptado, el 91.14 % encontrado es aceptable para el modelo.

4. RESULTADOS

Habiendo obtenido los resultados de las predicciones deseadas, se las comparan con los conjuntos de validación con alguno de los parámetros de comparación de errores.

A través de la Raíz del error medio cuadrático (RMSE- Root Mean Square Error, mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, RMSE amplifica y penaliza con mayor fuerza aquellos errores de mayor magnitud, siempre es positivo y un valor de 0 (casi nunca alcanzado en la práctica) indicaría un ajuste perfecto.

Por lo que se ha podido determinar la obtención de los datos desde la



estación de Red de Monitoreo de la Calidad del Aire, del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, de la Dirección de Gestión y Control Ambiental, para el conjunto de datos de entrada y salida por un periodo de 9 años (2009 - 2020). Mediante la librería Pandas de procesamiento matemático, los conjuntos de datos fueron divididos en datos de entrenamiento y prueba.

Se diseñaron y desarrollaron diferentes modelos de redes neuronales artificiales de tipo LSTM mediante la utilización de los siguientes parámetros de entrada: El tipo de contaminante atmosférico (valores numéricos ordenados secuencialmente) y un solo parámetro de salida: el contaminante atmosférico pronosticado. Se diseñaron grupos de experimentos uno por cada contaminante atmosférico para determinar obtener parámetros óptimos del modelo.

Para determinar el nivel de confianza del modelo, se hacen las pruebas al modelo, con datos que el modelo nunca vio durante su entrenamiento, así mismo el método para determinar el nivel de confianza se utiliza la herramienta estadística denominada Raíz del error medio cuadrático, para ello Python dentro de sus herramientas tiene la función `math.sqrt()` para calcular la Raíz, también tiene la función `mean_squared_error()` que permite calcular el error medio cuadrático de dos conjuntos de datos.

Tabla 3.

Comparación de datos generados por el modelo

VALORES REALES	VALORES PRONÓSTICADOS
20.2429	20.3339
21.9857	22.2042
26.2571	24.6768

22.8	22.8256
28.1714	28.2198
25.5	25.636
22.5	22.8784
20.1286	21.682
14.2	20.9193
7.15714	23.9983
7.15714	19.4269
16.9	18.867

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra el resultado de las comparaciones de los datos reales y los datos generados por el modelo.

Tabla 4

Resultados del cálculo de error del modelo

MODELO RED NEURONAL RECURRENTE LSTM	Cálculo del error del modelo (RMSE)	Confianza del modelo
Ozono Troposférico O3	3.27	96.73%
Dióxido de Nitrógeno NO2	5.15	94.85%
Material Particulado PM10	6.56	93.44 %
PROMEDIO		95.066 %

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra el resultado de los cálculos realizados por el modelo.

5. CONCLUSIONES

Los niveles de concentración de la contaminación registrados en la Ciudad de El Alto se encuentran por debajo de los límites establecidos

por la organización mundial de la salud. Se observa que el incremento de la contaminación está ligado con el aumento de la velocidad del viento y la temperatura.

El modelo propuesto permite obtener la predicción de la contaminación atmosférica en la Ciudad de El Alto.

El uso de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) de tipo LSTM, resulta adecuado para este tipo de investigación, debido a las limitaciones de información y variables medidas.

Se realizó la validación de la red neuronal diseñada, con la finalidad de ver la capacidad de generación de predicciones obteniendo resultados aceptables. Para profundizar en esta línea de investigación se recomienda usar más variables que influyen en la contaminación como, la velocidad del viento, estaciones, horarios laborales y otros. Sin embargo, no existe un criterio para establecer que variables deben ser usadas en la predicción de los contaminantes atmosféricos.

También se recomienda informar a la población de la ciudad del El Alto, los efectos que causa los contaminantes más significativos del aire y así se pueda evitar generarlos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arana, C. (2021). *Redes neuronales recurrentes: Análisis de los modelos especializados en datos secuenciales* (No. 797). Serie Documentos de Trabajo.
- Aránguez, E., Ordóñez, J., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (marzo de 1999). *Contaminantes Atmosféricos y su Vigilancia*. *Rev Esp Salud Pública* 73, 123-132.
- Basogain, X. (2008). *Redes neuronales artificiales y sus aplicaciones*. Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática, Escuela Superior de Ingeniería Bilbao. Open Course Ware.
- Cachi, A. C., Pari Mita, J. L., & Zalles Velazco, L. (2016). *Informe Municipal de Calidad del Aire Gobierno Autónomo Municipal de El Alto*
- Camilloni, I., & Vega, C. (2011). *La Atmosfera. Explora las Ciencias en el mundo Contemporáneo*.
- Challenger, I., Díaz, Y., & Becerra, R. A. (abril-junio de 2014). *El lenguaje de programación Python*. *Ciencias Holguín, Revista trimestral*, XX (2), 1-13.
- Decreto Supremo N.º 24176 del 8 de diciembre de 1995. Reglamento de la Ley de Medio Ambiente N° 1333.
- Meléndez, S., Gaitán, M., & Pérez, N. (2016). *Metodología ágil de desarrollo de software y programación extrema*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- La Norma Boliviana 62011:2008 que cuenta con límites máximos permisibles concordantes con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Pressman, R. S., & Troya, J. M. (1988). *Ingeniería del software*.

PERCEPCIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO, PEDAGÓGICO Y DE CONTENIDO SOBRE EL MARCO TPACK EN UNIDADES EDUCATIVAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO

PERCEPTION OF TECHNOLOGICAL, PEDAGOGICAL AND CONTENT KNOWLEDGE ABOUT THE TPACK FRAMEWORK IN EDUCATIONAL UNITS OF THE CITY OF EL ALTO

Yolanda Escobar Mancilla¹
Jhiliar Wilson Ali Colque²

¹Ingeniero de Sistemas
Docente Universitario – Universidad Pública de El Alto
El Alto - Bolivia

² Investigador Independiente – Universidad Pública de El Alto
El Alto - Bolivia

RESUMEN

Los maestros utilizan Internet para ayudar a encontrar recursos para integrar la tecnología en sus aulas en una variedad de formas. Una buena aportación de la tecnología ha cambiado la forma de enseñar; sin embargo, la mayoría de las tecnologías desconoce el diseño para la educación, con el marco TPACK puede tender un puente entre la pedagogía y la tecnología adecuada para la enseñanza. TPACK es un marco que describe la comprensión de los maestros de las interacciones interrelacionadas entre tecnología, pedagogía y el conocimiento del contenido. En la investigación realizada se planteó como objetivo, investigar cómo los maestros perciben su conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido sobre el marco TPACK en el servicio a la educación de la ciudad de El Alto. Se estudia la experiencia de maestros de una unidad educativa nivel primario con experiencia en tecnología, por lo cual el enfoque de investigación aplicado es cualitativo. El alcance de la investigación es exploratorio, los resultados obtenidos dan a conocer que los maestros carecen de integración de la tecnología, pero perciben que son buenos en la labor pedagógica.

Palabras clave:

TPACK, pedagogía, Tecnológico, Pedagógico, Contenido Conocimiento, recursos tecnológicos.

ABSTRACT

Teachers use the Internet to help find resources to integrate technology into their classrooms in a variety of ways. A good contribution of technology has changed the way of teaching; however, most technologies are unaware of design for education, with the TPACK framework you can bridge the gap between pedagogy and the right technology for teaching. TPACK is a framework that describes teachers'



understanding of the interrelated interactions between technology, pedagogy, and content knowledge. In the research carried out, the objective was to investigate how teachers perceive their technological, pedagogical and content knowledge about the TPACK framework in the service to education in the city of El Alto. The experience of teachers of a primary level educational unit with experience in technology is studied, for which the applied research approach is qualitative. The scope of the research is exploratory, the results obtained reveal that teachers lack integration of technology, but perceive that they are good at pedagogical work.

Keywords:

TPACK, pedagogy, Technological, Pedagogical, Content Knowledge, technological resources.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente con el uso de la tecnología en el sector educativo permite y promueve la adquisición de habilidades, conocimientos y la ampliación de horizontes personales y que puede tener lugar en muchos entornos, el estudiante puede adquirir otros aprendizajes de manera autónoma; por lo tanto, es esencial encontrar la mejor manera de proporcionarles el acceso digital a nuevos recursos tecnológicos para que desde temprana edad se vaya familiarizando con ello. La educación en los actuales momentos, requiere nuevos métodos y técnicas para poder impartirse según Triana & Rizzo (2017), "en la educación moderna, integrar la tecnología como herramienta de apoyo para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje se ha convertido hoy por hoy ya no en una opción sino en una obligación de los planteles educativos" (pág. 10). Proveer a los educandos las herramientas que necesitan para que acorde a la época que nos encontramos, según Italo y Lara (2016), "encuentren el camino que les lleve alcanzar los conocimientos que requieren" (pág.1). Como la tecnología avanza a pasos gigantescos, actualmente se tiene

nuevas definiciones para términos tecnológicos, de esta manera expertos como Barroso y Cabero (2018) afirman que: el conjunto de recursos, wikis, redes sociales y blogs que facilitan las plataformas convencionales de código abierto (Moodle, Canvas, Chamilo, etc.), las comerciales (Blackboard, Docebo, Schoology, etc.) o de software libre (Dokeos), descontextualizadas de ellas, en un marco Web 2.0 adquieren un sentido más profundo.

Es importante denotar la actuación de la Web en las unidades educativas presentan novedades esenciales para los procesos de enseñanza aprendizaje, un lado, el Internet que brinda la oportunidad tanto a maestros como estudiantes de desarrollar su creatividad y se ha de tener una destreza mínima en el manejo de recursos digitales de la Web 2.0, como edición, audios, videos, textos, etcétera, en diferentes formatos Cabero y Llorente (2008); Cabero y Romero (2010) y, por otra, se ha de saber interactuar virtualmente tanto de forma sincrónica como asincrónica Brazuelo y Gallego, (2011) y es que las primeras experiencias

con ordenadores como por ejemplo programas de instrucción, enseñanza asistida por ordenador o computadora (EAO) VV. AA.. (1997), tutor inteligente (para apoyar el aprendizaje, móvil para la enseñanza), etc., abocaban al estudiante al aislamiento ya que solo se podía trabajar con la máquina de forma individual.

En esta investigación se enfoca en conocer la percepción de maestros de primaria, centrándose sobre un período de transición del modo de enseñanza durante y después de la pandemia del coronavirus que se conoce como COVID-19 y precisar cómo esta condición convierte las percepciones de los maestros sobre sí mismos en el uso de la tecnología en práctica de enseñanza y aprendizaje. Esta condición se vuelve crucial en la educación. Las escuelas y colegios están volviendo temporalmente a las clases presenciales y semipresenciales, el gobierno toma el camino del aprendizaje en clases virtuales por medio de Tele Clases a través de la televisión y radio estatales, libros del ministerio de educación y plataformas educativas.

El aprendizaje como solución. Dhawan (2020) reveló que el aprendizaje en línea se define por la capacidad de aprender desde cualquier lugar, en cualquier momento, en cualquier ritmo y con cualquier método utilizando una computadora conectada a una red. Sin embargo, el aprendizaje en línea es inseparable de los factores que lo obstaculizan, como la mala calidad de Internet, conexión, situación conductiva en el hogar, la asignación de tiempo limitado para cada reunión, pobre concentración del aprendizaje y el costo de la tecnología en línea según Rasheed et al. (2020). Esto significa los maestros

deben pensar cuidadosamente sobre el potencial de la tecnología para resolver problemas pedagógicos al diseñar el aprendizaje en línea. Algunos tecnólogos educativos y el lenguaje asistido por computadora Learning (CALL) adoptan una postura más crítica hacia el uso de la tecnología en la educación, y creen que la tecnología solo es efectiva cuando sus atributos y posibilidades se alinean con el contenido del tema y teorías asociadas de aprendizaje y prácticas de enseñanza Mishra y Koehler (2006). Enfoques pedagógicos para el conocimiento del contenido a los estudiantes Koh et al. (2016). Una forma de apoyar el uso de la tecnología en el aprendizaje es usar un marco para integrar temas complejos de contenido conocimiento, pedagogía y tecnología.

Este conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) fue presentado por Mishra y Koehler (2006) desarrollaron sobre el marco conceptual desarrollado por Shulman (1986) sobre

Conocimiento pedagógico y de contenido. Históricamente, Shulman propuso el modelo consta de tres áreas de conocimiento. Conocimiento pedagógico (PK se ocupa de los métodos y el proceso de enseñanza cubre el conocimiento en la gestión del aula, la evaluación, el plan de lección desarrollo y aprendizaje de los estudiantes), conocimiento del contenido (CK se ocupa del conocimiento de la materia que se va a aprender o enseñar) y PCK se refiere al conocimiento del contenido que se ocupa del proceso de enseñanza.

Este conocimiento implica una estrategia de enseñanza diferente apropiada para las representaciones



conceptuales para abordar el aprendizaje. dificultades y malentendidos, fomentando una comprensión significativa. El modelo de agregar la tecnología al contenido y la pedagogía, representa cómo se utiliza pedagógicamente la tecnología para enseñar contenidos. Mishra y Koehler (2006), llamaron al modelo TPACK que es anteriormente conocido como TPCK pronunciado como "tee-pack" para facilitar la pronunciación Schmidt, Baran, Thompson, Mishra, Koehler y Shin, (2009), que consta de siete partes y lo presentan como un diagrama de Venn con círculos superpuestos. Los tres círculos en este modelo describen áreas de conocimiento del maestro (CK, TK y PK) y las cuatro partes superpuestas indican la integración entre estos tres círculos se describen a continuación. TK se refiere al conocimiento de varias tecnologías que van desde la baja tecnología hasta la alta tecnología. Los ejemplos de tecnología que se utilizan son las computadoras, proyectores, video digital, pizarras interactivas y programas de software aplicando un método distinto de enseñanza, el cual, haciendo uso de la tecnología, permite dar paso a la educación virtual u online y el estudiante debe, por tanto, desarrollarsucompetenciatecnológica unida a tres tipos de acciones educativas: gestionar la información, crear contenidos y difundir y construir redes de aprendizaje (Wheeler, 2009). Tecnológico Pedagógico Conocimiento (TPK) representa el conocimiento de cómo se pueden utilizar varias tecnologías en la enseñanza, y comprender que el uso de la tecnología puede cambiar la forma de enseñar. Contenido Tecnológico Conocimiento (TCK) asume el conocimiento de cómo la tecnología puede crear nuevas

representaciones para contenido específico. Y, por último, TPACK trata sobre los conocimientos que requiere el maestro para integrar tecnología en la enseñanza en cualquier área de contenido.

Los maestros esperan ayudar a sus estudiantes a aprender contenido mediante el uso de tecnología específica utilizando estrategias didácticas específicas. Este marco, TPACK, ha ganado mucha atención Mishra y Koehler (2006). Hay un incremento debido a la necesidad e interés en este marco. En resumen, TPACK es un marco que proporciona la visión y el conocimiento de los maestros en el diseño de planes de lecciones para que un aprendizaje sea un proceso significativo según Draji et al. (2020). El éxito de aprender usando este marco también ahorrará el tiempo de los maestros es efectivo y eficiente. Huseyin Oz (2015) afirma en su estudio.

Por lo tanto, los maestros no sólo tienen que dominar la materia o el contenido, sino que también tienen que dominar otros factores como la gestión del aula, las estrategias de aprendizaje, los métodos de aprendizaje y el dominio de los enfoques pedagógicos para el conocimiento del contenido a los estudiantes. Una forma de apoyar el uso de la tecnología en el aprendizaje es usar un marco para integrar temas complejos de contenido conocimiento, pedagogía y tecnología.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en el propósito de la investigación, se aplicó el alcance de investigación exploratoria.



La revisión datos estadísticos con acceso a TIC en La Paz – Bolivia; según el área, departamento, edad en el periodo 2012-2021 según del Instituto Nacional de Estadística del Estado Plurinacional de Bolivia, mismas que proporcionaron información para la investigación.

Esta investigación empleó el enfoque cualitativo, con dieciséis maestros de nivel inicial, participaron en esta investigación. La técnica de instrumentos de recogida de datos se

utiliza cuestionario a maestros. Esta técnica es una serie de cuestionarios con preguntas formuladas desde herramienta formulario de Google, con el objetivo de obtener información y así poder rediseñar el trabajo.

Las herramientas del uso tecnológico pedagógico son los medios de aprendizaje en línea al servicio de la educación. Planes de lecciones, resultados de evaluaciones y documentación de datos que se en la siguiente Figura 1:

Figura 1

Herramientas del uso tecnológico pedagógico

1. PROGRAMAS DE SOFTWARE:	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
	Programas de Office	Microsoft Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook Publisher, Access
	GOOGLE	- Educación: Classroom, Google Meet, Google Tareas. Google Jamboard. Google Formularios. Blogger. Google Académico. Google Sky. Google Arts & Culture. - Almacena, comparte y da acceso a sus archivos DRIVE.
2. EL MÓDULO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE:	Se han de poder implementar en este entorno todos los servicios que se requieren para el óptimo desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.	Tanto en el diseño como en el proceso de implementación de entornos de formación a distancia y de trabajo colaborativo se han utilizado aplicaciones de Internet y herramientas para la presentación de los materiales en formato multimedia. Desde el punto de vista de su uso, se clasifican estas aplicaciones en dos apartados:
		Herramientas de comunicación/colaboración: Orientadas a facilitar la comunicación y el uso de la información tanto a nivel individual como a nivel grupal. - Asíncrona: pensadas para la comunicación en tiempo no real (correo-e, foro). - Síncrona: pensadas para los procesos de comunicación en tiempo real (chat, audio-videoconferencia Zoom, Meet).
		Herramientas de navegación y búsqueda: orientadas a facilitar al usuario la búsqueda y recuperación de la información en función de sus necesidades.
3. PLATAFORMAS COMERCIALES	BLACKBOARD	- Módulo de contenidos. - Herramientas de comunicación, evaluación y seguimiento y gestión de aprendizaje.
	EDU2.0	- Gratuito (en algunos casos) y fácil de utilizar: incluye transmisión de noticias parecidas a las de Facebook y otras redes sociales. - Soporte SCORM integrado facilita la reutilización de los módulos estándar de aprendizaje.

	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
	Programas de Office	Microsoft Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook Publisher, Access
3. PLATAFORMAS COMERCIALES	FIRSTCLASS	• Funciona en la nube, foros. Servicio de e-mail privado. • Herramienta de contactos que permite compartir datos con otros usuarios. Creación de perfil personal, mensajería instantánea. • Creación de web personal sin tener conocimientos de HTML.
4. PLATAFORMAS DE SOFTWARE LIBRE	MOODLE	• Se basa en una aproximación constructiva del aprendizaje enfatizando que tanto los estudiantes como los maestros pueden contribuir a la experiencia educativa de varias maneras. • Foros, glosarios, Wikis, tareas, Quizzes, encuestas, bases de datos (entre otras) y cada una puede ser adaptada a las necesidades propias de cada curso.
	CLAROLINE	• Publicación de recursos en cualquier formato de archivo, foros de discusión públicos y privados, administración de listas de enlaces, creación de grupos de estudiantes.
	CHAMILO	• Interacción (foros, chats, compartir archivos, anuncios, grupos, tareas, wiki, usuarios, encuestas, notas personales, redes sociales, glosarios). • Contenido: lecciones, gestionar un curso, evaluaciones, asistencia, enlaces, glosario, administración de documentos, avances temáticos, ejercicios (en forma de preguntas y exámenes con control de tiempo).

Nota: Elaboración propia en base a uso tecnológico pedagógico son los medios de aprendizaje en línea.

3.DISCUSIÓN

El objetivo es conocer la percepción de los maestros respecto al conocimiento, pedagogía y tecnología sobre el marco TPACK en el servicio a la educación de la

ciudad de El Alto. En la siguiente Figura 2 describe los siete dominios de TPACK con la categoría más alta, suficiente o más baja de cada dominio.

Figura 2

Aplicación del marco TPACK

DOMINIO TPACK	USOS TECNOLÓGICO-PEDAGÓGICO	VALOR PROMEDIO	CATEGORIZACIÓN
Conocimiento Tecnológico (TK)	Puedo usar programas de Office (p. ej. Word, Power Point, etc.)	4,83	Alto
	Puedo crear multimedia (por ej. videos, Google Forms, Google Drive, Gmail, etc.), usando texto, imágenes, sonido y video		



DOMINIO TPACK	USOS TECNOLÓGICO-PEDAGÓGICO	VALOR PROMEDIO	CATEGORIZACIÓN
Conocimiento del contenido (CK)	Puedo expresar mis ideas y sentimientos hablando sobre el contenido mínimo.	4,83	Alto
	Me mantengo al día con la nueva tecnología		
Conocimiento pedagógico (PK)	Puedo reflejar la experiencia que tengo obtenido de maestro profesional programas de desarrollo en mi proceso de enseñanza	4,17	Bajo
	Puedo colaborar con los estudiantes, padres y maestros para apoyar estudiante aprendiendo		
Conocimiento pedagógico del contenido (PCK)	Puedo manejar el aprendizaje ambiente en el aula	4,33	Alto
	Puedo usar la enseñanza apropiada métodos y técnicas para apoyar estudiantes en el desarrollo de su lenguaje habilidades		
Conocimiento del contenido tecnológico (TCK)	Puedo beneficiarme del uso de la tecnología (por ej. conferencias web y foros de discusión) para contribuir de forma remota a una multilingüe comunidad	4,50	Alta
	Puedo usar herramientas de colaboración para trabajar en colaboración con extranjeros (por ej. GoogleDoc, Google Drive, Google Formularios, Zoom, etc.)		
Tecnológico Pedagógico Conocimiento (TPK)	Puedo satisfacer las necesidades individuales de estudiantes usando información tecnología	4,33	Alto
	Puedo usar multimedia como videos y sitios web para apoyar a los estudiantes aprendizaje.		
Contenido Pedagógico Tecnológico Conocimiento (TPCK)	Puedo apoyar a los estudiantes mientras usan tecnología para apoyar su propio desarrollo de habilidades de contenidos	4,67	Alto
	Puedo apoyar a mi profesional desarrollo mediante el uso de la tecnología herramientas y recursos para continuamente mejorar la enseñanza.		

Nota: Elaboración Propia en base a conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK)

En el dominio TK anterior presentado en la Figura 2, con un valor promedio de 4.83, indicó el más alto conocimiento tecnológico del maestro. Este resultado también estuvo de acuerdo con las declaraciones de varios maestros, "Sí, es muy necesario. Especialmente durante una pandemia como ahora, aprender sin la tecnología no va a funcionar", "Es muy necesario, porque el mundo de la educación se desarrolla y sigue los tiempos y no puede huir de la tecnología que también influye en el desarrollo del

mundo de la educación". "Sí, creo que es necesario tener conocimientos de tecnología... clases... los estudiantes de hoy están muy familiarizados con la tecnología". Esto mostró su percepción positiva de la tecnología y concede importancia a la existencia de la tecnología. Sin embargo; con respecto a los obstáculos que enfrentaron maestros y estudiantes respecto el aprendizaje en línea usando tecnología incluye señales, cuotas, falta de soporte del dispositivo en el móvil teléfonos



y aplicaciones pagas. En cuanto a la propiedad de dispositivos como celulares para uso en línea aprendizaje, se informó que más estudiantes tienen teléfonos celulares que los que no, como se evidencia en la afirmación. "Muchos ya tienen celular propio, pero también hay algunos que no tienen".

En el dominio CK, con un valor promedio de 4,83, indicaron los más altos conocimiento del contenido del maestro, "Puedo expresar mis ideas y sentimientos hablando" significa que tenían confianza en su conocimiento del contenido en el proceso de enseñanza aprendizaje y se espera que sus conocimientos puedan ser bien explicados a los estudiantes.

En el dominio PK, con un valor promedio de 4,17, el indicaron el menos alto conocimiento pedagógico del maestro, "Puedo usar métodos y técnicas de enseñanza apropiados para el entorno de aprendizaje" y "Puedo reflejar la experiencia que he obtenido de la experiencia profesional docente". programas de desarrollo en mi proceso de enseñanza". Indicó que los docentes manifestaron bien a sus enseñanzas y pueden implementar su programa de desarrollo profesional. Esto se puede decir que es bueno en PK. Mirando la sesión de entrevista, "Hasta ahora no han recibido capacitación tecnológica en la escuela... me insta a ser autodidacta..." dijo que no recibieron capacitación en el uso de la plataforma por parte de la escuela por lo que estudiaron por su cuenta, pero manifestaron que habían asistido a la capacitación y podían aplicarla bien en clase para hacer sus clase más interactiva "Sí, hace poco participé en una capacitación tecnológica en el aprendizaje", "Sí, asistí a capacitaciones

que cubrían tanto el campo de la educación, educación primaria como el tecnológico desarrollos". Se puede concluir que la formación en tecnología de los docentes no ha sido uniformemente distribuida, tal vez las sugerencias para las partes interesadas con este hallazgo deberían poder proporcionar más formación equitativa a los docentes en las escuelas, esto es considerando las necesidades de los docentes en este momento y su entusiasmo por aprender a usar la tecnología. Se puede obtener también que consideraron conocimientos de CT y PK para ser importante, igualmente importante, pero muchos de ellos respondieron que tenían más control sobre PK por ciertas razones como se evidencia en la siguiente declaración, "Estoy más en la pedagogía", "Ah sí pedagógico", "Creo que por ahora lo que mejor domino es el conocimiento sobre la pedagogía". Entonces se puede concluir que son buenos en su PK y suficientes en su TK.

Por lo tanto, este hallazgo no estaba en consonancia que los resultados indicaron que los maestros en formación carecen de conocimientos pedagógicos, pero percibieron que eran buenos para integrar la tecnología en su enseñanza.

4. CONCLUSIONES

Luego de haber recopilado la información, se considera que se trata de una línea de investigación relevante y viable, por lo que se corrobora la pregunta de investigación inicial y se lleva al siguiente nivel en el ámbito investigativo sobre la perspectiva TPACK, los resultados del análisis se pueden utilizar como información para que los maestros presten más atención a los esfuerzos para implementar tecnología en el aprendizaje, se pueden

utilizar como consideraciones para futuras investigaciones que sean más detalladas o específicas sobre la plataforma utilizada.

Los maestros de nivel inicial, participaron en esta investigación. La técnica de instrumentos de recogida de datos se utiliza cuestionario y las respuestas dadas al valor promedio en el cuestionario, muestra que la mayoría de los maestros de primaria en la unidad educativa Corea del Norte en la ciudad de El Alto, tenía suficiente conocimiento de la capacidad de utilizar la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje, como encontrado en los resultados mostró que los maestros en formación carecen de integración de la tecnología, pero percibieron que eran buenos en el conocimiento pedagógico. Esto fue, por supuesto, debido a las barreras de la tecnología.

En sí mismo, como problemas de red, el costo de la tecnología en línea, teléfonos celulares no compatibles, falta de uso técnico de la plataforma y formación desigual en el uso de determinadas plataformas para el aprendizaje. Esto puede ser una entrada que las partes interesadas presten más atención a las necesidades de los docentes y los estudiantes porque las demandas de los tiempos son cada vez más cruciales.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Barroso, J y Cabero, J. (2013). Replanteando el eLearning. *Revista Campus Virtuales*, 2(7), 76-87. <http://www.uaajournals.com/campusvirtuales/journal/3/6.pdf>.
- Boneu, J. M. (2007). Plataformas abiertas de eLearning para el soporte de contenidos educativos abiertos, *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 1(4).
<http://www.uoc.edu/rusc/4/1/dt/esp/boneu.pdf>
- Brazuelo, F y Gallego, D. (2011). *Mobile learning*, Alcalá de Guadaira.
- Cabero, J y Llorente, M. C. (2008). La alfabetización digital de los alumnos. Competencias digitales para el siglo XXI, *Revista Portuguesa de Pedagogía*, 42(2), 28.
<http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/jca26.pdf>
- Cabero, J y Romero, R. (2010). Análisis de buenas prácticas del e-learning en las universidades andaluzas, *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 1(1), 283-309. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201014897012>
- Dhawan, S.(2020). Aprendizaje en línea: una panacea en tiempos de crisis de COVID-19. *Revista de Sistemas de Tecnología Educativa* 49(1), 5-22.
<https://revistas.uam.es/reice/article/view/15800>
- Huseyin, Ö. (2015). Evaluar el conocimiento del contenido pedagógico tecnológico de los profesores de inglés como lengua extranjera antes del servicio. *Estudios de Educación Internacional*, 8 (5), 119-130.
- Italo, M. y Lara, P. (2016). Estrategias didácticas para promover la utilización de entornos virtuales de aprendizaje en el colegio Alfredo Pérez Guerrero ubicado en la provincia de Chimborazo cantón Guano. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/5302/1/PIUAMCI002-2016.pdf>



- Koh et al., (2016). Desarrollo profesional docente para TPACK-21CL: Efectos en las TIC docentes Integración y Resultados Estudiantiles. Revista de Investigación en Informática Educativa.
<https://doi.org/10.1177/0735633116656848>.
- Luik, P., Taimalu, M., y Suviste, R. (2018). Percepciones del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenidos (TPACK) entre futuros docentes en Estonia. Revista Educación y Tecnologías de la Información, 23(2), 741-755
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-017-9633-y>
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2009). ¿Qué es el conocimiento del contenido pedagógico tecnológico. Revista Problemas en tecnología y formación docente, 9(1), 60-70.
- Mishra, P. y Koehler, Matthew J. (2006). Conocimiento Tecnológico. Revista Pedagógico del Contenido. 108(6), 1017-1054.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.
- Shulman, L. S. (1986). Saber y enseñar: Fundamentos de la nueva reforma, Revista Harvard Educational 57(1), 1-23.
- Triana, W. y Rizzo, P. (2017). Canales virtuales de comunicación como estrategia innovadora en el proceso de inter-aprendizaje del bachillerato técnico. Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32089>
- Wheeler, S. (2009). Mashups de espacios de aprendizaje: combinación de herramientas Web 2.0 para crear espacios de aprendizaje colaborativos y reflexivos
<https://www.mdpi.com/1999-5903/1/1/3/htm>

APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ON-LINE PARA EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA BRAILLE

APPLICATION OF AN ON-LINE TOOL FOR LEARNING BRAILLE READING

Reynaldo Javier Zeballos Daza¹
Lidia Máxima Rodríguez Choque²

¹Magister Scientiarum en Ciencias de la Computación
Magister Scientiarum en Software Libre y Estándares Abiertos
Licenciado en Informática
Docente Universitario - Carrera Ingeniería De Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

²Licenciada en Ingeniería de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería De Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

RESUMEN

Las personas con discapacidad visual, al igual que todas las personas, necesitan leer y escribir para acceder a la educación, a la cultura y, en general, a la información y a la comunicación escrita. El Braille, es el código que en la actualidad permite a los privados de vista del mundo entero, alcanzar este objetivo fundamental. El sistema Braille, es ante todo un medio de comunicación alternativo a la visual, que pone en marcha mecanismos psíquicos y neurofisiológicos por completo diferentes a los implicados en la lectoescritura convencional a través del sentido de la vista. Por ello como propósito de este trabajo, se desarrolla la Aplicación de una Herramienta On-Line para el Aprendizaje de la Lectura del Braille. Un sistema fácil e intuitivo que permitirá, con la práctica necesaria, leer textos que estén escritos en el Sistema Braille.

Palabras clave:

Sistema Braille, Herramienta On-Line.

ABSTRACT

People with visual disabilities, like all people, need to read and write to access education, culture and, in general, information and written communication. Braille is the code that currently allows blind people around the world to achieve this fundamental goal. The Braille system is, above all, an alternative means of communication to the visual one, which sets in motion psychic and neurophysiological mechanisms completely different from those involved in conventional literacy through the sense of sight. Therefore, as the purpose of this work, the Application of an On-Line Tool for Learning Braille Reading is developed. An easy and intuitive system that will allow, with the necessary practice, to read texts that are written in the Braille System.



Keywords:

Braille System, On-Line Tool.

1. INTRODUCCIÓN

La visión o sentido de la vista es una de las principales capacidades sensoriales de los humanos y de otros animales, siendo considerado también, como el más desarrollado de los cinco sentidos que tenemos. Es un sentido que nos permite percibir nuestro entorno y responder ante el mismo. (Solórzano S., 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las tasas de participación en el mercado laboral de los adultos con deterioro de la visión, a menudo son más bajas, y suelen registrar tasas más altas de depresión, y ansiedad. En los niños puede llegar a causar retrasos en el desarrollo motor, lingüístico, emocional, social y cognitivo, con consecuencias para toda la vida. (OMS, 2022).

Debido a esto, cuando una persona sufre o presenta una deficiencia visual, se afecta significativamente su calidad de vida, y más aún cuando se llega a un estado de ceguera. En 1829 el francés Louis Braille vio la necesidad de implementar un sistema que permitiera a las personas con dificultades o discapacidades visuales, el acceso al aprendizaje y a la cultura, y además permitiera también su comunicación y expresión; tratándose del sistema Braille, un sistema que pese a su antigüedad, no ha sido remplazado por ningún otro, sin embargo, gracias a las todas las tecnologías existentes y los recursos informáticos a los que tenemos acceso hoy en día, se ha buscado mejorar, y facilitar su

aprendizaje y enseñanza. (Torres, A. 2013)

En la presente investigación se propone el uso de una herramienta desarrollada para la lectura del sistema braille y su enseñanza

Planteamiento Del Problema

El código Braille permite a las personas ciegas involucrarse tanto en el ámbito social, como laboral, debido a que es el medio de comunicación mediante el cual pueden desempeñarse dentro de la sociedad.

Millones de personas ciegas o con deficiencia visual presentan escaso o ningún acceso a libros o sitios web, que proveen información educativa, a través de los cuales pueden capacitarse y adquirir conocimientos. Aproximadamente de 6 millones de niños en todo el mundo con discapacidad visual, 4.4 millones viven en medios con escasos recursos y no reciben educación.

Para tener la posibilidad de cambiar esta realidad existen cursos del código braille pero muy poco material didáctico disponible para la práctica del mismo cuando se esta en la etapa de iniciación del aprendizaje del sistema Braille.

Objetivo General

Aplicar una herramienta on-Line que permita ayudar a la iniciación del



aprendizaje de las personas que estudian el sistema braille, enfocado a la lectura, considerando la implementación de las 4 series del sistema braille como niveles de dificultad.

Planteamiento De La Hipótesis

La herramienta desarrollada ayuda consistentemente las prácticas de lectura del sistema braille.

Justificación

La justificación del presente trabajo gira entorno al ámbito social ya que con la aplicación de una herramienta On-Line se pretende ampliar los conocimientos de los docentes, para de esta manera los mismos puedan llegar con la educación a sectores imposibilitados como de las personas ciegas en aras de la inclusión.

Alcances

Se tiene como alcance, desarrollar la herramienta en cuatro niveles de dificultad y solo contemplando la lectura del sistema braille.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Estructura Del Sistema Braille

El sistema Braille se adecua estructural y fisiológicamente a las características del sentido del tacto. Se adapta perfectamente a las terminaciones nerviosas de la yema de los dedos, y así los signos son transmitidos al cerebro, como una totalidad.

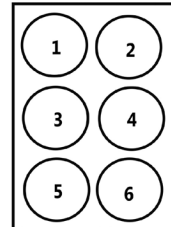
Este sistema está diseñado para ser utilizado a través del tacto, por medio de puntos en relieve. La unidad básica o signo generador es el cajetín o celdilla.

Cada letra o signo se representa en un solo cajetín, en el que aparecen o no los

6 puntos en relieve (ver la Figura 1), que son percibidos a través del tacto por las yemas de los dedos.

Figura 1.

Cajetín para lectura braille

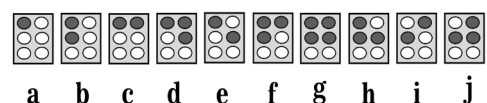


Mediante las diferentes combinaciones de puntos en un mismo cajetín se pueden obtener 64 formas distintas de disposición de los puntos, incluyendo el cajetín en blanco, que se utiliza para separar las palabras. Como el número de posibilidades es limitado, por economía del sistema, un mismo signo Braille puede significar cosas distintas, según el contexto donde lo utilizemos o si le antepongamos otro signo. Por esta razón, el Braille es un sistema y no un simple alfabeto ya que, utilizando sus 64 combinaciones se han desarrollado distintos códigos: para matemáticas, ciencias, música, estenografía (Braille abreviado), signografía específica para diferentes idiomas, etc. El código está diseñado de manera lógica, mediante series (Ministerio de educación, 2022):

1º serie: se utilizan únicamente los cuatro puntos superiores: 1,2,4,5 (ver la Figura2) y con ellos se forman las diez primeras letras del alfabeto

Figura 2.

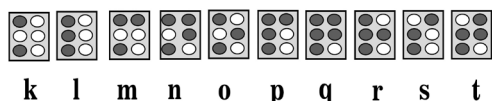
Cajetines usados en la Primera serie



2º serie: se forma con los puntos de la primera serie, añadiéndoles el punto número 3 (ver la Figura 3) y, así, obtenemos las siguientes letras, a excepción de la letra ñ (conviene recordar aquí que Luis Braille era francés).

Figura 3

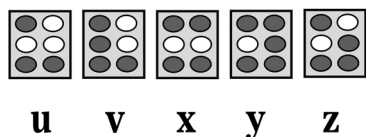
Cajetines usados en la Segunda serie



3ª serie: se forma con los puntos de la serie 2ª, añadiendo el punto número 6. (ver la Figura 4)

Figura 4.

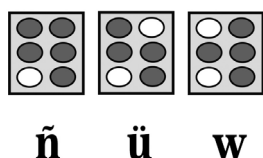
Cajetines usados en la Tercera serie



4ª serie: son los elementos de la 1ª serie, añadiendo el punto número 6. (ver la Figura 5)

Figura 5.

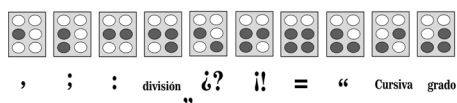
Cajetines usados en la Cuarta serie



5ª serie: son los signos de la primera serie, pero utilizando los puntos de la mitad inferior de la celdilla o cajetín, (ver la Figura 6). Así, conseguimos los signos de puntuación

Figura 6.

Cajetines usados en la Quinta serie



Proceso De Alfabetización En Braille

La mayoría de niños ciegos logran beneficiarse de este método, aprendiendo a leer y escribir, lo que les permitirá adquirir la base para desarrollar y potenciar sus capacidades de aprendizaje e intelectuales. No obstante, para lograr el éxito en el aprendizaje de este sistema se deben dar los siguientes condicionantes:

- Los profesores deben estar altamente especializados.
- El aprendizaje debe valorar las capacidades de cada niño y su nivel adaptación al sistema.
- Antes de aprender el sistema Braille, el niño debe adquirir una serie de destrezas básicas de lectura y escritura adaptadas a su discapacidad.

Se puede considerar que el método de alfabetización básico de un niño ciego o con graves problemas visuales es parecido al de los alumnos que ven con normalidad, con la diferencia de que en los primeros el ojo es sustituido por la yema de los dedos. Partiendo de esta realidad, el método más efectivo para enseñar a leer y escribir a niños ciegos suele ser el fonético.

Implementación De La Herramienta

El Herramienta ayuda en la iniciación del alfabetismo de personas ciegas, el cual no se orienta a un grupo de individuos de forma específica,



presentando portabilidad, economía y fácil utilización. Además, puede ser utilizado para capacitar a personas ciegas. A continuación, se presentan los requisitos previos para el diseño de la herramienta:

a) Grado de Enseñanza del Braille

El Herramienta destinada a la enseñanza avanzada del sistema Braille está basado en Niveles básico, intermedio y avanzado, donde el usuario realiza su aprendizaje de un símbolo a la vez, facilitando su conocimiento y comprensión del mismo.

b) Método de Enseñanza

Para enseñar el código Braille mediante la herramienta, se plantea una forma versátil e interactiva de practicar el sistema braille, que consiste en una etapa de iniciación al Braille con palabras sencillas armadas de acuerdo al nivel elegido, seguidamente el nivel avanzado despliega palabras más complejas que permiten la práctica de la lectura en el sistema Braille. Cada nivel representa tomar en cuenta una nueva serie.

En cuanto al alfabeto, se ha distribuido de la forma que lo indica la Figura 7, en dónde, el código Braille corresponde al símbolo para representa letras mayúsculas.

Figura 7.

Distribución del alfabeto en la herramienta.

• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •
U	V	W	X	Y	Z				

Mediante la distribución del alfabeto propuesto se pretende que el aprendizaje resulte fácil y cómodo debido a la secuencia de la organización de los puntos, correspondientes a cada letra del alfabeto.

c) Requerimientos de Hardware y Software.

Para una interacción veloz con la herramienta se necesitan los siguientes requerimientos respecto al hardware:

- Procesador de 64 bits de 1,8 GHz .
- 4 GB de memoria, como mínimo.
- Se recomiendan 16 GB de RAM para soluciones profesionales típicas.
- Windows 365: 2 v CPU y 8 GB de RAM, como mínimo.
- Espacio en disco duro: mínimo de 800 MB.
- Conexión a internet al menos 30 Mbps de velocidad.
- Compra hosting y dominio

Respecto al software:

- Servicios web API REST
- Hosting (DJANGO, PYTHON 3.x, HTML, CSS, PHP, Postgresql y MongoDB)

d) Usuarios de la Herramienta

La herramienta fue desarrollada para su uso por Docentes/Estudiantes que estén en capacitación constante y con el objetivo loable de la inclusión en la educación a personas con una discapacidad visual.

Se desarrolló del Herramienta, con el Lenguaje de Programación Python.

Python es un lenguaje de programación multiplataforma de propósito general y código abierto.



Python es interpretado, por lo que no hace falta compilación para poder usarse, algo que resulta cómodo en el flujo de desarrollo de los diferentes programas. Además, es un lenguaje donde se promueve de manera activa la legibilidad del código, ya que hace falta colocar el código de una manera determinada en el documento para que el intérprete lo procese correctamente.

Para que Python trabaje en un entorno Web, es preciso que trabaje utilizando un framework, y en este caso fue utilizando Django, que te permite realizar sitios basados en contenido con acceso a base de datos y por supuesto, servicios web API REST.

Para esto se contrató un hosting con la empresa GODADDY, pago realizado para un lapso de 3 años (Julio 2022, 2023, Junio 2024), asimismo se contrató y pagó por el mismo periodo el nombre de dominio <http://www.proferey.com>

Al comprar los servicios de hosting, se define la configuración básica del servidor, que en este caso se solicitó expresamente DJANGO, PYTHON 3.x, HTML, CSS, PHP, PostgreSQL y MongoDB.

Se utilizó una base de datos no relacional armando una base de información de tipo arborescente.

Ahora, ya que la clave de búsqueda ingresa ordenada en forma aleatoria, puede emplearse un árbol binario de búsqueda. Sin embargo, si por momentos se producen ingresos de claves en orden o por niveles, debe escogerse una estructura que pueda balancear dinámicamente el árbol. Para esto es que se utiliza un árbol binario coloreado, pues tiene un criterio de balance un tanto más relajado que un árbol AVL, un árbol

AVL es un tipo especial de árbol binario ideado por los matemáticos soviéticos Adelson-Velskii y Landis.

3. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

El Instituto Boliviano de la Ceguera, realiza cursos de Lecto-Escritura en el Sistema Braille, en diferentes departamentos del país. En el presente trabajo se aplica el enfoque cuantitativo, usando el cuestionario como técnica de recolección de datos mediante el instrumento de la encuesta, aplicada a los docentes y estudiantes activos de dicho curso permitiendo resaltar aspectos relevantes del objeto de estudio.

La encuesta fue realizada a 2 docentes y 13 estudiantes activos del curso de Lecto-Escritura en el Sistema Braille.

Aplicación De La Herramienta En El Aprendizaje De Braille

Se utilizó las palabras del diccionario de la Real Academia Española, cuya cantidad de caracteres tenga 6 o más caracteres. Todas estas palabras fueron organizadas en un árbol de información, de manera que sus recorridos pasen por diferentes ramas entregando 4 tipos de información.

R1 (recorrido 1): Palabras que contienen solamente las letras desde la letra A hasta la letra J. En total tenemos 123,639 palabras.

R2 (recorrido 2): Palabras que contienen solamente las letras desde la letra A hasta la letra T. En total tenemos 636,957 palabras.

R3 (recorrido 3): Palabras que contienen solamente letras desde la letra A hasta la letra Z. En total tenemos 1,243,386 palabras.



R4 (recorrido 4): Palabras que contienen las letras de la letra A hasta la letra Z, los acentos: á, é, í, ó, ú; además de la letra ñ. En total tenemos 1,521,432 palabras.

La herramienta se armó en 4 niveles:

Nivel 1 (Básico) Muestra palabras traducidas al sistema Braille del R1. (ver Figura 8).

Figura 8

Nivel 1 (Básico)



Nivel 2 (Intermedio) – Muestra palabras traducidas al sistema Braille del R2. (ver la Figura 9)

Figura 9

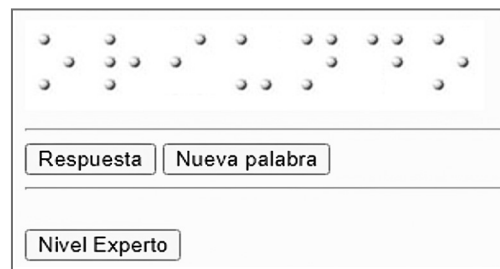
Nivel 2 (Intermedio)



Nivel 3 (Avanzado) – Muestra palabras traducidas al sistema Braille del R3. (ver la Figura 10)

Figura 10

Nivel 3 (Avanzado)



Nivel 4 (Experto) – Muestra palabras traducidas al sistema Braille del R4. (ver la Figura 11)

Figura 11

Nivel 4 (Experto)



La pantalla principal de la herramienta, es muy simple e intuitiva para su manipulación (ver la Figura12), de manera que se concentre en medir el conocimiento que lograste del Sistema Braille.

Figura 12.

Pantalla principal de la herramienta



Para verificar que la traducción sea la correcta se ha implementado un botón con la leyenda "Respuesta", que puede ser pulsada por el usuario para constatar si su traducción fue la correcta. Asimismo, se incorporó un botón al lado, con la leyenda "Nueva palabra", que accederá al diccionario y mostrará una nueva palabra traducida al Sistema Braille.

En la línea de abajo, se incorporó también un botón con la leyenda "Nivel Intermedio" cuando el usuario se encuentre en el Nivel Básico, sin embargo, la leyenda dirá "Nivel Avanzado" si el usuario se encuentra en el Nivel Intermedio. Pero si el usuario se encuentra en el Nivel Avanzado, entonces el botón de referencia tendrá la leyenda "Nivel Experto". Cuando el usuario se encuentre en el Nivel Experto, ya no tiene disponible un botón para cambiar de Nivel.

Por ahora, el sistema no pide ni usuario ni clave de usuario, ni tampoco relaciona con algún correo electrónico. Sin embargo, en una segunda fase, se implementará lo mencionado, de manera de hacer un seguimiento a lo que el usuario está aprendiendo y de acuerdo a su rendimiento se vaya subiendo de nivel, y si de pronto las respuestas tienen una cantidad de fallas exagerada, harán que el usuario baje de nivel y tenga que acertar en sus respuestas nuevamente, para subir de nivel de manera automática. Asimismo, se tiene previsto que, al registrar al usuario tendríamos acceso al historial de sus interacciones y traducciones del Sistema Braille, tanto correctas como falladas.

4. RESULTADOS

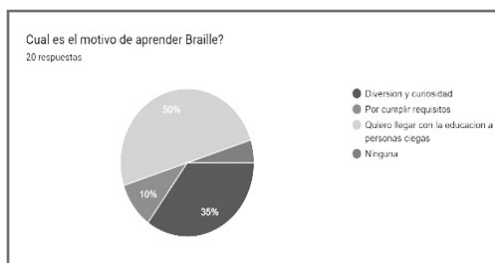
Quienes participaron del curso de Lecto-Escritura en el Sistema Braille,

probaron el sistema y accedieron a un mejor aprendizaje del Sistema Braille, por la manera práctica de uso del mismo y la simplicidad puesta a sus manos. La encuesta realizada presenta los siguientes resultados:

La respuesta predominante como se ve en la Figura 13, indica que una gran mayoría pretende llegar a la población estudiantil con ceguera.

Figura 13

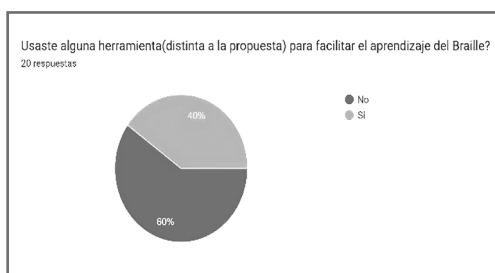
Pregunta 1, encuesta a estudiantes y docentes del curso Lecto-Escritura en el Sistema Braille



La respuesta predominante como se ve en la Figura 14, indica que el 60% no uso otra aplicación para practicar el braille y que esta herramienta complementa sus estudios.

Figura 14.

Pregunta 2, encuesta a estudiantes y docentes del curso Lecto-Escritura en el Sistema Braille



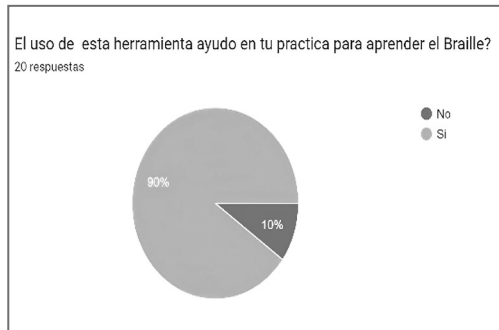
La respuesta predominante como se ve en la Figura 15, indica que el 90% de



los encuestados consideran una gran ayuda a la herramienta para practicar el braille y que esta herramienta complementa sus estudios.

Figura 15

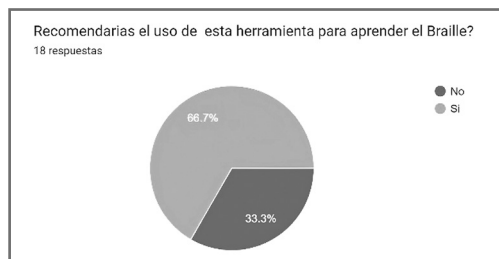
Pregunta 3, encuesta a estudiantes y docentes del curso Lecto-Escritura en el Sistema Braille



La respuesta predominante como se ve en la Figura 16, indica que el 67% de los encuestados consideran una gran ayuda a la herramienta y la podrían recomendar para una mejor asimilación del sistema braille.

Figura 16

Pregunta 4, encuesta a estudiantes y docentes del curso Lecto-Escritura en el Sistema Braille



De acuerdo a los resultados obtenidos se comprobó la utilidad de la herramienta desarrollada, considerándose la misma en un gran apoyo para la enseñanza del sistema Braille.

El mismo fue cedido para su uso en las clases de Lecto-escritura del sistema braille, para su aprovechamiento.

5. CONCLUSIONES

La inclusión de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) en el proceso de enseñanza y aprendizaje, permitió explorar nuevas formas de aprender, con la implementación de este Aplicación de una Herramienta On-Line Aprendizaje de la Lectura del Braille, ratificamos el hecho de que la tecnología es un medio eficaz para difundir conocimiento entre los estudiantes.

De acuerdo a los resultados de la encuesta realizada, se pudo concretar la idea planteada y comprobar la hipótesis, motivándose de esta manera el desarrollo de mas herramientas para este propósito.

Para quienes les apasiona el arte de la enseñanza, les presentamos este reto de aprender el Sistema Braille y luego enseñar a otras personas. Se pudo comprobar, que eliminar muchas barreras están en la mano de todos y que hacerlo es totalmente posible.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, E. (2012). Principios de Diseño aplicados a Árboles Binarios de Búsqueda, Editor CIMAR, Zacatecas – México.
- Cuevas, A. (2016). Python 3. Curso Práctico, Editorial RaMa, Barcelona – España.
- Solórzano S., (2012). The importance of a good vision. Revista Eletrónica Gestión & Salud, 03(03), 1224–1234. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5555784>



- Ministerio de educación. (2022), Educacion inclusiva, personas con discapacidad visual.
http://www.riate.org/version/v1/unidad_5/m5_estructura_sistema.htm
- OMS. (2022). Ceguera y discapacidad visual.
<https://www.who.int/es/newsroom/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Torres, A. (2013). La historia del Braille, un alfabeto accesible.
<http://periodico.laciudadaccesible.com/portada/opinion-la-ciudad-accesible/item/4605-lahistoria-del-Braille-un-alfabeto-accesible>
- Universidad Internacional de Valencia, (2022), Educación; Estrategias y didáctica para la enseñanza del sistema Braille.
<https://www.universidadviu.com/estrategias-y-didactica-para-la-ensenanza-del-sistema-Braille>

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LI-FI Y WIFI

Comparative Analysis of the Application of Li-Fi and Wifi Technology

Dionicio Henry Pacheco Rios¹

Ramiro Kantuta Limachi²

¹Ingeniero de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

²Magister Scientiarum en Educación Superior
Ingeniero de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

RESUMEN

La tecnología marca el ritmo del progreso, en ese sentido se hizo necesario explorar nuevas formas de transmisión de datos y realizar un análisis comparativo en donde exista mayor velocidad y mayor fiabilidad en el transporte de datos.

El presente documento presenta una nueva tecnología de comunicación que propone cambios en el mundo de las telecomunicaciones, Li-Fi (fidelidad de la luz) es una red óptica inalámbrica, tecnología que utiliza diodos emisores de luz (LED) para la transmisión de datos. Li-Fi hace referencia a un tipo de red que se destaca por ser inalámbrica, de bajo costo, que busca la superioridad en cuanto a velocidad de transmisión de datos en comparación al tradicional Wi-Fi (Fidelidad Inalámbrica).

Palabras Claves:

Fidelidad de la luz, Diodos emisores de luz, Fidelidad Inalámbrica, tecnología Li-Fi, transmisión.

ABSTRACT

Technology sets the pace of progress, in that sense it became necessary to explore new forms of data transmission and perform a comparative analysis where there is greater speed and greater reliability in data transport.

This document presents a new communication technology that proposes changes in the world of telecommunications, Li-Fi (fidelity of light) is a wireless optical network, a technology that uses light-emitting diodes (LED) for data transmission. Li-Fi refers to a type of network that stands out for being wireless, low cost, seeking superiority in data transmission speed compared to traditional Wi-Fi (Wireless Fidelity).

Keywords:

Fidelity of light, light emitting diodes, Wireless Fidelity, Li-Fi technology, Transmission.

1. INTRODUCCIÓN

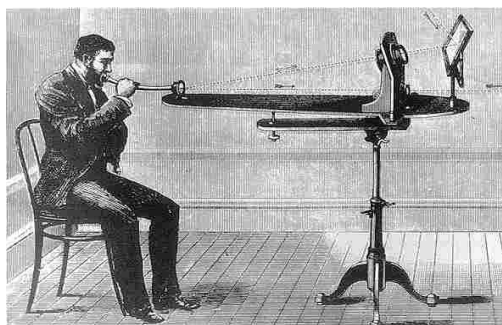
Historia

La idea de utilizar la luz como medio de traspaso de información remonta al año 1880, cuando Alexander Graham Bell realizó por primera vez en la historia, la transmisión de un mensaje de voz utilizando las ondas de la luz solar como medio de transporte, a una distancia de 213 metros. El dispositivo usado para tal efecto fue llamado fotófono Según Eured (s.f.)

El fotofóno fue patentado el 18 de diciembre de 1880, pero la calidad de comunicación permaneció pobre y la investigación no fue continuada por Bell. Posteriormente este invento sirvió como base al desarrollo de las comunicaciones utilizando fibra óptica y láser.

Figura 1

El Fotófono



Nota. El fotófono fue un dispositivo que permitió la transmisión de sonido (inicialmente voz) a través de rayos de luz. Fuente: Idis (2022).

A pesar de este sorprendente descubrimiento, la investigación sigue interesada en las ondas electromagnéticas, que son ampliamente utilizadas por todas las comunicaciones inalámbricas en todo el mundo.

Se utiliza un gran formato del rango de frecuencia, pero también se contamina la fuerte radiación electromagnética que afecta a los organismos vivos y al equipo. (americalifi, 2014)

No obstante, de este importante evento, la investigación se centró en el descubrimiento y desarrollo de las ondas electromagnéticas, que hasta el día de hoy son ampliamente utilizadas por todas las comunicaciones inalámbricas del mundo, produciendo no solo un gran caos y saturación del rango de frecuencia utilizado, sino también un fuerte electromagnetismo.

La contaminación afecta a los organismos vivos ya los equipos. Actualmente, el Prof. Dr. Harald Haas, Profesor de Comunicaciones Móviles y director del Centro de Investigación y Desarrollo de Li-Fi de la Universidad de Edimburgo, Escocia; Realización de investigaciones orientadas a nuevas tecnologías para sistemas inalámbricos donde aparece Li-Fi. Su interés particular es el desarrollo de algoritmos y métodos para los



elementos básicos de la interfaz con la región y su interacción en particular:

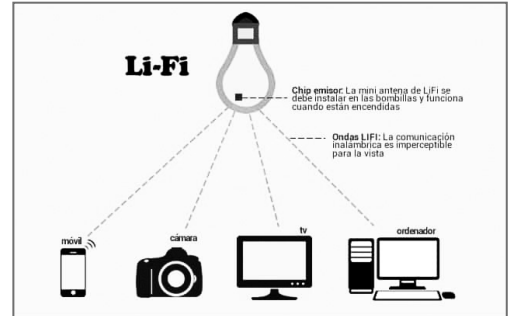
- Acceso multiusuario en sistemas inalámbricos.
- Técnicas de gestión de interferencia para los sistemas inalámbricos.
- Co-existencia y técnicas de compartimiento del espectro.
- Celulares híbridos y redes Ad Hoc.
- Conceptos y algoritmos para múltiples antenas en los sistemas inalámbricos,
- Análisis del sistema inalámbrico.
- Algoritmos de posicionamiento y navegación utilizando los sistemas celulares.
- Comunicación inalámbrica óptica utilizando LEDs no coherentes - Comunicación con Luz Visible, (Li-Fi)

Li-Fi pretende ser la tecnología del futuro. Su funcionamiento es tan sencillo que para ello solo se necesita el uso de las bombillas LED. Estas se apagan y encienden tan rápido que los cambios de la luz no son visibles para el ojo humano, pero si para un equipo receptor, quien es el encargado de captar dichos cambios para después procesarlos. (americalifi, 2014)

PureLIFI es un líder reconocido en tecnología Li-Fi, con el profesor Harald Haas como Jefe de la Oficina de Ciencias. Fundada en 2012, PureLIFI es una iniciativa de la Universidad de Edimburgo, pero como una operación independiente, pionera en la investigación de comunicaciones de luz visible desde 2008 como parte del popular proyecto D-Light. (americalifi, 2014)

Figura 2

Lifi



Nota. La red Li-Fi se basa en la luz. Así, mientras la red Wi-Fi transmite a frecuencias más bajas, como el microondas, la nueva tecnología utiliza la parte visible del espectro radioeléctrico para enviar datos.

Fuente: Itsitio (2022).

Li-Fi

Consiste en una tecnología de comunicación inalámbrica transmitida mediante luz visible. Los creadores usan específicamente focos o lámparas LED por su potencia y eficiencia en la transmisión de la luz.

Li-Fi es un acrónimo del término inglés Light Fidelity, es una nueva tecnología mediante la cual un haz de luz nos permite transmitir una gran cantidad de datos. Introducido en 2011, el término en realidad utiliza luz visible o casi ultravioleta (UV) y casi infrarroja (NIR) del espectro electromagnético (en lugar de ondas de radiofrecuencia)

Esta tecnología utiliza dos emisores LED como medio de comunicación de forma muy similar al Wi-Fi. Las comunicaciones a través de este método funcionan a modo de parpadeo y se conectan y desconectan apagando los LED a una velocidad imperceptible para el ojo humano. Aunque la luz

"debería estar encendida" para permitir la transmisión de datos, esta se puede regular para que no sea visible por el ojo humano. (testdevelocidad, 2016).

Funcionamiento

Para usar Li-Fi, se requiere un punto focal para el transmisor, generalmente una lámpara o lámpara. De esta manera, los datos pueden transmitirse cuando la habitación está iluminada. Esto también requiere un modificador que apaga y enciende la fuente de luz muy rápidamente sin que nos demos cuenta, pero genera códigos binarios y cero que transmiten información.

A la vez, se precisa un receptor que se incorpora en un smartphone, en un portátil o en la televisión, por citar algunos ejemplos, que recoge la luz y la convierte en datos electrónicos. Esto supone que entre el foco emisor y el receptor no puede haber nada interpuesto que interrumpa la visión directa. Un ejemplo muy sencillo: al igual que si una persona está entre el mando a distancia y la tele, no es posible cambiar de canal, tampoco funcionaría el Li-Fi si hay un obstáculo entre receptor y emisor.

En la actualidad las diferentes formas de comunicación de datos que se pueden encontrar hoy en día, una de las que más popularidad ha adquirido es el Wi-Fi. Pero, ¿qué es Wi-Fi? básicamente se trata de un sistema que permite que diferentes dispositivos electrónicos se conecten a las redes de comunicación a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso tiene un alcance limitado, siendo mayor al aire libre que en interiores.

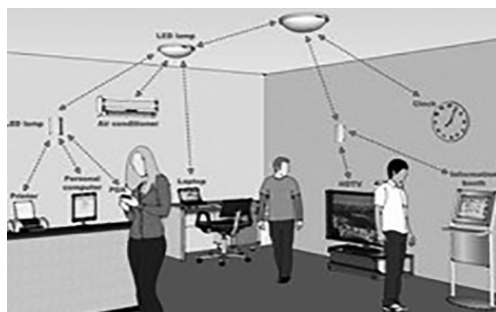
Hoy en día existe una nueva forma de transmisión de datos que es por medio

del espectro de la luz visible, Se trata de un nuevo tipo de conexión inalámbrica que utiliza fuentes de luz en lugar de microondas para transmitir datos, de ahí su nombre: Light Fidelity (fidelidad de la luz), a cambio de la Wireless Fidelity (fidelidad inalámbrica).

De esta manera, las propias bombillas LED de nuestra casa y oficina harán la función del Router incorporando un modulador emisor. El término Li-Fi fue acuñado en 2011 por el profesor Ph.D. Harald Haas, profesor de Ingeniería en la Universidad de Edimburgo y uno de los mayores impulsores de esta nueva forma de conexión que utiliza luces led de alta potencia en el espectro cercano al ultravioleta (cabello, 2015)

Figura 3

Funcionamiento del Li-Fi



Nota. La nueva tecnología, denominada "LiFi" en clara referencia al WiFi, puede transmitir internet y datos a través de la electricidad, transportando la señal por medio de la luz emitida por bombillas LED hacia los equipos. Fuente: Bioguia (2022).

Futuro de LI-Fi

Con el progreso de la investigación en este campo, se puede decir que esta tecnología puede reemplazar definitivamente al Wi-Fi. Esta tecnología está en fase beta, pero estamos casi

seguros de la velocidad con la que avanzan las cosas, casi más rápido que la propia luz, no nos extrañaría que en unos años pueda cambiar para siempre la forma en que nos conectamos a internet en nuestros vecindarios. Role. No es mala idea dejar nuestro móvil bajo una simple lámpara mientras se carga o mientras navegamos por la web sin experimentar problemas de conectividad como suele ocurrir con el wifi. Todo aparecerá a su tiempo (Ecured, 2022)

Conexiones con rayos infrarrojos

La conexión Li-Fi se probó en laboratorios desde el 2011, y apenas a finales de 2015 se pudo tener información de las primeras pruebas en entornos reales. Li-Fi se basa en el uso de la luz como medio de transmisión de datos, donde gracias a unas bombillas con moduladores y un fotodiodo receptor, ubicado en los diversos dispositivos, es como se podrá hacer el enlace.

Li-Fi aún presenta algunas desventajas con respecto al Wi-Fi que todos conocemos, ya que, por ejemplo, al tratarse de luz ésta no podrá atravesar las paredes, además se necesita que la luz esté encendida en todo momento. Pero se logró encontrar la solución ante el conflicto de la luz.

La estudiante de doctorado Joanne Oh de la Universidad de Tecnología de Eindhoven en los Países Bajos ha tomado el concepto de li-fi y ha creado un nuevo tipo de sistema basado en luz infrarroja, los cuales son inofensivos para el ser humano. Este sistema se basa en pequeñas antenas capaces de transmitir esta señal infrarroja, y durante las primeras pruebas de laboratorio lograron obtener

conexiones de hasta 42,8 Gbps a una distancia máxima de 2,5 metros, que aún está lejos de los 224 Gbps que en teoría nos prometen, pero sin duda es un avance gigantesco ante lo que ofrece hoy día Wi-Fi.

Estas antenas se pueden colocar por toda la casa en el techo o en la pared, solo tenemos que conectar un cable de fibra óptica a una de ellas, para que nuestra red esté lista. Cada antena se puede configurar para transmitir con diferentes longitudes de onda y ángulos, por lo que nunca tendremos problemas de interferencias y nunca nos faltará conectividad en nuestros dispositivos.

Otra ventaja de los infrarrojos Li-Fi es el menor consumo de energía, por lo que no se necesitan cables adicionales para la fuente de alimentación, ya que todo se tomará del mismo cable de fibra. Además, estas antenas transmitirán en una longitud de onda de 1.500 nanómetros, lo que significa que los rayos infrarrojos serían imperceptibles para el ojo humano. Por último, podríamos agregar cuantas antenas necesitemos, lo que nos ayudaría a evitar la saturación y transmisiones congestionadas.

Los investigadores seguirán experimentando con esta tecnología, donde uno de los temas pendientes es la seguridad. Y se estima que en aproximadamente cinco años podríamos tener los primeros dispositivos compatibles con Li-Fi, así que aún hay camino por delante. (Alvarez, 2017)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Quando hablamos del enfoque de investigación, nos referimos a la naturaleza del estudio, la cual se



clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas.

El enfoque de investigación aplicado es el Cualitativo ya que utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afirmar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

Dicho enfoque conocido también como naturalista, fenomenológico, interpretativo o etnográfico.

Uno de los pasos más importantes y decisivos de la investigación es la elección del método o camino que llevará a obtener de la investigación. De esta decisión dependerá la forma de trabajo, la adquisición de la información, los análisis que se practiquen y por consiguiente el tipo de resultados que se obtengan; la selección del proceso de investigación guía todo el proceso investigativo y con base en él se logra el objetivo de toda investigación.

Según el autor Fidias G. Arias (2012) define a la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos.

"El método científico es un conjunto de procedimientos para verificar o refutar hipótesis o proporciones sobre hechos o estructuras de la naturaleza". (Carrasco, 2006)

"El fundamento radica en la percepción directa del objeto de investigación y del problema". (Carrasco, 2006)

El método empírico de investigación permite efectuar el análisis preliminar

de la información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas, también se aplica el Técnica de observación que configura la base de conocimiento del problema y el objeto de investigación, estudiando su curso natural, sin alteración de las condiciones naturales.

La técnica de investigación aplicada es la revisión documental, ya que se han revisado los materiales bibliográficos disponibles respecto al tema abordado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente artículo trata de tener un nuevo avance en el campo tecnológico con aportes positivo a la sociedad, Li-Fi será principalmente una nueva tecnología para transmitir datos de alta velocidad tiene numerosas ventajas una de ella es que no satura la parte del espectro usado actualmente por otros sistemas como WiFi en sus diferentes versiones, ya que usa luz visible.

El uso generalizado del Li-Fi en Bolivia todavía es lejano porque debe aún superar barreras técnicas, pero podría tener algunas aplicaciones útiles a pequeña escala en el corto plazo.

La mejora en la actual velocidad respecto a las comunicaciones WiFi es uno de los principales valores de Li-Fi. Todos hablan de que esta nueva tecnología puede llegar a alcanzar hasta la giga de velocidad por segundo en velocidad. En algunos de los laboratorios en los que se trabaja en su desarrollo se han llegado a superar los 224 Gbps de velocidad. Sin embargo, y aunque se dice abiertamente que Li-Fi es hasta 100 veces más rápido que las conexiones Wi-Fi, lo cierto es que este número no es del todo correcto, pues el último estándar WiFi (IEEE 802.11ad) o

Wi-Gig soporta velocidades de datos de 7 Gbps. LiFi nunca ha logrado 700 Gbps.

Se quedó atrás los tiempos en los que la velocidad de conexión a Internet se medía en Kbps. Ahora son megas por segundo.

Según el ranking mundial de los países con internet más rápido en el primer trimestre de 2017 se puede observar en la Figura 4.

Figura 4

Ranking mundial con el internet más rápido



Fuente: Statista (2017).

Pero actualmente con la nueva tecnología Li-Fi la conexión de será 100 veces más veloz de lo habitual.

En Wi-Fi y Li-Fi se puede encontrar numerosas contraposiciones, de las cuales es importante apreciar algunas de ellas como la capacidad, eficiencia, disponibilidad y seguridad.

Tabla 1

Comparativa Li Fi vs Wi Fi		
Parámetros	Li Fi	Wi Fi
Velocidad de transmisión	hasta 100 Gbps (LED laser)	hasta 1,3 Gbps (802.11ac)
Modo de transmisión	Full-Dúplex	Half-duplex

Radio de Cobertura	hasta 5 m	hasta 50 m
Seguridad	Alta	Media
Interferencia ocasionada por obstáculos	Alta	Media
Costo	Bajo	Alta
Impacto ambiental	Bajo	Media

Nota: La tecnología Li-Fi en las comunicaciones de Argentina. Fuente: Monje (2017).

A continuación, se ilustran varias ventajas y desventajas que proporciona la iluminación artificial con luz LED.

Ventajas

- Es más barato que el Wi-Fi, se dice que hasta 10 veces más barato.
- Cualquier bombilla o farol puede convertirse en un hotspot o router luminoso de forma barata y sencilla, poniéndole un simple emisor Li-Fi.
- La luz, al no atravesar paredes, es mucho más segura que el Wi-Fi.
- No requiere las cotizadas frecuencias radioeléctricas que requiere el Wi-Fi.
- Ausencia de cables.
- La luz eléctrica no molesta ni interfiere en la comunicación, no provoca interferencias con otros sistemas.
- No satura las bandas de frecuencia empleadas para la transmisión de información via Wi-Fi.
- Es energéticamente más eficiente que el Wi-Fi.
- No causa interferencia a los sistemas de comunicación de RF existentes.

Desventajas

- No funciona bajo la luz solar directa.
- No atraviesa paredes.



- No funciona con la luz apagada, por lo que se puede producir un aumento en tu tarifa eléctrica.
- Solo funciona con aquellos dispositivos (tablets, móviles, etc) que cuenten con un receptor capaz de descodificar la señal luminosa.

4. CONCLUSIONES.

Mediante la presente investigación se puedo realizar un análisis comparativo de los parámetros de transmisión, frecuencia, velocidad seguridad además de ver las ventajas y desventajas de esta tecnología Li-Fi.

En particular el nivel exploratorio, método descriptivo y los materiales corresponden al presente artículo.

Una opinión particular con lo respecta a la tecnología presentada, Li-Fi es un complemento para el Wi-Fi.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. P., Gallego, D., Honey, P., Alonso, C., Gallego, D., Honey, P. y Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*.
- Americalifi, (2014). lifi. <http://www.americalifi.com/wp/2014/07/geolifi-para-estacionamiento/>
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la investigación*. Pearson educación.
- Bioguia, (2022). *Internet y datos a través de bombillas LED (LiFi)*. <https://www.bioguia.com/notas/internet-y-datos-a-traves-de-bombillas-led-lifi>
- Blogthinkbig, 2022 Li-Fi, *Navegar a la velocidad de la luz* <https://blogthinkbig.com/li-fi-navegar-a-la-velocidad-de-la-luz/>
- Castillo, 2022. Li-Fi la nueva tecnología. <http://innovacionlifi.blogspot.com/p/historia-del-lifi.html>
- Ecured, (s.f.) *Fotófono* <https://www.ecured.cu/Fot%C3%B3fono>
- Hernández Sampieri, R. *Metodología de la investigación*. Quinta edición, año 2010.
- Idis, 2022. IDIS. Fotofono <https://proyectoidis.org/fotofono>
- ITSitio. 2022 España: *Ya prueban LiFi, cien veces más rápida que Wi-Fi*. <https://www.itsitio.com/es/espana-ya-prueban-lifi-cien-veces-mas-rapida-que-wi-fi/>
- López Pincay, M. F., & Maldonado Zuñiga, K. (2022). *Internet a través de la luz luminosa con tecnología Li-Fi*. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 6(3), 119-126. <https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v6.n3.2022.479>
- Monje Cerino, L. (2017). *La tecnología Li-Fi en las comunicaciones de Argentina*.
- Peñafiel Peñafiel, J. E. (2015). *Análisis de la tecnología Li-Fi: comunicaciones por luz visible como punto de acceso a Internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas* (Bachelor's thesis).
- PureLiFe, (2022), *Lifi technology*. <https://purelifi.com/technology>



- Statista. 2017. *España, entre los 20 países del mundo con una conexión 4G más rápida.*
<https://es.statista.com/grafico/9762/espana-entre-los-20-paises-del-mundo-con-una-conexion-4g-mas-rapida/>
- Vicuña, J. N., Sotomayor, G. M., Villavicencio, O. C., Ríos, J. R. M., & Roman, R. M. (2017). *Estudio entre las tecnologías WIFI-LIFI en la optimización del servicio de internet.* *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 2(8), 50-53.

APLICACIÓN DE ALGORITMOS DE ENCRIPCIÓN CLÁSICOS

Application of Classic Encryption Algorithms

Zara Yujra Cama¹

¹Magister Scientiarum en Ingeniería de Software
Magister Scientiarum en Ciencias de la Computación
Licenciada en Informática
Docente Universitaria - Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

RESUMEN

Esta investigación permite estudiar los algoritmos de encriptación clásicos, que han servido de base para la implementación de nuevos algoritmos de encriptación a lo largo del tiempo, este estudio permite comprender la esencia de la lógica y el procedimiento de la encriptación de datos. Como una herramienta de apoyo a la metodología de aprendizaje, se realiza la implementación de un prototipo que permite aplicar de manera práctica los algoritmos estudiados. El objetivo de esta investigación es plantear una metodología para mejorar el proceso de aprendizaje de la Criptografía, la que servirá de apoyo a quienes inician el estudio de la Criptografía.

Palabras Clave:

Criptografía; Criptosistemas; Cifrado; Simétrico; Asimétrico; Criptografía Clásica; Cifrado; Decifrado.

ABSTRACT

This research allows us to study the classic encryption algorithms, which have served as the basis for the implementation of new encryption algorithms over time, this study allows us to understand the essence of the logic and procedure of data encryption. As a tool to support the learning methodology, a prototype is implemented that allows the algorithms studied to be applied in a practical way. The objective of this research is to propose a methodology to improve the learning process of Cryptography, which will support those who start the study of Cryptography.

Keywords:

Cryptography; Cryptosystems; encryption; Symmetric; Asymmetric; Classic Cryptography; Encryption; Deciphered.

1. INTRODUCCIÓN

Según Sandóval (2014), la criptografía tiene su origen en dos vocablos griegos: "criptos", que significa oculta, y "grafé", que significa escritura, literalmente traducida como: "escritura oculta". Y es la ciencia que se encarga de cifrar y descifrar determinados datos (este proceso por lo general se hace mediante el uso de claves), con el objetivo de volverlos ilegibles a receptores no autorizados, para eso hace uso de avanzadas técnicas de encriptación, destinadas a alterar las representaciones lingüísticas de ciertos mensajes, es decir de alterar la semántica natural de estos, dichas técnicas han sido creadas en base a determinados algoritmos complejos que por lo general convierten palabras en un conjunto de números, y es que la base de la criptografía es la aritmética.

Mientras la criptografía crea mecanismos para cifrar datos protegiendo la integridad de los mismos, el criptoanálisis crea métodos para romper estos mecanismos y así poder obtener la información. Por lo general, la criptografía convierte textos en números, aunque a veces dicha conversión no tiene lugar, en su reemplazo simplemente se altera el orden de aparición de las palabras.

En el caso de un mensaje convertido en números, el proceso consiste en transformar las letras que conforman el mensaje en una serie de números (en forma de bits ya que los equipos informáticos usan el sistema binario) y luego realizar cálculos con estos números para:

- Modificarlos y hacerlos incomprensibles. El resultado de esta modificación (el mensaje cifrado) se llama texto cifrado, en

contraste con el mensaje inicial, llamado texto simple.

- Asegurarse de que el receptor pueda descifrarlos. El hecho de codificar un mensaje para que sea secreto se llama cifrado, el método inverso que consiste en recuperar el mensaje original, se llama descifrado.
- En ambos casos se aplica una clave, dichos procesos se ilustran en las siguientes Figuras 1 y 2.

Figura. 1

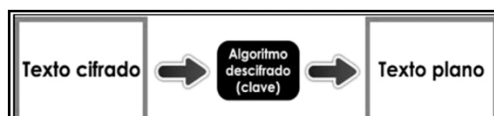
Procedimiento de cifrado: de texto plano a texto cifrado



Fuente: Criptografía y esquemas de clave pública Sandóval (2014).

Figura. 2

Procedimiento de descifrado: de texto cifrado a texto plano



Fuente: Criptografía y esquemas de clave pública Sandóval (2014).

Un criptosistema es el conjunto completo de elementos de un sistema criptográfico (ver Figura 3), de tal forma que pueda ser utilizado para cumplir con sus funciones. Entre sus componentes se encuentran:

- Emisor: quien realiza el proceso de cifrado.
- Receptor: quien realiza el proceso de descifrado.
- Medio: canal utilizado para intercambiar la información.



- **Algoritmo:** conjunto de transformaciones aplicadas al mensaje para obtener el criptograma. Y viceversa.
- **Mensaje:** información que se debe ocultar. También llamado texto plano o texto claro. El conjunto de todos los posibles mensajes se denomina espacio de mensajes.
- **Clave (o llave, o criptovisible):** pieza de información que, aplicada al algoritmo, permite transformar el mensaje a criptograma o viceversa. Al conjunto de todas las posibles claves se lo llama espacio de claves.
- **Criptograma:** mensaje transformado.
También denominado mensaje cifrado. Al conjunto de todos los posibles criptogramas se lo llama espacio de criptogramas.
- **Protocolo:** conjunto de reglas que permiten intercambiar información entre entidades.
- **Proceso de gestión de claves:** método para administrar el conjunto completo de claves de los miembros del sistema.

y la aplicación de una o más claves o llaves, y se convierte en un criptograma. Fuente: Tomado de Pacheco(2014)

De acuerdo a Lucema (2001), existen dos grandes grupos de criptosistemas: los algoritmos que utilizan una única clave tanto en el proceso de cifrado como en el de descifrado y los que utilizan una clave para cifrar mensajes y una clave distinta para descifrarlos. Los primeros se denominan sistemas simétricos o de clave simétrica y son la base de los algoritmos de cifrado clásico. Los segundos se denominan sistemas asimétricos, de clave asimétrica o de clave pública y clave privada y forman el núcleo de las técnicas de cifrado modernas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente investigación se ha aplicado el enfoque cualitativo, asimismo en cuanto a los Niveles de Investigación se aplica el Nivel Exploratorio.

Las técnicas de investigación usadas: Revisión Bibliográfica tanto de Textos como de los recursos disponibles en de Internet acerca del tema.

La Problemática abordada en esta investigación es la necesidad aplicar el fundamento teórico de los Métodos de Encriptación Clásicos.

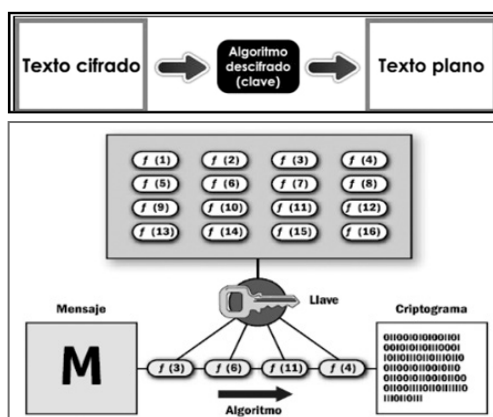
El objetivo propuesto es el de aplicar los Algoritmos correspondientes a los Métodos de Encriptación Clásica mediante el uso de un prototipo desarrollado para este efecto para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

3. RESULTADOS

Algoritmos de Criptografía Clásica.

Figura. 3

Elementos de un sistema criptográfico



Nota. En un criptosistema, el mensaje es transformado por medio de un algoritmo

A. Transposición Simple

El algoritmo divide un mensaje en claro símbolo por símbolo, si el número de símbolos es impar, el primer grupo de símbolos tendrá un elemento más. Podemos ver el algoritmo como si numeráramos los elementos, en el primer bloque tendremos los elementos impares mientras en el segundo estarán los elementos pares. Para finalizar concatenamos los bloques y así tendremos el criptograma.

Ejemplo:

Mensaje: H o l a m u n d o
1 2 3 4 5 6 7 8 9

Bloque1: hlmno

Bloque2: oaud

Cripto: hlmnooaud

El proceso de descifrado, es similar, dividimos el criptograma en dos partes iguales, la primera mitad del criptograma será el primer bloque. Teniendo ambos bloques, se intercalan uno a uno los elementos de cada bloque, puede leerse el ejemplo de abajo hacia arriba, para ver la operación.

En la Figura 4 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Transposición Simple.

Figura. 4

Pantalla – Cifrado Transposición Simple



En la Figura 5 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Descifrado Transposición Simple.

Figura. 5

Pantalla – Descifrado Transposición Simple



B. Transposición Doble

Supone una transposición simple, después aplica nuevamente una transposición simple al criptograma, esto nos dará nuestro criptograma final. Es un algoritmo sencillo si se conoce la transposición simple. Es de utilidad principalmente para despistar a un cripto-analista que intente descifrar nuestro criptograma suponiendo que este fue cifrado mediante transposición simple.

C. Transposición por Grupos



Utiliza la técnica de permutación de forma que los caracteres del texto se reordenan bloques de n caracteres, pero reordenados (permutados)



éstos de forma que su posición en el criptograma sea, por ejemplo, 43521; es decir, el cuarto carácter del bloque en claro se transmite primero, a continuación, el tercero, después el quinto, luego el segundo y, por último, el primero. Esta operación se repetirá en cada bloque de 5 caracteres del mensaje. Por lo tanto, la transposición implica que los caracteres del criptograma serán exactamente los mismos que los del texto en claro.

Ejemplo:

Mensaje: ELIMINAR LAS FUENTES

Clave: 32514

Realizamos el proceso de cifrado:

ELIMI NARLA SFUEN TESXX

325 14 3 2 51 4 32 5 1 4 32 51 4

Cifrado:

ILIE M RAANL UFNSE SEXTX

325 14 3 2 51 4 32 5 1 4 32 51 4

Para descifrar se seguirá el mismo algoritmo, reordenando la clave en el orden original en este caso 54213.

En la Figura 6 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Permutación por Grupos.

Figura. 6

Pantalla – Cifrado Permutación por Grupos



En la Figura 7 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Decifrado Permutación por Grupos.

Figura. 7

Pantalla – Decifrado Permutación por Grupos

D. Transposición por Serie

En nuestro programa tomamos en cuenta funciones muy sencillas como en este ejemplo se muestra.

Mcla: hola mundo

$f(1)$ = números primos = 1,2,3,5 = holm

$f(2)$ = números pares = 4,6,8 = aud

$f(3)$ = números impares = 9 = o

Cripto: holmaudo

Para descifrar solo debemos saber el orden en el que están las funciones y cuales son, así podremos tener el número correspondiente a cada símbolo y reordenar el mensaje sin problemas.

Ejemplo:

La Clave será: 43521.

Mcla: Al grito de Viva Zapata se armó una Gorda.

Dividido en bloques:

ALGRI TODEV IVAZA PATAS EARMO

UNAGO RDAXX

Cripto:

RGILA EDVOT ZAAVI ATSAP MROAE

GAONU XAXDA

E. Bífido o de Polibio

En el siglo II a.C. Polibio fue miembro de la Liga Aquea dirigida por Filipémenes que fue derrotada por los romanos en Pidna, Polibio fue llevado como rehén a Roma para ser maestro de Escipión



Emiliano. Presenció la destrucción de Cartago y posiblemente estuvo en el sitio de Numancia. Escribió cuarenta libros donde recoge sus "Historias", conservándose sólo cinco en los que se manifiesta su deseo de apartar de los acontecimientos todo resto de mitología, utopía o poesía.

Polibio está en el origen de un método muy original para cifrar (él describía un sistema de señales a distancia basado en el empleo de antorchas). Para esto, en la Figura 8 se disponen las letras en un cuadrado 5x5 (Al ser un cuadro sólo de 5x5 nos vemos obligados a cifrar de la misma forma la I y la J. El contexto nos permitirá distinguir cual de las dos letras se pretendía cifrar):

Figura. 8

Tabla Polibio - Literal

	A	B	C	D	E
A	A	B	C	D	E
B	F	G	H	I/J	K
C	L	M	N	O	P
D	Q	R	S	T	U
E	V	W	X	Y	Z

Fuente: (Ortega&Lopez 2006)

Figura. 9

Tabla Polibio Numérico

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I/J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

Fuente: (Ortega&Lopez 2006)

Se reemplaza entonces cada letra por sus coordenadas en el cuadrado (ver Figura 9), escribiendo en primer lugar la fila y luego la columna. Por ejemplo, la A es reemplazada por 11, la B es reemplazado por 12, la F por 21, la M por 32.... (en la idea de Polibio para transmitir la letra R a distancia se encendían las cuatro primeras antorchas y las dos últimas)

Ejemplo:

11	12	34	42	44	11	42	32	24	43	24	34	33
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Mensaje: ABORTAR MISION

Cifrado Polibio – Literal:

AA	AB	CD	DB	DD	AA	DB	CB	BD	DC	BD	CD	CC
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Cifrado Polibio – Numérico:

El cuadrado de Polibio posee algunas propiedades interesantes. En particular, reduce el número de símbolos utilizados para la codificación, lo que hace su análisis más difícil. Además, altera la frecuencia de los caracteres a diferencia de lo que ocurre por ejemplo con los cifrados monos alfabéticos. Es por lo que lo hace un precursor de los métodos modernos. Se remarca que se puede llenar el cuadrado de manera diferente de como se ha hecho aquí, por ejemplo, comenzando poniendo una palabra clave y luego el resto de las letras en orden alfabético.

En la Figura 10 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Polibio Literal.

Figura. 10

Pantalla Cifrado – Polibio Literal



En la Figura 11 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Decifrado Polibio Literal.

Figura. 11

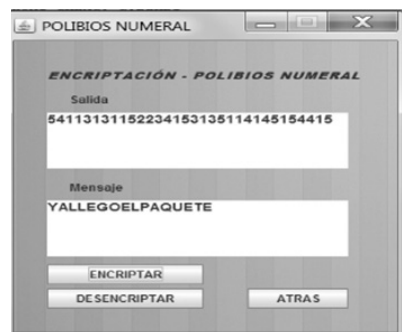
Pantalla Decifrado – Polibio Literal



En la Figura 12 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Polibio Numeral.

Figura. 12

Pantalla Cifrado – Polibio Numeral



En la Figura 13 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Decifrado Polibio Numeral.

Figura. 13

Pantalla Decifrado – Polibio Numeral



F. Playfair

La cifra Playfair se utilizó durante las dos guerras mundiales y está basado en el cuadrado de Polibio, fue popularizada por Lyon Playfair, primer barón Playfair de St. Andrews, pero fue inventada por sir Charles Wheatstone, uno de los pioneros del telégrafo eléctrico. Los dos hombres vivían cerca, cada uno a un lado del puente de Hammersmith, y se reunían a menudo para hablar de sus ideas sobre la criptografía.

La cifra sustituye cada par de letras de texto llano con otro par de letras. Para codificar y transmitir un mensaje, el emisor y el receptor deben acordar primero una palabra clave.

Ejemplo

Mensaje: ABORTAR RAPIDO

Clave: CONTROL

Proceso de cifrado:

C	O	N	T	R
L	A	B	D	E
F	G	H	I	J
M	P	Q	S	U
V	W	X	Y	Z

A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
L	M	N	O	P
Q	R	S	T	U
V	W	X	Y	Z



Mensaje:

AB OR TA RR AP ID OX

Mensaje Corregido:

AB OR TA RX RA PI DO

Cifrado:

BD NC OD NZ OE SG AT

En la Figura 11 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Playfair.

Figura. 14

Pantalla Cifrado – Playfair



En la Figura 15 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Decifrado Playfair.

Figura. 15

Pantalla Decifrado – Playfair



G. Sustitución por Desplazamiento

Este algoritmo es muy popular debido a un caso particular llamado "Algoritmo del César", que se citará como ejemplo y cuya clave se conforma solo por la letra C. Este algoritmo desplaza los símbolos del mensaje en claro ciertos espacios en el alfabeto usado. A cada letra se le asigna un valor, y se desplaza el número de veces que le corresponda según la clave usada, puede ser una sola letra, o una frase entera.

Ejemplo. Usando el alfabeto común, la A es el 1 y la Z es el 26, la Ñ no existe en esta ocasión:

Mcla: L U N E S
Mcla: 12 21 14 5 19
Clave: C C C C C
Clave: 3 3 3 3 3
Cripto: 15 24 17 8 22
Cripto: O X Q H V

Este algoritmo puede verse como si se estuviera haciendo la operación suma dándole valor a las letras, si alguna de las sumas tiene un valor mayor que N se le resta N para obtener el resultado, donde N es el máximo número asignado. Así, el descifrado se puede ver como la operación resta, siguiendo la misma mecánica.

En la Figura 16 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Cesar.

Figura. 16

Pantalla Cifrado – Cesar





En la Figura 17 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del decifrado Cesar.

Figura. 17

Pantalla Decifrado – Cesar



H. Algoritmo Vigenere

El principal elemento de este sistema es la llamada Tabla de Vigenère, una matriz de caracteres cuadrada. primer bloque se tendrá los elementos impares mientras en el segundo estarán los elementos pares.

Para finalizar se debe concatenar los bloques y así tendrá el criptograma.

En la Figura 18 se muestra la Tabla Veginere.

Nos posicionamos en el carácter del mensaje en claro a cifrar en la primera fila de la tabla y buscamos la letra de la clave en cuestión en la primera columna de la tabla. El elemento C_i del criptograma será la letra de la retícula de intersección entre fila y columna. Por ejemplo la letra E cifrada con la clave C nos dará el criptograma G.

En términos matemáticos puede expresarse como:

$$Y_i = (X_i + Z_i) \bmod T$$

con $Z_i = L, O, U, P$, alternativamente, siendo T el número de letras del alfabeto.

Se observa que a una misma letra en el texto claro le pueden corresponder diferentes letras en el texto cifrado.

Ejemplo:

Mcla: PA RI SV AUTB I ENUN EM
E SSE

Clave: LOUP LOUP LOUP LOUP L
OUP L

Cripto: A O L X D J U J E P C T Y I H T X
S M H P

Mensaje: ESTA NOCHE SE TERMINA

Clave: PALABRA

Primer Mensaje:

E S T A N O C H E S E T E R M I N A

Segundo Mensaje:

P A L A B R A P A L A B R A P A L A

Cifrado:

T	S	E	A	O	F
C	W	E	D	E	
U	V	R	B		
I	Y	A			

Figura. 18

Tabla Veginere

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> <td>P</td> <td>Q</td> <td>R</td> <td>S</td> <td>T</td> <td>U</td> <td>V</td> <td>W</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td>	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	
E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B		
F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B			
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B				
H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B					
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B						
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B							
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B								
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B									
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B										
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B											
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B												
P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B													
Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B														
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B															
S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B																
T	U	V	W	X	Y	Z	A	B																	
U	V	W	X	Y	Z	A	B																		
V	W	X	Y	Z	A	B																			
W	X	Y	Z	A	B																				
X	Y	Z	A	B																					
Y	Z	A	B																						
Z	A	B																							

Fuente: (Ortega&Lopez 2006)

Para descifrar, se localiza el criptograma en la parte central de la matriz, y el renglón que corresponda a la clave, después se buscara la parte del mensaje que le corresponda.



En la Figura 19 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Cifrado Vigenere.

Figura. 19

Pantalla Cifrado – Vigenere



En la Figura 20 se muestra el resultado generado por el prototipo que implementa el algoritmo del Decifrado Vigenere.

Figura. 20

Pantalla Decifrado – Vigenere



I. Algoritmo Vernam

Este último método usa el mismo algoritmo para cifrar y para descifrar el mensaje. Usa una clave constituida por una sucesión de símbolos (bits o caracteres), operando XOR cada símbolo de ésta con el correspondiente del texto en claro. Debido a la definición de la función XOR, el descifrado se realiza, igualmente, operando con dicha función

cada bit de la misma serie cifrante con el correspondiente del texto cifrado. Si la serie cifrante no se repite, es aleatoria, y de longitud igual, al menos, al texto a cifrar éste cifrado alcanza el secreto perfecto. Además, es el único que verifica tal condición (ver Figura 21).

Ejemplo:
Mensaje: ATACAR
Clave: X

Realizamos el proceso de cifrado:

Figura. 21

Proceso de Cifrado

	CLAVE
Carácter	X
Decimal	88
Binario	01011000

	MENSAJE					
Carácter	A	T	A	C	A	R
Decimal	65	84	65	67	65	82
Binario	01000001	01010100	01000001	01000011	01000001	01010010
Mensaje	01000001	01010100	01000001	01000011	01000001	01010010
Clave	01011000	01011000	01011000	01011000	01011000	01011000
XOR	00011001	00001100	00011001	00011011	00011001	00001010
Cifrado	0011001	0001100	0011001	0011011	0011001	0001010
Cifrado	EM	FF	EM	ESC	EM	LF

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

A. Requerimientos de software

Con la finalidad de formalizar y aplicar los algoritmos estudiados, así como aprovechando la disponibilidad de herramientas tecnológicas se ha implementado un programa informático como prototipo. Las herramientas utilizadas son: Lenguaje de programación Java, que requiere la instalación jdk 14 y como IDE se ha utilizado NetBeans 12. El sistema operativo: Windows 10 o superior.

B. Interfaces de Entrada y Salida



A continuación, en la Figura 21 se muestran la pantalla principal donde se tiene un Menú de opciones principal desde donde se acceden a el resto de las interfaces que implementan los Algoritmos de Cifrado. Las interfaces de cada algoritmo implementado fueron mostradas en el punto anterior.

Figura. 21

Pantalla – Menú Principal



5. DISCUSIÓN

Se han estudiado los principales algoritmos de la criptografía clásica apoyado por un prototipo desarrollado, se ha observado cómo se cifran y descifran mensajes de una forma precisa y también se ha mostrado cómo ha evolucionado la criptografía a lo largo del tiempo. Sin embargo, lo más relevante es que se ha logrado entender los algoritmos y su aplicación práctica, así se podrá explicar cómo funcionan y al conocer la lógica y el procedimiento aplicados se podrá avanzar en el estudio de los sistemas criptográficos, al pensar en cómo hacer combinaciones con los algoritmos para hacerlos más eficientes.

6. CONCLUSIONES

En la medida de cómo se abordó el tema, se tiene un resumen completo y sencillo de la criptografía clásica y así

facilitar su estudio y posterior revisión del conocimiento aquí contenido.

Se ha establecido una metodología de aprendizaje de los algoritmos de encriptación, que mejoran el grado de comprensión Estudiantes de pregrado o posgrado que requieran iniciar el estudio de la Criptografía.

Esta metodología de aprendizaje contribuye como aporte teórico a la Didáctica de la Criptografía y tiene como significación práctica elevar el nivel de aprendizaje de Estudiantes de pregrado o posgrado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alcocer y Martínez, M., (1934). *Criptografía española(s/Edición). s/Editorial.*
<https://www.letrasgalegas.org/obra/criptografia-espanola/>
- Domínguez, E y Pacheco, L. (2007). *Algoritmos de Criptografía Clásica.*
<https://1library.co/document/download/ynp11xlz?page=1>
- Fuster-Sabater, A y Otros, (2004). *Técnicas criptográficas de protección de datos (3ra. Edición),* Editorial Ra-Ma.
- Heiberg, M. y Ros-Agudo M. (2006). *La trama oculta de la guerra civil (s/Edición).* Editorial Crítica.
- Huecas y Carmona, C., (1897-1898). *Escritos cifrados al alcance de todos: clave silábica para comunicarse en el lenguaje cifrado (2da. Edición).* s/Editorial.
- Lucema, M. (2001). *Criptografía y Seguridad en Computadores (3ra. Edición).* s/Editorial.



- Ministerio de Defensa, Centro Superior de Información de Defensa, (1997). *Glosario de términos criptología (3ra. Edición)*. Editorial Ministerio de Defensa, Secretaria General Técnica.
- Ortega J., López, M. A. y García del Castillo, E. C., (2006). *Introducción a la criptografía. Historia y actualidad (1ra. Edición)*. Ediciones de la universidad de Castilla La Mancha.
<https://books.google.com.do/books?id=ZH-lAgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Pacheco, F. (2014). *Criptografía desde los Sistemas Clásicos hasta el futuro de la privacidad (1ra. Edición)*. Editorial Dálaga.
https://drive.google.com/file/d/1a7_Piv58KYh-7mY3kG3rjhrKQlxXcMRS/view
- Román, J. A. (2002). *La escritura secreta: breve historia de la criptografía (s/Edición)*. Editorial I.E.S. Nuestra señora de la victoria.
- Ramió, J. *Libro electrónico: Seguridad Informática (4ta. Edición v32)*.
https://books.google.com.ec/books?id=ftMXAAAACAAJ&source=gbs_navlinks_s
- Sandoval, S. R. S. (2014). *La Criptografía* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Archivo Digital.
https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4622/Sammy_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Singh, Simon, (2000). *Los códigos secretos (1ra. Edición)*. Editorial el círculo de Lectores.
- Soler, J. R. y López-Brea, E. (2016), *Soldados sin rostro: los servicios de información, espionaje y criptografía en la Guerra Civil Española (Edición Inédita)*. Ediciones complutense.
- Valera R.D. (2006). Revista Digital Universitaria. *Criptografía una Necesidad Moderna*, 7(7). pp. 1-9.
http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art56/jul_art56.pdf

TABLERO ELECTRÓNICO DIDÁCTICO CON PICTOGRAMAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL

ELECTRONIC DIDACTIC BOARD WITH PICTOGRAMS FOR CHILDREN WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Diego Abraham Herrera¹

Adelaida Ximena Pastrana Arcani²

²Ingeniero de Sistemas
Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

¹Ingeniera Electrónica
Docente Universitario – Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto – El Alto – Bolivia

RESUMEN

La investigación está referenciada a las problemáticas que presenta la población infantil con necesidades educativas específicas y diferenciadas, en cuanto al desarrollo del proceso enseñanza – aprendizaje, además de las competencias comunicativas. Para abordar esta problemática se promueve interiorizarse de la situación en la que se encuentran los niños con capacidades diferentes en un ambiente educativo, los cuales como parte de su apoyo educativo y social requieren terapias de comunicación y nivelación escolar de acuerdo a su rango de edad, debido a alguna deficiencia de tipo corporal y motor.

Por ello, es relevante el uso de medios tecnológicos que coadyuven a superar las deficiencias en los procesos de enseñanza – aprendizaje y en la comunicación de los niños que presentan discapacidad intelectual, mediante la aplicación de un dispositivo electrónico con pictogramas "Picto-Aprende" que mediante una serie de pruebas se ha demostrado mejoras de la calidad de vida relacionada con la integración e inclusión del niño en la sociedad.

Palabras clave:

TIC, ATMEI, Apropadis.

ABSTRACT

The present work is referenced to the problems presented by the child population with specific and differentiated educational needs, in terms of the development of the teaching-learning process, in addition to communication skills. To address this problem, it is necessary to internalize the situation in which children with different abilities find themselves in an educational environment, who, as part of their educational and social support, require communication therapies and school leveling according to their age range. due to some deficiency of body and motor type.



For this reason, the use of technological means that help to overcome the deficiencies in the teaching-learning processes, and in the communication of children with intellectual disabilities, through an electronic device that, through a series of tests, has been shown to be relevant. Improvements in the quality of life related to the integration and inclusion of the child in society.

Keywords:

TIC, ATMEI, Apropadis.

1. INTRODUCCIÓN

La UNESCO¹ apoya a los países en los esfuerzos dirigidos a integrar a los niños con determinadas dificultades en el proceso de enseñanza - aprendizaje y a los niños discapacitados mediante la implementación de directivas y herramientas, la formación de docentes y la utilización de las TIC en educación. Mecanismos que en la actualidad se ven limitados para proporcionar el derecho a la educación para las personas con capacidades diferentes.

En Bolivia, a nivel nacional existen 134 Centros de Educación Especial legalmente establecidos de dependencia fiscal y de convenio; los cuales son pocos para la cantidad de población actual que tienen discapacidad y dificultades en el aprendizaje.

Dichas instituciones brindan atención educativa en modalidades directa e indirecta y desarrollan el currículo específico con programas y servicios adecuados según las áreas de atención, características, potencialidades, necesidades, expectativas e intereses de la población. Atienden a la población infantil con algún tipo de discapacidad, con el apoyo a los procesos de

educación inclusiva en Unidades e Instituciones Educativas de otros ámbitos y subsistemas, y cuentan con personal administrativo, equipos multidisciplinarios y fundamentalmente personal docente. (Ministerio de Educación, 2019).

El artículo presenta los resultados del análisis realizado en el aprendizaje de niños de 6 a 11 años de edad, con discapacidad intelectual, donde se utiliza un dispositivo electrónico en forma de tablero para estimular el aprendizaje y mejorar la comunicación con su entorno, a la vez le permitirá adquirir nuevas destrezas y estimular su desarrollo integral.

El uso del tablero didáctico electrónico, es un medio tecnológico innovador dedicado a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, y de esta manera agilizar la adaptación de los niños con capacidades diferentes a la sociedad en su conjunto. e información de la sociedad respecto a las características de la discapacidad intelectual.

2. MATERIALES Y MÉTODO

Método

El artículo utiliza la metodología Karl T. Ulrich, que sirve como guía para el

¹ UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).

proceso de la investigación, el cual presenta una secuencia de etapas seguir.

El método de Karl T. Ulrich abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño. Para el proceso de desarrollo de producto, Ulrich emplea una metodología estructurada fundamentada en seis fases. Cada fase describe las actividades a desarrollar en los cuatro departamentos que comúnmente existen en una empresa (Mercadeo; diseño; manufactura; departamento de administración, investigación y finanzas). Es considerado como uno de los métodos más completo y descriptivo. (Gutiérrez, 2009).

Fases Del Proyecto

2.2.1 Fase 0 Planeación

Es la fase que antecede a la aprobación del proyecto, en donde se realiza una valorización de la capacidad de realización del prototipo, se comienza a indagar qué nuevas tecnologías existen en el medio, y se procede a encontrar una posibilidad de nueva alternativa para la construcción del prototipo.

Fase 1 Desarrollo del concepto

En esta etapa se empieza el desarrollo del concepto y se traducen las necesidades y especificaciones que rigen las características del prototipo, se realiza un estudio exploratorio de productos existentes y complementarios, mecanismos, materiales, tendencias y todo lo que pueda afectar al proyecto tanto positiva como negativamente. En función a lo anteriormente mencionado, se implementa el circuito y las pruebas posteriores, para verificar el funcionamiento óptimo del mismo.

Fase 2 Diseño a nivel sistema

Es donde se desglosa el código, componentes y simulación, se desarrollan arquitecturas del dispositivo basadas en el desarrollo del referente, usualmente se utilizan esquemas para el diseño del dispositivo, en esta fase el producto se conceptualiza y se desarrollan mecanismos.

Fase 3 Diseño de detalle

Se especifica una completa arquitectura del prototipo, materiales utilizados, tolerancias dimensionales, acabados superficiales y la identificación de todas las partes estándar que llevará el dispositivo, se establece un plan de acción para su conformación y se designa el material necesario para su construcción, el resultado de esta fase se presenta el diseño del circuito, codificación del circuito.

Fase 4 Prueba y refinamiento

Se construye el prototipo con los materiales ideales con el fin de evaluar si el dispositivo va a cumplir como realmente está pensado y si satisfacen las necesidades claves del usuario, se realizan con procesos predeterminados y con el fin de evaluar el desempeño y fiabilidad para identificar cambios de ingeniería necesarios.

Fase 5 prueba piloto

En esta fase el producto se fabrica utilizando las herramientas previstas. Tiene como finalidad capacitar y resolver problemas que persisten. El dispositivo es concluido para ser utilizado por los niños bajo supervisión de educadores y padres de familia, y evaluados de manera cuidadosa para eliminar cualquier defecto que aun exista.



2.3 Herramientas

Para la implementación del tablero didáctico electrónico, son necesarios algunos materiales tanto de hardware como de software, a continuación, se hará la descripción de los elementos más relevantes para el funcionamiento del mismo:

Microcontrolador ATMEL: Las tarjetas Arduino son placas que contienen un microcontrolador de la marca Atmel² denominada AVR® 8-Bit RISC, esta línea de microcontroladores está formada por varios grupos, entre los cuales se encuentra Atmega. La diferencia entre miembros de una misma familia, radica en que para cada una de ellas puede variar el número y tipo de periféricos que incluyen la cantidad de memoria de programa y de datos. (Espinoza, 2012).

DFplayer mini reproductor mp3: Esta pequeña placa es un pequeño reproductor de audio MP3 con amplificador integrado y que puede funcionar por sí mismo simplemente conectando unos pulsadores que permiten la reproducción de archivos directamente cargados en una tarjeta de memoria Micro SD. Tiene dos modos de funcionamiento. El primero, conectar pulsadores (play, stop etc) y otro mediante una comunicación serial que puede ser conectada a cualquier microcontrolador con pines TX/RX, como por ejemplo los de la familia Arduino. Al disponer de un amplificador de audio integrado, se puede conectar directamente un altavoz de 4 o 8 Ohm.

Sensor de Colores: Un sensor de color es un tipo de "sensor fotoeléctrico" que emite luz desde un transmisor y luego, con un receptor, detecta la luz que se

refleja desde el objeto de detección. Un sensor de color puede detectar la intensidad de luz recibida de los colores rojo, azul y verde, respectivamente, lo cual permite determinar el color del objeto de destino.

Pulsadores: Un pulsador eléctrico o botón pulsador es un componente eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa. El pulsador solo se abre o se cierra cuando el usuario lo presiona y lo mantiene presionado.

Bocina: Una bocina que también es conocida como altavoz o parlante es un transductor que se utiliza para transformar señales eléctricas en ondas mecánicas, es decir en vibraciones que se propagan a través de un objeto. Cuando se controla el tiempo y la longitud de estas vibraciones se puede crear cualquier clase de sonido o un conjunto de ellos.

Lenguaje de programación de Arduino: El lenguaje de programación de Arduino está basado en C++ y aunque la referencia para el lenguaje de programación de Arduino, también es posible usar comandos estándar de C++ en la programación de Arduino. (Arduino avanzado, 2015).

3. RESULTADOS

Como parte de los resultados de la investigación se hará énfasis en el diseño y desarrollo del dispositivo electrónico, lo cual de acuerdo al estudio previo realizado se desarrolla en diferentes fases como se mencionó en el subtítulo de la anterior sección (2.2 Fases del proyecto), de este mismo documento.

3.1 Fase 0 Planeación

En esta fase se planea el

2 Atmel. tecnología avanzada para la memoria y la lógica.

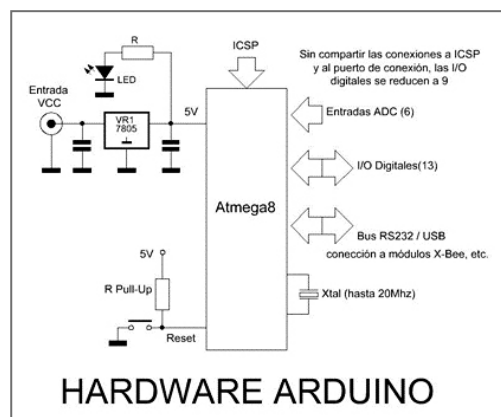
entender cada uno de sus mecanismos por separado y para comprenderla como un conjunto de funciones que unidas generará con lo esperado. Se realizan pruebas con la estructura y los componentes electrónicos evaluando formas, mecanismos e interfaces.

3.3.1 Arquitectura Básica de Hardware

Para la construcción del tablero didáctico electrónico como componente principal se requiere un microcontrolador Arduino, el cual en su diseño de hardware es una placa electrónica que se puede comunicar a través del puerto USB al computador y puede ser programado mediante lenguaje de programación y posteriormente puede ser grabado en el mismo dispositivo, la facilidad de interacción entre software y hardware de este dispositivo permite que sea accesible para las pruebas del presente trabajo.

Figura 2

Diagrama de bloques de una placa Arduino



Nota. La figura esta basada en el diseño del hardware del microcontrolador ATMEGA. Fuente: www.neoteo.com
Comoexistengranvariedaddentrode la

familia de "Arduino", para el desarrollo del tablero didáctico electrónico se utilizó un microcontrolador de Atmel ATmega328 de 8 bits a 16Mhz que funciona a 5v. 32KB son correspondientes a la memoria flash (0,5KB reservados para el bootloader-gestor de arranque), 2KB de SRAM y 1KB de EEPROM. Las salidas pueden trabajar a voltajes superiores, de entre 6 y 20v pero se recomienda una tensión de trabajo de entre 7 y 12v. Contiene 14 pines digitales, 6 de ellos se pueden emplear como PWM.

1.3.2 Software de simulación de circuitos

Para las pruebas funcionamiento de hardware y software se utiliza el software Proteus Virtual System Modeling (VSM), el cual combina la simulación SPICE de modo mixto con la simulación de microcontrolador. Fritzing es una herramienta complementaria al diseño de hardware que permite diseñar y fabricar PCB profesionales.

Arduino, al ser un software de código abierto, permite a los usuarios de las diferentes placas de microcontrolador, utilizar una codificación basada en el lenguaje de programación C++, facilitando el compilado y grabado a partir de un computador o teléfono móvil a través de un interfaz de USB.

1.4 Fase 3 Diseño a detalle

Es la fase en donde se construye y se dejan claros los procesos de elaboración en los cuales se evalúa si el diseño está bien determinado en todo su conjunto.

Los materiales utilizados para este diseño son: Arduino Mega, pulsadores de 2 pines, led matricial Max 7219,

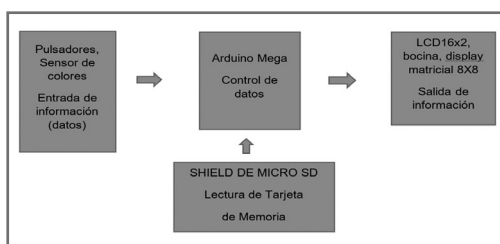


display LCD 16x2, módulo I2C, bocina, dfplayerMini, sensor de colores TCS230.

La realización del proyecto está constituida por pulsadores, sensor, pantalla LCD 16x2, y led matricial 8x8 Max 7219 el cual es el medio de acceso al dispositivo. El Arduino Mega recibe y ejecuta las instrucciones dadas desde el tablero, los circuitos instalados ayudan a que Arduino Mega logre reproducir la información que se encuentra en una tarjeta MicroSD, esta tarjeta contiene grabaciones de los mensajes según el dominio asignado por medio de los teclados, mediante una bocina para la salida de audio. Se puede apreciar que gracias a la diversidad de Arduino utilizada se puede simplemente conectar una fuente de 5v a 12v a esta para alimentarla y desechar por ende la construcción de una fuente externa que requeriría mayor trabajo y presupuesto. Por último, se tiene la estructura de madera en la que se ensamblan todas las partes de los pulsadores. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del prototipo realizado.

Figura 3

Diagrama de bloques del prototipo



Nota. La figura muestra el esquema de funcionamiento general del tablero electrónico en diagrama de bloques. Fuente: Elaboración propia en base a el prediseño de tablero electrónico.

Inicia con la primera fase que representa los pulsadores y sensor de colores, a

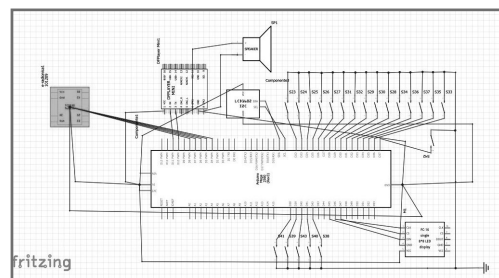
través de estos ingresa la información a Arduino Mega que gracias al lenguaje de programación grabado en este microcontrolador que reconoce los pulsos que manda el pulsador y logra establecer que el archivo de audio se reproduzca considerando que este archivo necesita un formato de grabación particular que se detallara más adelante, así mismo el sensor de colores cumplirá la función de identificar los parámetros de colores con respecto al hardware, para poder leer el archivo de sonido, se vio la necesidad de instalar un circuito que ayudara al Arduino a leer la información de una tarjeta MicroSD ya que recién realizado esto se podría definir que archivo sería reproducido, logrado esto finalmente se podrá escuchar el archivo de sonido gracias a la instalación de una bocina, además la detección de colores se mostrara en la pantalla LCD 16X2, como también el control del led Matricial 8x8 Max 7219 mediante los pulsadores. Una vez que diseñado el prototipo se procede al armado del conjunto de dispositivos.

1.6 Fase 5 prueba piloto

Para la construcción final del tablero didáctico electrónico se utiliza el programa de diseño Fritzing el cual se muestra en forma gráfica en la figura 6.

Figura 4

Circuito del prototipo Tablero Electrónico con Pictogramas





Nota. La figura muestra el diseño del circuito del tablero electrónico Fuente: Elaboración propia en base a el diseño del software realizado en Fritzing.

Una vez diseñado el montaje del circuito se comienza a elaborar la codificación en Arduino para su programación y darle las funciones previstas al tablero electrónico, para esto es necesario conocer la estructura que debe tener el código en Arduino.

1.7 Pruebas de Funcionamiento sistema electrónico

Las pruebas se realizaron en base de los formularios de validación con el objetivo de validar el correcto funcionamiento del prototipo electrónico. Esta prueba se realizó, del funcionamiento de todo el sistema electrónico y el funcionamiento del código del prototipo, cabe mencionar que se hicieron 20 pruebas para mayor precisión de los resultados.

1.8 Prueba de funcionamiento del sistema técnico

Esta prueba se realizó para tener mayor precisión en el funcionamiento de los pulsos, para lo cual se realizaron 20 pruebas.

Las pruebas consisten en:

- El funcionamiento correcto de los pulsadores en pictogramas y la salida de audio, del pictograma adecuado al presionar un pulsador.
- El funcionamiento correcto de los pulsadores que direccionan al encendido/apagado, el cambio de letras a números, la secuencia ascendente y descendente de los mismos, para el Led Matricial.

Tabla 1

Formulario de prueba de arranque del sistema Técnico

Aspecto a evaluar	Valoración		Observaciones
	SI	NO	
Presión de los pulsadores y La respuesta del audio correcto del pulsador presionado	x		La prueba de pulsaciones fue correcta, las cuales dieron un resultado exitoso.
Presión de pulsadores que direccionan al encendido/apagado, el cambio de letras a números, la secuencia ascendente y descendente de los mismos	x		Los pulsadores presionados, cumplieron el funcionamiento adecuado y el cumplimiento correcto de estas acciones.

Nota. La tabla muestra la validación de prototipo de hardware. Fuente: Elaboración propia en base a pruebas realizadas con Arduino Mega.

4. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

En esta sección se realiza la presentación de los resultados obtenidos de las múltiples pruebas realizadas al prototipo electrónico a nivel de la funcionalidad técnica. En las pruebas se evidenció el buen funcionamiento del prototipo obteniendo los resultados con la siguiente formula

R = (x/n) * 100

1.9 Resultado de las pruebas de funcionamiento de software y hardware

Se realizaron 20 pruebas de las cuales las 19 fueron exitosas por lo tanto se puede mencionar que el resultado de éxito en porcentaje es del 95%.

- Resultado de las pruebas de funcionamiento Técnico del dispositivo electrónico

Se realizaron 20 pruebas de funcionamiento, de las cuales las 20 funcionaron exitosamente, dando así un porcentaje de 100%.

- Prueba de funcionamiento aplicando estadística descriptiva

Para realizar la verificación de la funcionalidad del prototipo se utiliza la estadística descriptiva, con el análisis y resultados obtenidos.

Se realizaron 20 pruebas usando el formulario de validación para el funcionamiento de software y hardware de las cuales 19 fueron exitosas, otras 20 pruebas realizadas para el funcionamiento técnico del Tablero electrónico con pictogramas. Entonces cabe mencionar que se obtuvo un total de 40 pruebas de las cuales 39 fueron exitosas.

Entonces:

$$N = 40, X = 39, R = ?$$

$$R = \frac{X}{N} \quad R = \frac{39}{40}$$

$$R = 0.975 * 100 = 97.5\%$$

$$(1 - R)$$

$$(1 - 0.975) = 0.025 * 100\% = 2,5\%$$

$$R = 97.5 \%$$

Pruebas de funcionalidad del tablero electrónico con pictogramas

Las pruebas se realizaron en terapias a Centro Virgen Niña – EPDB, con niños de las áreas de Autismo y Apoyo pedagógico.

En el primer contacto, los niños identificaron y seleccionaron los pictogramas, además de formar las frases indicadas por los educadores, para el reconocimiento adecuado de imagen y sonido de los pictogramas.

Posteriormente se procedió a la utilización de la pantalla Led Matricial, teniendo la función de mostrar el abecedario en letras mayúsculas y

letras minúsculas, además de los números. El resultado fue positivo ya que los niños identificaron favorablemente las letras y el conteo progresivo de los números.

Luego se procedió a la utilización el sensor para el reconocimiento de color, esta función fue aceptada con conformidad por los y las educadoras, ya los niños lograron identificar los colores calibrados.

Figura 8

Educadora con el niño en la utilización del tablero electrónico con pictogramas.



Nota. La ilustración muestra una fotografía con el uso del tablero de niños con discapacidad intelectual del centro Virgen Niña. Fuente: Elaboración propia en base al uso del tablero electrónico didáctico terminado.

-Prueba de funcionalidad mediante método estadístico

La prueba será demostrada mediante el método estadístico para medir la confiabilidad del Alfa de Cronbach, para lo siguiente se aplicará una tabla de valoración que nos permite medir la funcionalidad.

Tabla 2

Valoración Atributos Funcionalidad

Atracción	Primer contacto Asimilación	Aceptación moderada con guía	Reconocimiento e Identificación Satisfactoria	Utiliza de forma óptima la funcionalidad
1	2	3	4	5

Nota. La tabla muestra los parámetros de la funcionalidad del tablero electrónico didáctico para niños con discapacidad intelectual. Fuente: Elaboración Propia en base a las pruebas realizadas en el centro Virgen Niña.

Tabla 4

La Funcionalidad del tablero electrónico con pictogramas en terapia de los niños

Uso del Tablero Electrónico con pictogramas	Área autismo			Área Pedagógica		TOTAL
	Niño 1	Niño 2	Niño 3	Niño 4	Niño 5	
Días de Terapias						
Lunes 1	2					2
Martes 2		1	2	2		5
Miércoles 3	3			2	2	7
Jueves 4			2		2	4
Viernes 5		2			3	5
Lunes 6	3					5
Martes 7		2	3	3		8
Miércoles 8	4			3	4	11
Jueves 9			4		4	8
Viernes 10		3			5	8
Varianza	0,5	0,5	0,6875	0,25	1,22222222	
Suma de Varianzas	3,15972222					
SUMA DE LOS ITEMS						6,01

Nota. La tabla muestra los resultados de las pruebas realizadas en niños con discapacidades en autismo y lento aprendizaje. Fuente: Elaboración propia en base a las estadísticas de la toma de muestras del centro de educación para niños con discapacidad Virgen Niña.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Se tiene los siguientes datos:

K= Número de ítems del instrumento = 4

$\sum S_i^2$ = Sumatoria de varianzas de los ítems = 3,15972222

S_T^2 = Varianza total del instrumento = 6,01

α =Coeficiente de confiabilidad de la terapia = 0,63

Por tanto, se puede determinar estadísticamente que el uso del Tablero Electrónico con pictogramas, en terapias a los niños con discapacidad intelectual presenta una confiabilidad de su función, se obtuvo 0.63 y según la tabla de rango de Confiabilidad marca el producto como Confiable.

5. CONCLUSIÓN

El resultado del prototipo del Tablero didáctico electrónico con pictogramas para niños con discapacidad intelectual, ha sido satisfactorio debido al resultado obtenido con éxito en las diferentes pruebas previas indicadas en el presente documento.

Se logró desarrollar un tablero didáctico electrónico con pictogramas, que será un aporte en el proceso de enseñanza – aprendizaje para niños de 6 a 11 años de edad con discapacidad intelectual, siendo un dispositivo de fácil comprensión ya que los niños encuentran un modo rápido y sencillo de expresar mensajes.

Se logró brindar facilidad de adaptación al prototipo para el proceso de enseñanza – aprendizaje, los educadores y niños presentaban dificultades y demoras al momento de realizar una función determinada en el proceso, ya que la tecnología utilizada, maneja indicadores de mayor eficiencia a comparación de mecanismos artesanales utilizados actualmente en este tipo de centros infantiles y de esta manera mejorar sus aptitudes intelectuales y motoras, que mediante un proceso continuo con apoyo de los educadores puede llegar a disminuir las discapacidades intelectuales de los niños en los cuales se realizaron los estudios indicados en el presente documento.

En cuanto a las recomendaciones es necesario observar con que población se trabajará previamente a la realización de los pictogramas y el uso general del tablero electrónico, ya que depende del tipo de discapacidad que tienen los niños en los diferentes centros de acogida.

Así mismo para la construcción del prototipo final es necesario considerar materiales suaves y a la vez durables para que los niños no sufran ningún tipo de accidente al hacer uso del mismo, la estructura debe estar cubierta por un material blando, que evite daño físico en los niños, tomando en cuenta que existe momentos en el que pueden presentar movimientos involuntarios.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aprendiendo Arduino. "Aprendiendo a manejar Arduino en profundidad". Consultado en 29 de marzo de 2022:
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/atmel/>
- Arduino: "Tecnología para todos". (2015). Consultado en 29 de agosto de 2021:
<http://arduinodhtics.weebly.com/questqueacute-es.html>
- Arduino-Hardware. consultado: 20 de abril de 2022:
<http://dSPACE.upse.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPSGT000511.pdf>
- Belloch, C. (S/F). "Recursos tecnológicos para personas con problemas graves de comunicación". Innova Mide: Valencia.
- Discapacidad Intelectual. Consultado en 5 de marzo de 2022.
<https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/childdevelopment/hoja-informativa-sobre-discapacidad-intelectual.html>
- Elecctroall. "Módulo DFplayer mini Reproductor mp3 para arduino". Consultado en 28 de marzo de 2022.
<https://www.electroallweb.com/index.php/2020/07/22/modulo-dfplayer-mini-reproductor-mp3-tutorial-completo/>
- Electrónica Práctica Aplicada, (EPA). (2014). "Pulsador". Consultado en 3 de abril de 2022.
<https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/pulsadores-sin-rebotes>
- Espinoza, F. (2019). "El microcontrolador Atmega328P". Oaxaca.
- Gaceta Oficial de Bolivia (2012). *Ley General Para Personas con Discapacidad* Ley N° 223/2012, Bolivia.
- Gómez, M. y Díaz, L. (2012). "Tema: 5 Tecnologías para la comunicación aumentativa con ayuda".
- Gutiérrez, C. (2009). "Aplicabilidad de las metodologías de diseño de producto en el desarrollo y creación de páginas web y diseños gráficos". Medellín.

PLAN DE SEGURIDAD INFORMÁTICA EN LA UNIDAD EDUCATIVA “ VILLA TUNARI ” EL ALTO

INFORMATION SECURITY PLAN IN EDUCATIONAL UNITS OF EL ALTO

Santos Celso Beltran Sullcani¹
Lidia Máxima Rodríguez Choque²

¹Ingeniero de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

²Licenciada en Ingeniería de Sistemas
Docente Universitario - Carrera Ingeniería De Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

RESUMEN

El presente artículo está estructurado sobre la base de seguridad de la información, cuyo objetivo principal está centrado en determinar las fortalezas y debilidades existentes en las Unidades Educativas de El Alto, también el almacenamiento y respaldo de la información que se deben proteger, para facilitar la restauración de datos importantes en caso de pérdida. El tipo de investigación aplicado fue estructurado sobre la base de los resultados del análisis cualitativo, para la recopilación de los datos, tomando como muestra a la U. E. “Villa Tunari”. En los resultados obtenidos, lo más relevante se denota que el encargado de laboratorio tiene respaldos digitales como son: archivos en la PC, CD y discos externos, el flujo de datos es importante al momento de conocer el funcionamiento de políticas de seguridad, es por esa razón que en la investigación se evidencia la necesidad de un esquema de gestión de documentos en formato digital.

Palabras clave:

Seguridad de la información, almacenamiento, información, políticas de seguridad.

ABSTRACT

This article is structured on the basis of information security, whose main objective is focused on determining the existing strengths and weaknesses in the Educational Units of El Alto, as well as the storage and backup of the information that must be protected, to facilitate the restoration of important data in case of loss. The type of applied research was structured on the basis of the results of the qualitative analysis, for the collection of data, taking the U. E. “Villa Tunari” as a sample. In the results obtained, the most relevant is that the person in charge of the laboratory has digital backups such as: files on the PC, CD and external disks, the data flow is important when knowing the operation of security policies, that is why This is the reason that the research shows the need for a document management scheme in digital format.



Keywords:

Security of the information, storage, information, security politics.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas e instituciones ven el tema de seguridad de la información como uno de sus grandes preocupaciones, en el aspecto de cómo mantener su seguridad libre de potenciales ataques sin consentimiento, ya que los recursos tecnológicos, han añadido el uso del internet, información o datos informáticos que deben estar acordes a los principios de integridad, confidencialidad y disponibilidad.

La información es el principal activo de toda institución, ya sea de forma impresa, almacenada electrónicamente, transmitida por correo, ilustrada en películas o hablada en conversaciones, la información está constantemente bajo amenazas internas, externas, accidentales o maliciosas, con el incremento del uso de nueva tecnología para almacenar, transmitir y recobrar información se tiene una variedad de amenazas.

La seguridad de la información en toda institución permite crear procesos únicos y personalizados para ayudar con la regulación de seguridad y protección de datos, mediante esta investigación se tiene prevista la planificación eficiente, para acelerar los procesos de búsqueda, mejorar la organización y respaldo de la información.

La seguridad de la información es primordial en las organizaciones para garantizar la continuidad de la empresa o institución, con el propósito de apoyar a todas aquellas entidades empresariales e institucionales que

hacen uso de las tecnologías, con la finalidad de fortalecer la creación y manejo de sus políticas de seguridad. (Quiroz Zambrano & Macías Valencia, 2017).

La seguridad de la información se puede definir como controles que se implementan para proporcionar confidencialidad, integridad y disponibilidad para todos los componentes de los sistemas informáticos. Tanto la información como los componentes de la computadora sean utilizables y estén protegidos de personas o software que no deberían acceder a ellos ni modificarlos. (Gannaway, 2019).

Todo sistema de información lleva a cabo una serie de procesos que se agrupan en: recolección de datos, almacenamiento, tratamiento y distribución de la información, estos sistemas son desarrollados para ayudar en el desempeño de las tareas que se prevén realizar. (Fernández H., 2015).

Tomamos como muestra la Unidad Educativa "Villa Tunari" ubicada en la zona con el mismo nombre de la ciudad de El Alto, actualmente no cuenta con un esquema de copias de seguridad definido para realizar el respaldo de la información de los estudiantes (certificaciones, calificaciones e información personal). La unidad educativa cuenta con una red LAN donde no se cuenta con una política de gestión de usuarios para restringir

accesos en determinados equipos con información delicada, lo que conlleva la pérdida de confidencialidad e información en caso de eliminación de datos.

El área administrativa comparte reportes e informes mediante correo electrónico (Hotmail), sin ningún tipo de seguridad, poniendo en evidencia los riesgos de integridad y confidencialidad.

La unidad educativa cuenta con el sistema académico denominado RUDE (registro único de estudiante) que sirve para supervisar las decisiones y el rendimiento de cada estudiante para poder comprobar el avance en las materias y realizar un control educativo tanto a nivel de formación como económico, para informar al Ministerio de Educación. El mismo contiene toda la información acerca de las calificaciones de los estudiantes, en la actualidad no existe una persona que se ocupe de monitorear la obtención de las copias de seguridad de este sistema o si se están ejecutando correctamente, además estas copias se realizan cuando la secretaria recuerda realizarlas, poniendo en riesgo la pérdida de información académica de la institución.

Esta investigación plantea analizar el estado actual y el desempeño real en materia de seguridad de la información y sobre la base al mismo, realizar el análisis de riesgos para determinar las amenazas y vulnerabilidades de la información, para luego plantear a la institución políticas de seguridad acorde a los estándares internacionales (ISO 27001) que contemplen: auditorías a la seguridad de la información, esquemas de backup y hardening, que consiste en reducir y evitar las amenazas a nivel

de sistema operativo y cifrado de la información para envío por medio de correo electrónico.

La norma ISO 27001, es una norma internacional que permite el aseguramiento, la confidencialidad e integridad de los datos y de la información, así como de los sistemas que la procesan.

La aplicación de ISO-27001 significa una diferenciación respecto al resto, que mejora la competitividad y la imagen de una organización. Esto se logra investigando cuáles son los potenciales problemas que podrían afectar la información (conocido como evaluación de riesgos) y luego defender lo que es necesario para evitar que existan problemas (mitigación o tratamiento de riesgos).

El objetivo de esta investigación es realizar una investigación a profundidad dentro de un marco de referencia como lo es la normatividad ISO 27001. La investigación que se plantea es del tipo descriptivo que permitió conocer la situación actual mediante la descripción exacta de las actividades, procesos, recolección de datos y personas de la Unidad Educativa Villa Tunari, resultados que permitirán un modelo para su aplicación en entidades educativas de similares características en la urbe alteña.

2. MATERIALES Y MÉTODO

Inicialmente se realizó un relevamiento de información en la unidad educativa "Villa Tunari", bajo el esquema propuesto por la norma ISO 27001.

Se utiliza la técnica de la entrevista al encargado del laboratorio de informática



y personal administrativo de la Unidad Educativa Villa Tunari, permitiendo resaltar aspectos relevantes del objeto de estudio, mediante el instrumento cuantitativo de la encuesta.

Para abordar el presente trabajo se distinguen 3 etapas:

ETAPA 1: Diagnóstico

Identificación de los riesgos asociados al sistema de información en la Unidad Educativa "Villa Tunari".

Se Identificaron los riesgos asociados al sistema de información en la unidad educativa mediante el Instructivo para gestión de la Herramienta de Diagnóstico de Seguridad y Privacidad de la Información según NORMA ISO 27001.

Tabla 1

Escala Nivel de Cumplimiento Norma ISO 27001

Descripción	Calif.	Criterio
No aplica	N/A	No aplica
Inexistente	0	Total, falta de cualquier proceso reconocible. La Organización ni siquiera ha reconocido o que hay un problema a tratar. No se aplican controles.
Inicial	20	1. Hay una evidencia de que la Organización ha reconocido que existe un problema y que hay que tratarlo. No hay procesos estandarizados. La implementación de un control depende de cada individuo y es principalmente reactiva. 2. Se cuenta con procedimientos documentados, pero no son conocidos y/o no se aplican.
Repetible	40	Los procesos y los controles siguen un patrón regular.
Definido	60	Los procesos y los controles se documentan y se comunican.

Descripción	Calif.	Criterio
Gestionado	80	Los controles se monitorean y se miden.
Optimizado	100	Las buenas prácticas se siguen y automatizan.

Nota: De acuerdo con la Tabla de Escala Nivel de Cumplimiento ISO, se puede establecer que la calificación de la Unidad Educativa Villa Tunari es de 60 puntos lo que le permite tener un nivel Definido. (Ver anexo 2).

ETAPA 2: Análisis y evaluación del riesgo

Encuestas: Con el fin de determinar el grado de conocimiento del personal en los temas referentes a la seguridad de la información, se elaboran las siguientes tablas.

Tabla 2

Identificación de cargos y funciones que desempeñan los encuestados.

Pregunta: ¿Qué tipo de función desempeña en la Unidad Educativa?	
OPCIONES	RESPUESTA
Director (a)	1%
Personal docente	80%
Personal administrativo	19%

Tabla 3

Tipo de sistema operativo instalado

Pregunta: ¿Qué tipo de Sistema Operativo está instalado en los equipos de computación de la Unidad Educativa?	
OPCIONES	RESPUESTA
Microsoft Windows	100%
Linux	
Otro	



El sistema operativo utilizado y que prevalece es: Microsoft Windows, no se descarta si tienen o no licencias oficiales, por consiguiente, el 100% usa software de pago.

Tabla 4

Pregunta: ¿Considera usted que la información generada en la Unidad Educativa está segura y protegida?	
OPCIONES	RESPUESTA
Sí	30%
No	60%
No sé	10%

Muestra que una mayoría de los encuestados no tiene la confianza que la información se encuentra protegida y segura.

Tabla 5

Pregunta: ¿En qué nivel de seguridad considera que está?	
OPCIONES	RESPUESTA
Riesgo Alto	30%
Riesgo Intermedio	50%
Riesgo Bajo	20%

Muestra que una mayoría de los encuestados consideran un nivel de seguridad intermedio.

Tabla 6

Tabla de Diagnóstico

DATOS	
Tipo de entidad	Pública
Misión	Mejorar la calidad educativa en la Unidad Educativa “Villa Tunari Tarde”, formando integralmente a estudiantes con conocimientos científicos, críticos, reflexivos, participativos, creativos con valores ético morales acorde a las realidades y necesidades de la sociedad empleando estrategias innovadoras que permitan desarrollar en nuestros estudiantes...

DATOS	
Tipo de entidad	Pública
Misión	una autoestima con actitud mental positiva y progresista demostrando una sólida preparación académica y vocación de servicio integrando la participación de docentes, padres de familia y consejo educativo, comprometidos con el proyecto socio comunitario productivo.

PREGUNTAS	
¿Qué le preocupa a la Unidad Educativa en tema de seguridad de la información?	A la Unidad Educativa Villa Tunari, le preocupa que la información confidencial sea vulnerada, se pierda o le den uso inadecuado.
¿En qué nivel de seguridad se encuentra?	Intermedio

ETAPA 3: Política de confidencialidad de la información

Define lineamientos esenciales, sobre la administración y seguridad de la información, tiene como objetivo preservar la confidencialidad, integridad y disponibilidad en cuanto a información se refiere.

Para la Unidad Educativa “Villa Tunari”, se definieron como políticas para mejorar la Seguridad de la información los siguientes aspectos detallados a continuación:

- La información es imprescindible para la gestión de la Unidad Educativa.
- Para la Unidad Educativa la información debe ser administrada bajo los estándares de seguridad.
- La seguridad de la información es responsabilidad de todos.
- La Unidad Educativa decide cumplir



con la normativa vigente en relación a reserva y privacidad de la información.

- Solamente los usuarios autorizados pueden acceder a la información.
- Todo usuario deberá notificar cualquier actividad o situación que afecte a la seguridad de la información.
- Las políticas de seguridad de la información regirán mediante los métodos utilizados como son: (información impresa, Base de Datos, respaldos magnéticos, otros).
- Las políticas referentes a seguridad de la información estarán controladas por el personal definido por la Unidad Educativa.
- Verificar el estado del disco duro, que son medios de almacenamiento.
- Una vez restaurada la información es deber de los responsables verificar su integridad.
- Antes de formatear los discos duros, se debe garantizar la salvaguarda de la información que esté alojada en los equipos donde se realizará el respectivo mantenimiento.
- En el caso de daño de un disco duro, el responsable deberá contar con herramientas y mecanismos técnicos y tecnológicos para buscar salvar la información del dispositivo averiado.
- Realizar el backup de la información cuando algún funcionario de la Unidad Educativa sea retirado.

3. RESULTADOS

Mediante el Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI),

se logra tener mayor control en el tema de seguridad, logrando la protección y confidencialidad de la documentación, así como también la información, esto se logra aplicando los elementos detallados a continuación:

- Actualizar la información, mediante revisión, clasificación y mitigación de las posibles amenazas.
- Aplicar los elementos de la política de seguridad de la información del personal de la Unidad Educativa.
- Control de riesgo y problemas encontrados en la seguridad de la información.
- Sobre la base a procesos internos aplicar procedimientos establecidos en relación a seguridad los cuales son:
- Esquemas de backup.
- Cifrado de la información para el envío mediante correo electrónico.
- Auditoria a la seguridad de la información.
- Protección de los datos.

Los procedimientos mencionados se realizaron en base a la información proporcionada por la Unidad Educativa, para resolver falencias como la disponibilidad, confidencialidad e integridad de la información.

4. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

La seguridad de la información en la Unidad Educativa "Villa Tunari", en forma general puede aseverarse que son seguras, aunque han tenido algunos inconvenientes con la señal de internet y cierres automáticos en algunos equipos de computación.

Con las respuestas facilitadas por los encuestados, se evidenció que existen amenazas y vulnerabilidad a la información.

Es importante implementar políticas de seguridad de la información en la Unidad Educativa "Villa Tunari", ante posibles amenazas, ya que la información es relevante para la institución.

Con la política de seguridad aplicada a la Unidad Educativa, se tiene previsto asegurar que el personal tenga conocimiento de su responsabilidad para mantener la seguridad de la información.

Al momento de hablar de respaldos de la información, se tiene entendido que guardan en carpetas físicas para futuros reportes que el personal así lo requiera, por otra parte, preferían respaldar la información en su disco duro.

Una razón para implementar el plan de seguridad de la información es el tema de respaldo, tener asegurada la información de todos sus registros y prevenir la pérdida de la información.

5. CONCLUSIÓN

Existen normas de seguridad informática como: ISO 27001, las cuales son necesarias al momento de implementar en las unidades educativas, que permiten organizar la información y estructurar los sistemas informáticos para la prevención de riesgos y amenazas.

El relevamiento de información permitió analizar y extraer los resultados donde se evidenciaron los riesgos de seguridad en la información. El

desarrollo de una política de seguridad en la Unidad Educativa, permitió reflejar el estado en el cual se encuentra el nivel de seguridad.

Mediante el análisis realizado en base a la norma ISO 27001, permitió identificar la necesidad de implementar un plan de seguridad, con la finalidad de mitigar los riesgos o vulnerabilidades que pueda estar expuesta la Unidad Educativa.

Con la aplicación de los procedimientos de seguridad, se logrará una gestión eficiente de seguridad de la información y lo más importante, se logrará brindar protección a los datos de la institución.

Es importante que la Unidad Educativa a través de la dirección, tenga conocimiento sobre la gestión de seguridad de la información, para lo cual deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- La gestión de seguridad debe generar informes con el estado actual del sistema.
- Revisar el cumplimiento de los objetivos establecidos en cada fase.
- Reportar el total de incidencias encontradas.

Se recomienda realizar una auditoría anual al modelo de gestión de seguridad teniendo en cuenta los riesgos, amenazas y vulnerabilidades encontradas, se puede programar varias auditorías al año enfocándose en las fases donde se observe una mayor debilidad.

La seguridad de la información es responsabilidad compartida de todos los niveles de la institución, que requiere del apoyo de todos ellos, dirigida por un plan de seguridad y una adecuada coordinación.

Mediante la muestra analizada, se puede inferir que la situación de las condiciones de seguridad de la información, es para la mayoría de las unidades educativas de la ciudad de El Alto y que el modelo que se propone puede ser generalizado para mejorar la seguridad de la información.

6. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la directora de la Unidad Educativa "Villa Tunari" Lic. Antonia Zarzuri Quijo, por su apoyo y colaboración al momento de realizar la presente investigación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Langer, S. G. (2017). Problemas de ciberseguridad en la tecnología de la información.
- Baca, G. (2016). Introducción a la Seguridad Informática ISBN ebook: 978-607-744-471-8. México: Grupo Editorial Patria.
- Canes, M., Pérez, Y., & Callis, S. (2011). Acerca de los virus informáticos: una amenaza persistente. MEDISAN v.15 n.2 versión On-line ISSN 1029-3019, 257-260.
- Hurtado, M. (2019). Gestión de riesgos, Metodologías Octave y Magerit. Metodología de Análisis de Riesgo - Universidad Piloto de Colombia., 21 - 34.
- Romero, M., Figueroa, G., Vera, D., Álava, J., Parrales, G., Álava, C., Castillo, M. (2018). Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades. Manabí: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

7. ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 7

Estructura en la seguridad de la información.

	Alta	Media	Baja
Seguridad del software		X	
Seguridad del hardware		X	
Seguridad de la red		X	

Denotamos que no existen elementos de mejora en cuanto a la seguridad de la información, por lo cual se considera que existen diferentes eventualidades que pueden llegar a suscitarse, las cuales pueden afectar de sobremanera la estabilidad de los equipos informáticos. Se aprecia que, dentro de los impactos negativos generados por el mal manejo, se podrían suscitar lo siguiente:

- Conexión a la red de forma deficiente.
- Mala distribución de la red.
- Falta de estandarización.

ANEXO 2

Fases

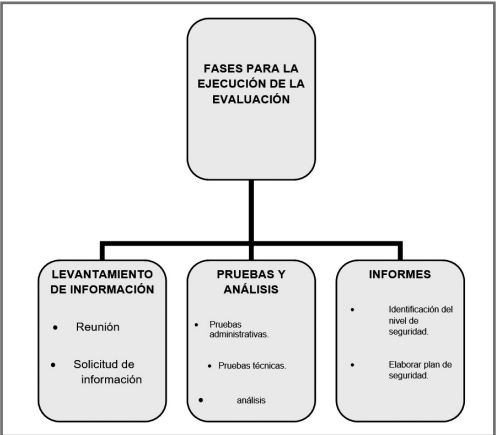




Tabla 8

Diagnóstico

RESPONSABLE	TEMA
Administrativo	Revisión de la seguridad de la información.
Administrativo	Cumplimiento con las normas de seguridad.
Administrativo	Realización de backups de la información.
Administrativo	Revisión y ejecución de las políticas de seguridad.

Muestra la calificación de acuerdo a la escala de evaluación de los controles existentes en la Unidad Educativa.

El Modelo de Seguridad y privacidad de la información, se creó como un instrumento para realizar diagnósticos del estado de la seguridad de la información en las organizaciones públicas, con herramientas que indican el nivel de madurez y la gestión en seguridad de la información. El Modelo de Seguridad y privacidad de la información está basado en la norma ISO 27001, y cuenta con todos los requisitos y controles necesarios para aplicar en la Unidad Educativa, e instaurarlos dentro de los procedimientos y políticas.

Tabla 9

Proceso de revisión de la seguridad de la información

Satisfactorio: S	Deficiente: D			Ausente: A
ITEM	ESTADO			DESCRIPCIÓN
	S	D	A	
Revisión		X		No cuenta con una administración de usuarios actualizado.
Políticas de seguridad		X		No tiene políticas de seguridad actualizada.
Respaldo de la información			X	No existe proceso de backup de la información.

Tabla 10

Ciberseguridad

CIBERSEGURIDAD	CALIFICACIÓN	META
Detectar	51	60
Identificar	41	60
Proteger	42	60
Recuperar	26	60
Responder	51	60
TOTAL	42,2	

CRİPTOGRAFÍA APLICADA AL SERVICIO DE MENSAJERÍA MÓVİL

CRYPTOGRAPHY APPLIED TO THE MOBILE MESSAGING SERVICE

Enrique Flores Baltazar¹

¹Magister Scientiarum en Tecnologías de la Información y Seguridad
Informática
Docente Universitario - Carrera Ingeniería de Sistemas
Universidad Pública de El Alto - El Alto - Bolivia

RESUMEN

El trabajo presenta los resultados obtenidos mediante la investigación científica respecto de la criptografía aplicada al servicio de mensajería móvil.

El resultado nos muestra aspectos positivos sobre la comparación de aplicaciones destinadas a la encriptación de mensajería, teniendo como objeto de estudio, tres aplicaciones. La observación de la encriptación de mensajerías nos da la evidencia de las cualidades y características de estos aplicativos, permitiendo tener información al usuario en el ámbito de conocimiento por medio de herramientas de cifrado en la manipulación de información privada.

Palabras Clave:

Cifrado, algoritmo, encriptación, seguridad, aplicación.

ABSTRACT

The work presents the results obtained through scientific research regarding cryptography applied to the mobile messaging service.

The result shows us positive aspects regarding the comparison of applications for messaging encryption, having three applications as the object of study. The observation of the encryption of messages gives us evidence of the qualities and characteristics of these applications, allowing the user to have information in the field of knowledge through encryption tools in the manipulation of private information.

Keywords:

Encryption, algorithm, encryption, security, application.

1. INTRODUCCIÓN

En la historia de la humanidad ha estado presente la criptografía con diferentes etapas, desde los conceptos jeroglíficos del Egipto antiguo pasando por los más como los trabajos desarrollados en Bletchley Park. En la actualidad la humanidad cuenta con herramientas de cifrado para todo tipo de trabajo y aplicación.

"La criptografía es un mecanismo que permite establecer canales de comunicaciones seguras entre dos puntos, cumpliendo, además, las características mencionadas en el punto anterior. Cuando establecemos comunicación con otro equipo asumimos que nuestros mensajes son depositados generalmente en un medio hostil y necesitamos proveer sobre ellos cierta seguridad que permita su protección en los casos más desfavorables". (Blanco Delgado, 2014)

La criptografía comprende principalmente de tres características; El tipo de operación usada para transformar un mensaje plano a un mensaje cifrado, la forma en la que el texto se procesa y el número de claves usadas.

Si bien los algoritmos tienen bases en los principios de sustitución del mensaje plano, se mapea o transforma en otro elemento, la transposición y la ordenación de estos elementos, también pueden ser cifrados por bloques, asimismo al hacer uso de una misma clave entre, el emisor y el receptor, se dice que el sistema es simétrico, pero si estos hacen uso de dos claves, se dice que es un sistema asimétrico.

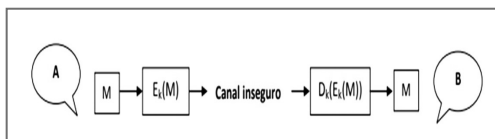
Criptografía simétrica

La criptografía es simétrica cuando el emisor y el receptor hacen uso de la misma clave, ella es necesaria para la comunicación entre ambas. Cuanto más larga sea la cadena de caracteres de la clave mayor será la seguridad.

El modelo de cifrado simétrico está compuesto por seis elementos; el mensaje plano, el algoritmo de cifrado, las claves de cifrado, el texto cifrado y el algoritmo de descifrado.

Figura 1

Esquema básico de Criptografía simétrica



Nota: La figura representa el esquema que sigue la criptografía simétrica.

Fuente: Adaptada de autenticación de un móvil GSM. (Ceres, 2022)

Principalmente los dos requisitos básicos para el cifrado simétrico son: Un fuerte algoritmo de cifrado tal que un oponente que sepa el algoritmo y tenga acceso a uno o más textos cifrados no podría descifrar el texto o averiguar la clave; Emisor y receptor deben haber obtenido copias de la clave secreta de un modo seguro y mantener dicha clave segura. Estos requisitos tienen base en los "Principios Kerckhoffs".

Estos principios se refieren a: Conforme pase el tiempo y la tecnología vaya en aumento los sistemas podrán descifrar las claves, por más larga y dificultosa que esta sea, de tal modo se deba aumentar el tamaño de estas. Por ello el



sistema teóricamente no es irrompible, al menos debe serlo en la práctica.

Tanto la capacidad del sistema y su desempeño muestran la independencia de la seguridad de este, es decir que, aunque se conociera la forma de implementación de la seguridad del sistema, este aun así no debe ser capaz de romper su seguridad.

A veces la extensión de los caracteres en el uso de las claves puede comprometer la seguridad del sistema, ya sea por falta de recordarla o la pérdida de estos. Por ello las claves deben ser fácilmente memorizables y de no recurrir a notas escritas.

Finalmente, la Operabilidad de los sistemas deben ser amigables a los usuarios, tal que ellos tengan la facilidad de acceso al sistema, como en la utilización de los criptogramas alfanuméricos.

Criptografía Asimétrica

Cuando se hace referencia a la criptografía Asimétrica, debemos tener en cuenta que ella usa dos claves diferentes, una para el cifrado y otra para el descifrado, para el cifrado de las mismas, se conocen como clave pública y clave privada.

El cifrado asimétrico es uno de los tipos de cifrado informático más potentes, y las técnicas de cifrado están diseñadas en base al uso de una fórmula matemática muy compleja para crear un par de claves: la clave privada y la clave pública. Gracias a estas claves, se crea un canal de comunicación seguro entre las partes, donde el emisor y el receptor deben utilizar un cifrado asimétrico con un mismo algoritmo específico, lo que les permitirá generar un conjunto de

claves único y no redundante para cada parte. Durante esta comunicación, el emisor y el receptor comparten su clave pública; estas claves luego encriptan los mensajes que intercambian. Las claves privadas descifrarán estos mensajes para averiguar su contenido. Este proceso imposibilita que terceros interfieran en la comunicación y visualicen el contenido del mensaje.

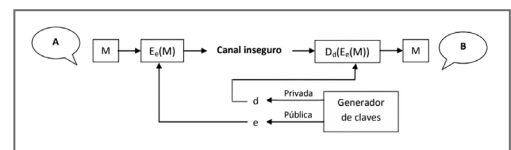
Este proceso, que parece simple, pero esconde años de investigación y poderosos algoritmos, es ampliamente utilizado en Internet. Puede encontrar ejemplos de cifrado asimétrico en nuestras comunicaciones en WhatsApp o Telegram o en nuestro acceso a correo electrónico.

La clave pública es conocida por todos los participantes de la comunicación, se guarda, administra y difunde por determinados servidores. La clave privada es conocida únicamente por el propietario, donde la clave pública realiza el cifrado de la comunicación y la clave privada descifra el mismo.

Básicamente el cifrado de la clave pública tienen seis componentes; el mensaje plano, algoritmo de cifrado, clave pública, clave privada, texto cifrado y el algoritmo de descifrado.

Figura 2

Esquema de Criptografía Asimétrica



Nota: La figura representa el esquema que sigue la criptografía asimétrica.

Fuente: Adaptada de criptografía de clave. (Entrecryptos, 2022)



Para llevar a cabo la encriptación de información, actualmente contamos con dos tipos de algoritmos, los simétricos o de llave privada que se caracterizan por emplear la misma clave tanto para cifrar como para descifrar (Martínez Laguado, 2020) y los asimétricos o de llave pública que aquellos que emplean una doble clave; La primera clave se conoce como clave privada y se emplea para la transformación de descifrado, mientras que la segunda se le conoce como clave pública sirve para el cifrado (Meza, 2014) con los cuales podemos encriptar dicha información para mantener la integridad de la misma.

"Analizando la incidencia desde el punto de vista funcional, no hay dudas que el teléfono celular ha contribuido a mejorar las comunicaciones interpersonales. Es curioso, pero a los jóvenes de hoy en día, les resulta increíble que en el pasado la gente no tuviera la posibilidad de comunicarse cuando estaba fuera de su hogar, o peor aún, debiera esperar una semana para hacer llegar un mensaje de texto, que en aquel entonces era una carta que dejaba en manos del correo postal. Otro de los avances que traerá la tecnología del futuro serán las nuevas generaciones de chips de alta densidad. No es poca cosa si consideramos que gracias a ellos los celulares tendrán una capacidad de memoria enorme, lo que implica almacenar miles de fotos, videos, mails, grabaciones de voz y música". (Porati, 2010)

Las computadoras llegan a interactuar con los dispositivos externos, estos aspectos son; Programas, relacionar y vincular los dispositivos externos con el Internet. Tales como la detección de electrodomésticos en el hogar, como la visualización de imágenes desde el celular a la pantalla de la sala y las

aplicaciones de videoconferencia desde el "Messenger", son algunos ejemplos de la forma en que las computadoras operan en términos de la comunicación por medio de señales de radio y del espectro electromagnético.

Los dispositivos móviles actualmente cuentan con recursos limitados, y se hace muy importante seleccionar un algoritmo, herramienta de encriptación que puedan ser utilizados dentro de las aplicaciones, por el usuario. En tal sentido, el siguiente trabajo pretende mostrar la evolución y uso en la actualidad de la criptografía respecto del servicio "SMS" que tienen los dispositivos móviles.

En este tema, las personas que realizan el envío y la recepción de mensajes pueden aplicar la criptografía como un medio de transporte de datos seguro, usando diversos métodos, ya que actualmente las personas utilizan los medios de comunicación textual o mensajería para el envío de datos privados o información muy importante para ellos, aplicativos tales como: WhatsApp, Telegram, entre otros, son aplicaciones de mensajería instantánea, que por su uso masivo emplean métodos de seguridad. A pesar de la seguridad empleada, no son 100% seguras, si emisor y receptor conocieran de la criptografía, se orientaría para el envío de esta información privada, en base a llaves o claves de seguridad.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Método

Esta investigación tiene un paradigma positivista. (Ricoy, 2006) indica que el "paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial

y científico tecnológico ". Por tanto, el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica. (p. 14).

El enfoque de la presente de la investigación es cuantitativo, que tiene el objetivo de mostrar los resultados encontrados en experimentación con aplicativos en el área de estudio.

Alcance

El alcance de la siguiente investigación es exploratorio ya que profundiza el estudio respecto a los métodos de encriptación de datos aplicados en los dispositivos móviles.

La investigación exploratoria: "Es objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado del cual se tiene muchas dudas o se ha abordado antes, Es decir cuando existen solo ideas vagamente relacionadas con el tema". (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1997)

3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Revisión Bibliográfica

Este enfoque cualitativo trabaja sobre la base de una revisión de literatura que apunta al tema y da como conclusión un marco teórico orientador de la investigación. Estas recolecciones de datos derivan las hipótesis que serán sometidas a prueba para probar la veracidad del estudio. (Hernández y otros, 2010) , apuntan a si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta

evidencia en su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis.

La observación

La observación es el procedimiento empírico elemental de la ciencia que tiene como objeto de estudio uno o varios hechos, objetos o fenómenos de la realidad actual; por lo que, en el caso de las ciencias naturales, cualquier dato observado será considerado como algo factual, verdadero o contundente; a diferencia, dentro de las ciencias sociales, el dato será el resultado que se obtiene del proceso entre los sujetos y sus relaciones por lo que no es tan factual y pudiera ser subjetivo. (Bunge, 2007)

En el campo de la investigación la observación es una herramienta planteada como un método por algunos; (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), en otras palabras, la observación es la forma sistémica para registrar visualmente y verídico de los que se pretende conocer, es captar de manera más objetiva posible, para ser descrita, analizarla o explicar desde una visión científica.

4. HERRAMIENTAS

Es importante mencionar que se realizó una exploración web, buscando herramientas de encriptación para mensajería móvil, teniendo los más importantes:

1) Surespot: Mensajería encriptada, cifrado punto-a-punto con clave simétrica (AES-GCM de 256 bits) utilizando claves creadas con 521 bits ECDH derivación secreto compartido, cuenta con la seguridad en surespot incorporado.



Surespot es una de las aplicaciones creada específicamente para la privacidad para seguir llamándola. La mensajería instantánea es muy diferente, por lo que te recomendamos prestar atención a su funcionamiento. Solo tenemos que decirte que este es un proyecto desarrollado para mantener nuestra información completamente privada. (Webedia, 2022)

La arquitectura AES está diseñada en paralelo debido al mayor rendimiento del cifrado AES-GCM y descifrado. El diseño de la arquitectura paralela de expansión de claves está diseñado por la medida de la utilización de un tamaño de clave mayor.

El tamaño de la clave de 256 bits provocará la ejecución de 14 rondas de sustitución y permutaciones necesarias. Asimismo, el tamaño de la clave depende del nivel de seguridad deseado.

El número estándar de transformación rondas de AES-256 son catorce rondas. Como se muestra en la Tabla 1, AES cifra un texto sin formato de 128 bits o descifra 128 bits de texto cifrado aplicando repetidamente la misma transformación redonda un número de veces dependiendo del tamaño de la clave. (Ahmad, Mei Wei, & Jabbar, 2018)

Tabla 1

Combinaciones clave bloque pruebas

	Longitud de la clave (32 bits)	Tamaño de bloque (32 bits)	Número de pruebas
AES-128	4	4	10
AES-192	6	4	12
AES-256	8	4	14

Nota: La tabla describe la longitud de cifrado de AES. Fuente: Adaptado de (Ahmad, Mei Wei, & Jabbar, 2018)

2) CryptApp: Con CryptApp encripta (cifra) tus mensajes y archivos, para que los puedas compartir de forma segura por distintas vías (WhatsApp, Line, Google Drive, Dropbox) y que solo aquellas personas que sepan la clave puedan recuperar tus mensajes y archivos secreto.

CryptApp es muy fácil de usar, y usa algoritmos de cifrados seguros de encriptación como AES (reconocidos como de Alta Seguridad), además con la "Guía Rápida" podrás sacarle el máximo partido a CryptApp en pocos minutos, para realizar tareas como: Cifrado/Descifrado, elección y agrupación de archivos (fotos, vídeos, canciones, carpetas, ...), ocultación de tus mensajes y archivos cifrados mediante esteganografía dentro de una foto, vídeo o canción y envío de tus archivos cifrados a través de Bluetooth, WhatsApp, Line, Google Drive, Dropbox. (Cryptapp, 2022)

3) Callcrypt: Es la próxima generación de comunicaciones seguras y cifradas para móviles y de escritorio. La combinación de encriptación de grado militar con la facilidad de uso intuitivo de una aplicación de mensajería del consumidor para proteger su organización y proporcionar tranquilidad.

Cellcrypt utiliza una doble capa única AES 256 y 384 RC4 esquema de cifrado de extremo a extremo, con nuevas claves de sesión para cada llamada y el mensaje, provisto de mercado que conduce a los usuarios la comunicación cifrada.



Como parte del compromiso de CSG para el cifrado responsable, Cellcrypt solo está disponible para los usuarios empresariales y gubernamentales después de un proceso de selección, y no está disponible para los consumidores individuales.

Cellcrypt está certificado para el estándar FIPS 140-2, aprobado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). (Callcrypt, 2022)

5. RESULTADOS

Las pruebas realizadas fueron a 20 dispositivos móviles con sistemas operativos Android y iOS, se instalaron y ejecutaron los aplicativos de: Surespot, CryptApp, Cellcrypt, luego se realizan la encriptación de mensajería teniendo el siguiente resultado obtenido, representado en la Tabla 2 por niveles de seguridad tales como: alto, medio y bajo.

Tabla 2

Resultado de pruebas en dispositivos móviles.

Nivel de Seguridad	20 dispositivos	Porcentaje de Seguridad (%)
Alto	15	75.00
Medio	3	15.00
	2	10.00

Nota: Nivel de seguridad en el uso de los aplicativos para la encriptación de mensajería.

Se puede observar que el 75% en las pruebas de seguridad fueron factibles obteniéndose un nivel de seguridad alto, lo que da a conocer

que estos aplicativos tienen un buen nivel de seguridad a la hora de enviar mensajería entre dispositivos móviles. La Tabla 3, muestra el resultado de una serie de pruebas en el uso de los aplicativos anteriormente mencionados.

Tabla 3

Resultado de pruebas

Aplicativo	Cifrado	Algoritmo de Cifrado	Soporte de idiomas	Compatibilidad de OS
Surespot	Punto a Punto	AES-GCM de 256 bits	SI	Android iOS
CryptApp	Punto a Punto	AES, DES, TripleDES, BlowFish	SI	Android
Callcrypt	Extremo a extremo	AES 256 y 384 RC4 SHA	SI	Android

Nota: La Tabla describe los resultados obtenidos de los aplicativos utilizados en las rondas de pruebas realizadas.

6. DISCUSIÓN

El campo de la criptografía de muy amplia, en el ámbito de la telefonía móvil de igual manera se fue desarrollando como también evolucionó de manera exponencial, teniendo herramientas de cifrado con diferentes tipos de aplicación.

Los autores mencionados anteriormente se detallan características sobre el tema de la criptografía, teniendo algoritmos, herramientas de cifrado.



Se observa el comportamiento y los resultados obtenidos por algunas herramientas aplicando algoritmos de cifrado, obteniendo diversos resultados, dando a conocer que, dependiendo a las características de la aplicación y el hardware, pero eficientes a la hora del cifrado.

7. CONCLUSIONES

La criptografía aplicada a los dispositivos móviles de comunicación es un área que va en constante crecimiento, el pasar de los años nos muestra que la protección de la información del usuario no es cien por ciento segura; cabe recalcar que tal responsabilidad no corresponde a las herramientas tecnológicas o de la encriptación. El usuario en general debe educarse en este tema de seguridad y saber en qué está fallando.

Dependiendo de las tendencias actuales en seguridad móvil que crean nuevos desafíos y oportunidades, la seguridad debe redefinirse para las aplicaciones de recursos humanos.

Es muy fácil caer en trampas tecnológicas por el cual pueden sustraer información delicada e importante del usuario, entonces tenemos herramientas de cifrado de mensajería con la capacidad de mostrar soluciones en el ámbito de la seguridad. Este ámbito donde se hace énfasis es la utilización de la criptografía como pilar principal.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, N., Mei Wei, L., & Jabbar, H. M. (2018). Advanced Encryption Standard with Galois Counter Mode. *Journal of Physics: Conference Series*, 2-3.
- Blanco Delgado, E. M. (2014). *Diseño y desarrollo de una aplicación Android para el uso de identidades digitales, autenticación y firmas digitales en sistemas interactivos*. Madrid, España.
- Bunge, M. (2007). *La investigación Científica*. México.
- Callcrypt. (10 de Junio de 2022). CALLCRYPT. Obtenido de <https://www.cellcrypt.com/>
- Ceres. (16 de Agosto de 2022). *El Cifrado Digital*. Obtenido de <https://www.cert.fnmt.es/curso-de-criptografia/criptografia-de-clave-simetrica>
- Cryptapp. (10 de Junio de 2022). *CryptApp Mensajes y archivos secretos*. Obtenido de <https://www.descargas.com/app/cryptapp-mensajes-y-archivos-secretos/android/>
- Entrecryptos. (15 de Agosto de 2022). *¿Qué es la criptografía asimétrica?* Obtenido de <https://entrecryptos.com/que-es-la-criptografia-asimetrica/>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptistat Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Mc. Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Martinez Laguado, M. F. (2020). *APLICACIÓN MÓVIL ANDROID PARA PROTEGER INFORMACIÓN POR MEDIO DE CRIPTOGRAFÍA SIMETRICA*. Bucaramanga.
- Meza, N. P. (2014). *Analisis y mejora del rendimiento del algoritmo AES*



para su utilización en teléfonos móviles. Mexico.

- Porati, G. G. (2010). *¿Cómo evolucionaran las casa, computadoras, automóviles, industrias, y robots del futuro?* Argentina: Red Universitaria.
- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas.
- Webedia. (10 de Junio de 2022). *Surespot, una aplicaci+on de mensajería instantánea.* Obtenido de <https://www.xatakamovil.com/conectividad/surespot-una-aplicacion-de-mensajeria-instantanea-realmente-privada>



DICyT UPEA

Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología

Instituto de Investigación
Carrera: Ingeniería de Sistemas
Dirección: Av. Sucre A s/n Villa Esperanza
Telf. (591-2) 2-844177
Sitio web: www.upea.edu.bo