



Publicación cuatrimestral del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Año 22, No 64, mayo-agosto de 2024

TECNOCULTURA

ISSN: 1870-7157

Investigación · Ciencia · Tecnología · Cultura



<https://ortocasa.com/419-sitios-de-codo-nuestro-epico-somis.html/>

**Generador Congruencial
Lineal (GCL) de Números
Pseudoaleatorios: el
Método de la Centena,
Comparativa de
Decalimiento
Generacional**

**Construcción de una
Ortesis de Miembro
Superior para el
Análisis del Monitoreo
de la Mejora de
Lesiones de Codo**

**Contradicciones en la
Expropiación Privada
de la Tecnología en el
Capitalismo**

**Secuencia de
Aprendizaje para el
Entendimiento de la
Técnica de Análisis de
Componentes
Principales para la
Reducción de Datos
de Pacientes
Hipertensos como
Estudio de Caso**





GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

Mtra. Delfina Gómez Álvarez
**Gobernadora Constitucional
del Estado de México**

Mtro. Miguel Ángel
Hernández Espejel
**Secretario de Educación del
Estado de México**

**Tecnológico de Estudios
Superiores de Ecatepec**

SUBCOMITÉ EDITORIAL:

José Antonio Arcos
Casarrubias
Abel Roldán Alatríste
Juan Carlos Bretón Pozas
Isabel de la Luz Membrillo
Venegas
José Luis Chávez Rojas
Verónica Martínez Martínez
Esther Acevedo Arcos
Ángel Hernández Estrada
Ángel Mazza Arias

Corrección de estilo
Rafael Ortiz Hernández

Diseño
Mara Brisa López Vargas

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
UNIDAD DE RELACIONES PÚBLICAS Y DIFUSIÓN



CONSEJO EDITORIAL

Dr. Juan Humberto Sossa Azuela
Dr. Alfonso Totosaús Sánchez
Dr. Martín Salazar Pereyra
Mtro. Fernando Lugo
Dr. Armando Gama Goicochea
Dr. Salvador Contreras Hernández
Mtro. Gustavo Calvillo Gandulfo
Dr. Graciano Calva Calva

COMITÉS TÉCNICOS DE ARBITRAJE

INGENIERÍA INFORMÁTICA

Mtro. Derlis Hernández Lara
Académico de la División de Ingeniería
Informática

Mtro. Emmanuel Tonatiuh Juárez Velázquez
Académico de la División de Ingeniería
Informática

Mtro. Leonardo Moreno Villalba
Académico de la División de Ingeniería
Informática

INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

Mtra. Claudia Lozano Mora
Académico de la División de Ingeniería en
Gestión Empresarial

Mtra. Ingrid Trinidad Calderón
Académico de la División de Ingeniería en
Gestión Empresarial

Dr. Hugo Nathanael Lara Figueroa
Académico de la División de Ingeniería en
Gestión Empresarial

CONTADOR PÚBLICO

Mtra. Juana Mora López
Académico de la División de Contaduría
Pública

Mtra. Elizabeth Mercedes Garmendia
Guerrero
Académico de la División de Contaduría
Pública

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dr. Abraham Jorge Jiménez Alfaro
Académico de la División de Ingeniería en
Sistemas Computacionales

INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

Mtro. Wenceslao Cuauhtémoc Bonilla
Académico de la División de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica e Industrial

Dra. Belem Arce Vázquez
Académico de la División de Ingeniería
Mecánica, Mecatrónica e Industrial

INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

Dra. Mariana Bárcenas Castañeda
Académico de la División de Ingeniería
Química y Bioquímica

Dra. Isabel de la Luz Membrillo Venegas
Académico de la División de Ingeniería
Química y Bioquímica

Tecnocultura, revista de divulgación del conocimiento científico, tecnológico y humanístico del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Año 22, No. 64, mayo-agosto de 2024. Fecha de publicación: septiembre 2024. Número de autorización del Comité Editorial de la Administración Pública Estatal CE: 205/05/10/12-01. Edita y distribuye la Unidad de Relaciones Públicas y Difusión, domicilio: Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, C.P. 55210, Ecatepec, Estado de México. Teléfono 50 00 23 14. Correo electrónico: urpd@tese.edu.mx.

Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública: 04-2023-010917424300-102, ISSN: 1870-7157. Certificados de Título y de Contenido en trámite. Se autoriza la reproducción total o parcial del material publicado en Tecnocultura, siempre y cuando cite la fuente. Los artículos son responsabilidad de los autores.

Revista registrada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex), No. Folio 13782.

Página oficial: <https://tecnocultura.org/index.php/Tecnocultura>

E

ditorial

TECNOCULTURA

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

La Revista **Tecnocultura** es un órgano de difusión del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE); su publicación es cuatrimestral, el objetivo principal es la divulgación del pensamiento y los avances científicos, tecnológicos y humanísticos, ya sea que se generen en las diferentes áreas académicas de la Institución o de origen externo, pero que puedan ser de interés general.

- La información podrá presentarse en forma de artículo, ensayo o reportaje, incluyendo materiales de divulgación. Los trabajos deben ser producto de investigaciones de elevado nivel académico, que contribuyan al conocimiento en la materia y ser inéditos en español. Igualmente, las ponencias o presentaciones deberán adaptarse para su edición escrita. En todos los casos, se buscará que su contenido sea ameno y novedoso.

- El lenguaje debe ser accesible a estudiantes de licenciatura, sin perjuicio de la información científica o académica contenida en el artículo. Cuando sea necesario el uso de tecnicismos, deberá explicarse su significado con la amplitud necesaria. Se recomienda la inclusión de recuadros que aclaren el significado de conceptos de difícil comprensión.

- Los artículos deben tener subtítulos o incisos; un resumen introductorio (*abstract*) en español e inglés, no mayor de diez líneas, que atraiga el interés del lector. En seguida, mencionar las palabras clave del artículo, y su respectiva versión en inglés (*keywords*). Asimismo, al final del artículo incluir una breve conclusión, y la bibliografía o fuentes consultadas.

- Para las citas y referencias bibliográficas que aparezcan en el texto, se utilizará el modelo APA (Asociación de Psicología de Estados Unidos de América), cuyas características se detallan en el documento en PDF anexo, titulado *El Manual de Publicación APA al Alcance de Todos*.

- Para fines de registro, se solicita anexar una hoja que contenga datos curriculares del autor o autores, como nombre completo, grado académico, institución de procedencia, domicilio, teléfono, y dirección electrónica.

Recomendaciones

- Revisar meticulosamente la ortografía, signos de puntuación, sintaxis, redacción, aparato crítico (notas, citas, fuentes, bibliografía, etcétera), y la estructura del trabajo.

- En la bibliografía o fuentes consultadas, deberán incluirse todos los datos para la identificación de la fuente informativa:

apellidos y nombres del(los) autor(es), año, título de la obra, número de edición, país, editorial, tomo o volumen, número de páginas totales, colección, etcétera.

- Evitar o reducir al mínimo los documentos, ilustraciones o fuentes de consulta provenientes de Internet, o en su caso, indicar claramente su origen mediante las respectivas cibergrafías. Si los cuadros, tablas dibujos, fotografías o gráficos en general son de creación propia, también deberá mencionarse al pie de éstos.

- En el caso de las citas textuales, identificar claramente dónde se abren y cierran las comillas.

- Verificar la correcta jerarquización y numeración de capítulos, subcapítulos, incisos, u otras divisiones, mismas que deberán conservar un orden lógico y constante a lo largo del texto. El resumen, introducción, palabras clave, agradecimientos, conclusiones y bibliografía o fuentes, no son numerables para el desarrollo del tema.

- Utilizar un lenguaje claro, preciso, con conceptos, siglas o signos bien explicados. Procurar el uso de sinónimos para no repetir palabras. Evitar las cacofonías (palabras con sonido semejante), solecismos (falta de sintaxis), barbarismos (uso de términos extranjeros, arcaicos y neologismos), muletillas, "queísmos", verbos fáciles (hacer, poner, decir, tener, haber, etcétera), adjetivos, frases hechas, y otros vicios del lenguaje.

- Conservar un estilo constante de redacción.

- Evitar los párrafos largos o con cadenas de ideas demasiado extensas. Es preferible utilizar párrafos cortos, de cinco a siete líneas en promedio.

- Evitar el uso excesivo de atributos tipográficos para destacar palabras, frases o párrafos (como negritas, cursivas, subrayados, mayúsculas, tipografía diferente, etcétera), si no son estrictamente necesarios.

Características de Presentación

- Se recomienda una extensión máxima de 10 cuartillas, incluyendo cuadros, notas y bibliografía. El texto deberá estar elaborado en Office Word 2003 o versiones posteriores, guardando el documento con la extensión .doc. y entregar copia del archivo digital, así como una copia impresa. Los materiales serán evaluados por el Consejo Editorial de la revista.

- El trabajo deberá presentarse en hojas tamaño carta y por una sola cara, sin tachaduras ni guiones al final de cada línea,

ni tampoco división de palabras. El cuerpo del texto deberá estar a una sola columna, con un interlineado de 1.5; la caja de texto será de 28 líneas por cuartilla en promedio y 64 caracteres por línea (es decir, 1790 caracteres por cuartilla). La página deberá poseer márgenes de 2.5 cm en cada lado.

- La tipografía deberá ser Times, Arial, o alguna otra de uso común, con un tamaño de 14 puntos para títulos y subtítulos; 11 a 12 puntos para el texto, y 9 a 10 puntos para las notas o citas.

- Al inicio de los párrafos se debe omitir la sangría, o en su caso, que tenga un máximo de tres espacios. Cada párrafo deberá separarse con un espacio (o *enter*).

- Estructurar el texto con un diseño básico, que permita identificar la conformación y ordenamiento de los elementos que integrarán el texto impreso, pero no emplear atributos automáticos (numeraciones o viñetas), especiales, etiquetas u otros recursos de diseño que no sean estrictamente necesarios.

- Si el archivo del texto es muy extenso o contiene elementos que lo hacen demasiado grande, se recomienda segmentar la obra en capítulos o secciones independientes.

- Las ilustraciones, fotografías gráficas o figuras deberán incluirse dentro del texto impreso y por separado en archivos electrónicos u originales de óptima calidad (imágenes nítidas, uniformes y sin distorsiones), en formato TIFF o JPG con una resolución de 300 ppp, y deberán tener como atributo el estar "delante del texto". Las gráficas, esquemas, figuras, cuadros y similares se deben elaborar en computadora a línea, en Word, Power Point, Corel Draw o similares, sin pantallas.

- Si se utilizan fórmulas matemáticas, signos o símbolos especiales generados con algún programa expreso, cerciorarse de que sean editables y compatibles con Office Word.

Para fines de registro, se solicita anexar una hoja que contenga datos del autor, como nombre, grado académico, institución de procedencia, domicilio, teléfono y dirección electrónica.

Atentamente
Unidad de Relaciones Públicas y Difusión
del Tecnológico de Estudios
Superiores de Ecatepec
Teléfono: 55 5000 2314
urpd@tese.edu.mx

C ontenido



6

Generador Congruencial Lineal (GCL) de Números Pseudoaleatorios: el Método de la Centena, Comparativa de Decaimiento Generacional

Mercedes Flores Flores
Griselda Cortés Barrera
Abraham J. Jiménez Alfaro
Edgar Corona Organiche



23

Construcción de una Ortesis de Miembro Superior para el Análisis del Monitoreo de la Mejora de Lesiones de Codo

Daniel Pérez Cantillo
Edgar Corona Organiche
Abraham Jorge Jiménez Alfaro
Griselda Cortés Barrera
Mercedes Flores Flores



39

Contradicciones en la Expropiación Privada de la Tecnología en el Capitalismo

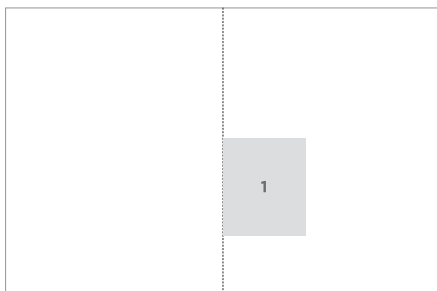
Dr. Marco Tulio Cisneros Coss



51

Secuencia de Aprendizaje para el Entendimiento de la Técnica de Análisis de Componentes Principales para la Reducción de Datos de Pacientes Hipertensos como Estudio de Caso

José Luis González Bucio
Josefina Pérez Vargas
José Manuel Carrión Jiménez
Víctor Hugo Delgado Blas
Walter Magaña Landero
Juan Carlos Ávila Reveles
Graciano Calva Calva



https://www.freepik.es/fotos-premium/cuatro-dados-que-caen-aislado-sobre-fondo-blanco_36672939.htm

Generador Congruencial Lineal (GCL) de Números Pseudoaleatorios: el Método de la Centena, Comparativa de Decaimiento Generacional



Mercedes Flores Flores¹, Griselda Cortés Barrera², Abraham J. Jiménez Alfaro³, Edgar Corona Organiche⁴

Resumen

El presente trabajo describe y muestra la aplicación de un nuevo método generador congruencial lineal (GCL) de números pseudoaleatorios: el Método de la Centena, desarrollado por el equipo de trabajo del Laboratorio Nacional CONACHYT de Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos (LNC-IACD); el método genera *rí* (números pseudoaleatorios) a partir de una semilla inicial n_{ic} de cinco dígitos como mínimo, la cual puede ser completamente aleatoria y a partir de ésta llevar a cabo la obtención de nuevas semillas hasta que el algoritmo decaiga, es decir, cuando los valores no sean generativos; así también, se lleva a cabo una comparativa con otros seis métodos generadores lineales a los que se les medirá su efectividad de generación y ésta será comparada con el Método de la Centena.

Los resultados que se presentan, son los valores generados por el método en diez ejecuciones y sus respectivas gráficas, que indican la aleatoriedad de las muestras obtenidas a partir de este nuevo método generador.

Acerca de los autores

^{1,2,3,4} Profesor(a) Titular A. Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México (TecNM), Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), Laboratorio Nacional CONACHYT Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos (LNC-IACD)
mflores@tese.edu.mx; gcortes@tese.edu.mx; ajimenez@tese.edu.mx; ecorona@tese.edu.mx

Palabras clave: Método, Generador, Número, Pseudoaleatorio, Decaimiento, Centena.

Abstract

This document describes and shows the application of a new linear congruence generator (GCL) method of pseudorandom numbers: the Hundred Method, developed by the work team of the CONACHYT National Laboratory of Artificial Intelligence and Data Science (LNC-IACD); the method generates ri (pseudorandom numbers) from an initial n_{ic} seed of at least five digits, which can be completely random and from this carry out the obtaining of new seeds until the algorithm decays, that is, when the values are not generative; likewise, a comparison is carried out with six other linear generating methods whose generation effectiveness will be measured and this will be compared with the Hundred Method.

The results presented are, the values generated by the method in ten executions and their respective graphs, which indicate the randomness of the samples obtained from this new generating method.

Keywords: Method, Generator, Number, Pseudorandom, Decay, Hundred.

Introducción

La utilidad de los números pseudoaleatorios (ri), es mucha y muy variada de acuerdo con Cruselles (1998). En 1927 L.CH. Tippet realizó el primer intento para obtener números pseudoaleatorios a gran escala, consiguiendo unos 10,000 de cuatro dígitos; otra generación representativa la llevaron a cabo los españoles Royo y Ferrer en 1954, quienes obtuvieron una tabla de 250,000 dígitos aleatorios a partir de los resultados de la Lotería Nacional (Cruselles, 1998).

Pero, ¿qué son los números pseudoaleatorios (ri) y para qué se utilizan? La obtención de éstos se lleva a cabo mediante métodos generadores comúnmente lineales (GLC), (Skilar, 2011); éstos basan su obtención de

ri mediante el uso de algoritmos matemáticos deterministas para producir una secuencia de números, aunque éstos no son estrictamente creados al azar; entre las muchas formas en que pueden ser utilizados, está la encriptación de información, ya que al generar números cuyos valores son desconocidos o poco probables de adivinar, por lo resultan de gran utilidad por ejemplo en llaves o cerraduras; así también, este tipo de números son comúnmente utilizados en videojuegos y en la producción de variables aleatorias para simular eventos de línea de espera, entre otras.

El método más común para generar números pseudoaleatorios, es realizar una operación aritmética; el inicio es mediante un valor cualquiera, a o n_0 o



x_0 o cualquier literal llamado semilla (Escutia, 2022), que sea entero positivo y no múltiplo del módulo y no neutro multiplicativo; estos números aparecen de forma secuencial, por lo que un algoritmo determinístico de este tipo, se puede definir del siguiente modo:

- 1.- La semilla inicial para la generación de números pseudoaleatorios (ri) puede ser descrita como x_0 , n_0 , a_0 o cualquier otra literal.
- 2.- Se lleva a cabo la obtención de la mínima relación de congruencia (**mrc**), que consiste en dividir el resultado del proceso de adición y/o producto de las literales **a**, **c**, **r**, etcétera, con la semilla n_0 con lo que se tendrá la mínima relación de congruencia; es decir, el **residuo** de la división del proceso de adición y/o producto con la semilla entre el módulo, dará el valor de la nueva semilla n_{i+1} , o sea: **mrc** = n_{i+1} .
- 3.- La **mrc** se dividirá entre el módulo **m** y con ello se obtendrá el ri (número pseudoaleatorio) de n dígitos.

Para los GLC, es común encontrar de forma rápida el periodo de generación, es decir, en pocas iteraciones aparecerá nuevamente el valor de la semilla inicial $n_{i+1} = n_0$.

Para el caso de los generadores que no utilizan módulo **m**, como es el método generador multiplicativo binario, es común que éste decaiga de forma rápida, mientras que el método multiplicativo decimal genera números pseudoaleatorios, con valores poco diversos, ya que al condicionar el módulo **m** divisible a múltiplos de diez (10) determina de forma muy sencilla cuáles serían las secuencias siguientes, haciéndolo poco funcional (Coronel, 2007).

Por su naturaleza en la generación de números pseudoaleatorios, el Método de Potencias Sucesivas, cuya principal característica es que utiliza una literal i que itera desde **1** hasta **n** la potencia a la que será elevada la semilla n_0 .

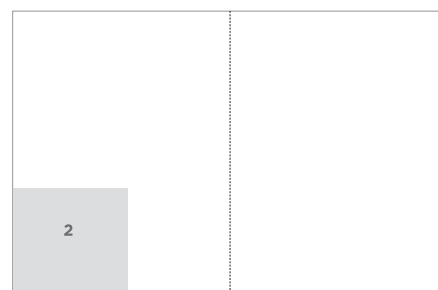
A continuación se describe cada uno de estos métodos, mostrando sus fortalezas y debilidades en la generación de números pseudoaleatorios (ri).

Debilidades y Fortalezas de los GLC, métodos de Potencias Sucesivas, Aditivo, Mixto de Congruencias, Multiplicativo Binario, Multiplicativo Decimal y Cuadrados Medios.

II.1 Método Potencias Sucesivas.

Tiene como característica la utilización de tres literales: a , i módulo m , no múltiplos.

- 1.- Se toma el valor de a como una semilla que será elevada a la i , donde i es la potencia $i=1, 2, 3, \dots, n$ y m para un módulo.
- 2.- Se eleva $a^i \sim \text{_____} \text{ mod } m$
- 3.- Se obtienen los residuos potenciales de la división de a^i con módulo m es decir se obtiene la mínima relación de congruencia (**mrc**)
- 4.- La mínima relación de congruencia (**mrc**) se divide entre el módulo y se obtiene el número pseudoaleatorio.
- 5.- Se obtienen los números pseudoaleatorios de acuerdo al valor de i , es decir, si $i = 10$ debemos obtener diez números pseudoaleatorios.



<https://simulacindeprocesosaguinagadavid.wordpress.com/2016/02/19/numeros-pseudoaleatorios/>

La tabla II.1 indica la generación de números pseudoaleatorios utilizando las literales $i = 4$, es decir, $i=1, 2, 3, 4$; $a = 3$ con módulo $m = 8$, para generar números pseudoaleatorios.

TABLA II.1.
GENERACIÓN DE ri MEDIANTE EL MÉTODO POTENCIAS SUCESIVAS

i	a^i	Proceso de obtención de la mrc $a^i \sim \text{mod } m$	Generación del ri
1	3^1	$3 = 3 \text{ mod } 8$	0.375
2	3^2	$9 = 1 \text{ mod } 8$	0.125
3	3^3	$27 = 3 \text{ mod } 8$	0.375
4	3^4	$81 = 1 \text{ mod } 8$	0.125

Como se puede observar, una debilidad de este método generador, es precisamente el ciclo o periodo que se cumple de manera muy rápida, es decir, que se generan muy pocos ri , además si se considera un número muy grande para el valor de a (la semilla) al ser elevada a la potencia n éste produce un error por el número tan grande que resulta.

II.2 Método Aditivo

Para la generación de ri mediante este método generador, se considera el siguiente proceso:

1.- Teniendo a como un valor constante n_0 como una semilla para iniciar la generación de números y m para un módulo considerando la generación de la siguiente forma:

$$n_{i+1} = (a + n) \sim \text{mod } m$$

2.- Se obtiene la mínima relación de congruencia (**mrc**), la **mrc** es el residuo que se obtiene al dividir el resultado de la adición de la constante a con la semilla n_0



$$3.- n_{i+1} = mrc ; \quad r_{i+1} = mrc / \text{mod } m; \quad n.a. = 0. _ _ _ _ _$$

4.- El periodo se encontrará cuando aparezca el número con el que se inició la generación de **ri**, es decir, **n_{i+1} = n₀**.

La Tabla II.3 muestra la generación de números pseudoaleatorios mediante la herramienta Excel con un periodo que decae de acuerdo con los valores asignados de **a**, **c**, **n₀** y **m** (García, 2007)

Esta generación es con fines de demostración para obtener números pseudoaleatorios mediante el Método Mixto de Congruencias. La muestra fue de diez números.

TABLA II.3.

GENERACIÓN DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS MEDIANTE EL MÉTODO MIXTO DE CONGRUENCIAS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EXCEL, CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES VALORES: **a =19, n₀= 13, c= 17 y mod m =183**

a	n ₀	a*n ₀	c	$n_{i+1} = (a * n + c) \div \text{mod } m$	mod m	n _{i+1} = mrc/mod m	n _{i+1}	n. a.
19	13	32	17	544	183	178	178	0.9726776
19	178	197	17	3349	183	55	35	0.30054645
19	55	74	17	1258	183	160	160	0.87431694
19	160	179	17	3043	183	115	115	0.6284153
19	115	134	17	2278	183	82	82	0.44808743
19	82	101	17	1717	183	70	70	0.38251366
19	70	89	17	1513	183	49	49	0.26775956
19	49	68	17	1156	183	58	58	0.31693989
19	58	77	17	1309	183	28	28	0.15300546
19	28	47	17	799	183	67	67	0.36612022
19	67	86	17	1462	183	181	181	0.98907104

II.4 Método Multiplicativo Binario

Este método utiliza un procedimiento de conversión de la adición del valor de la semilla **n₀** con la constante **a**, obtenida del resultado de la operación **a= 8*t 3(3)** a continuación se describe la generación de **ri** mediante este método.

1. El valor inicial de **n₀** puede ser cualquier entero impar relativamente primo a “n”.

2. $a = 8 * t \cdot 3(3)$ donde t es cualquier entero positivo tomado como constante multiplicativa.

3. Se toma un valor para n_0 y otro para b , donde n_0 es cualquier valor entero positivo y b es el valor al que se habrá de elevar el valor de 2 al momento de llevar a cabo la división de la nueva semilla n_{i+1} entre 2^b

4. Se multiplica $a * n_0$, el resultado se convierte a binario.

5. El nuevo valor de la semilla n_{i+1} , se obtiene de los bits de menor orden, es decir, los últimos cuatro bits de la derecha de la multiplicación de $a * n_0$.

6. Los cuatro bits de menor orden pasarán a ser la nueva semilla es decir n_{i+1}

7. Para generar el número pseudoaleatorio se calcula $r_{i+1} = n_{i+1} / 2^b$ y se obtiene el número pseudoaleatorio $n. a. = 0. _ _ _ _$

La Tabla II.4 muestra la generación de números pseudoaleatorios utilizando el Método Multiplicativo Binario, mismo que decae por la combinación de números en solo cuatro ri generados.

Se consideran los siguientes valores: $t=1$; con signo negativo, es decir $a=5$; $n_0 = 7$ y $b=4$

TABLA II.4.
GENERACIÓN DE NÚMEROS PSEUDOALEATORIOS A TRAVÉS DEL MÉTODO MULTIPLICATIVO BINARIO.

Iteración	$a * n_{0(i)}$	Conversión a binario	n_{i+1}	$n_{i+1} / 2^b$	ri
1	35	100011	3	3/16	0.1875
2	15	00001111	15	15/16	0.9375
3	75	01001011	11	11/16	0.6875
4	55	00110111	7	7/16	0.0475

Considerando la generación obtenida, resulta poco práctico, ya que ésta decae en solo cuatro números.

II.5 Método Multiplicativo Decimal

Este método tiene como característica que el módulo m siempre será un múltiplo de diez (10), utilizando a como una constante multiplicativa, x_{n_0} como una semilla para iniciar la generación de números y m para un módulo.

Entonces, la generación se produce de la siguiente forma:

$$x_{n+1} = (a * x_{n_0}) \bmod m$$

Para satisfacer la generación de números se deben cumplir:

$$x_0, a, m \geq 0; m > a; m > n0$$

Si el valor del cociente es mayor a cero, entonces el cociente pasará a ser la nueva semilla; por el contrario, si el valor del cociente es cero, la mínima relación de congruencia **mrc** será el nuevo valor de la semilla x_{ni+1} .

Una vez obtenido este valor, se divide entre el módulo **m**, siempre con múltiplo de diez.

Es decir:

$$x_{ni+1} = mrc \qquad r_i = mrc \text{ o cociente} / m \qquad ri = 0. _ _ _ _ _$$

La Tabla II.5 muestra la generación de números pseudoaleatorios utilizando el método multiplicativo decimal, mismo que por su naturaleza, si bien no decae con pocas iteraciones, los valores que genera se consideran con poca aleatoriedad. Con $a = 3$, $X_{n0} = 51$ y módulo **m** = 100

Iteración	$(a * x_{i+1})$	$x_{ni+1} = (a * x_{ni}) / \text{mod } m$	Cociente > 0	ri
1	$(3 * 51) = 153$	3	sí	0.03
2	$(3 * 3) = 9$	0	no	0.09
3	$(3 * 9) = 27$	0	no	0.27
4	$(3 * 27) = 81$	0	no	0.81
5	$(3 * 81) = 243$	2	sí	0.02
6	$(3 * 2) = 6$	0	no	0.06
7	$(3 * 6) = 18$	0	no	0.18
8	$(3 * 18) = 54$	0	no	0.54
9	$(3 * 54) = 162$	1	sí	0.01

II.6 Método de Cuadrados Medios

Ideado por Neumann en la década de los cuarenta, fue el primer algoritmo de cómputo manual para obtener números pseudoaleatorios (Grande, 2024), (Azarang, 1996). El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Generar una semilla **a** siempre mayor a dos dígitos.
- 2.- Elevar dicha semilla **a** al cuadrado.
- 3.- Tomar la parte central del conjunto de **k** dígitos que formarán el número aleatorio, anteponiendo un 0.

Los **k** dígitos pasarán a ser la nueva semilla, con el fin de repetir el proceso a partir del punto 3 en **n** ocasiones (Burbano, 2014).



Para Azarang (1996), se inicia con un número entero positivo de n dígitos llamado semilla; se toman los k dígitos a la izquierda del dígito $d_{n/2}$ incluyendo a este dígito con $k < n/2$ y los k dígitos de la derecha respetando el orden; estos dígitos conformarán el nuevo número que se elevará al cuadrado y cuyo resultado se denota con x_p , generando el primer número pseudoaleatorio que pertenece al intervalo entre $(0,1)$, considerando $U_1 = 0, X_p$, el proceso se repite para generar $U_2 = 0, X_2$ y así sucesivamente hasta $U_m = 0, X_m$.
Ejemplo:

Iteración	(a^2)	Se genera la semilla	Se obtienen los k- dígitos centrales	ri
1	$(9145)^2 =$	83631025	83 <u>63</u> 1025	0.6310
2	$(6310)^2 =$	39816100	398 <u>16</u> 100	0.8161
3	$(8161)^2 =$	66601921	666 <u>01</u> 921	0.6019
4	$(6019)^2 =$	36228361	362 <u>28</u> 361	0.2283
5	$(2283)^2 =$	52120890	521 <u>20</u> 890	0.1208

Sin duda, este método propuesto por Neumann sí es un generador que no decae tan rápidamente como los descritos anteriormente.

Método de la Centena

Este es un método propuesto por el equipo de trabajo del Laboratorio Nacional CONAHCYT de Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos (LNC-IACD), en donde se describe una alternativa de un (GLC) de números pseudoaleatorios, mismo que se explica a continuación:

1.- Se generan **ri** con este método, utilizando una muestra anterior o cualquier otra muestra de números, una semilla origen n_{di} siempre mayor o igual a cinco dígitos, para cada número.

$n_{ic} = d_i$ donde n_{ic} es la semilla inicial, para la generación de números el valor del módulo se obtendrá de la sumatoria de todos los dígitos que componen la semilla inicial.

2.- Se separan por dígito, la suma de los dígitos será el módulo de cada nuevo módulo $mod\ m_{cin} = u + d + c + um + dm + cm + \dots + mn$, esto es: $mod\ m_{cin} = \sum_{di}^n 1di$

Es decir, en cada generación de **ri** se tendrá un módulo distinto, la sumatoria de los d_i dígitos generados será el valor del módulo $mod\ m_{cin}$

4.-Se divide el número entero n_{ic} entre el módulo generado $mod\ m_{cin}$ y se obtiene la mínima relación de congruencia **mrc**

5.- Obtenemos la **mrc (mrc_{mi})**



<https://www.thoughtco.com/understanding-classification-of-numbers-2312407>

6.-El n_{i+1} se calcula dividiendo la mrc_{mi} entre el módulo $mod\ m_{cin}$ y la nueva semilla será el cociente de la división de: $n_{ic+1} = \frac{mrc_{mi}}{M_{nic}} / M_{nic}$; n.a. = 0.

De este número generado, se toman los n dígitos obtenidos, mínimo cinco, y se lleva a cabo el proceso a partir del punto 2; se obtienen tantos ri como el método lo permita, es decir, que no decaiga en la generación de éstos; una vez que el método deja de generar, se obtiene una nueva semilla origen y se aplica el proceso, hasta que se dejen de producir números pseudoaleatorios.

A continuación se presenta el código del programa del método propuesto (véanse imágenes 1a, 1b, 1c y 1d).

```

package proyecto2parcial;

import javax.swing.JOptionPane;

public class Metodo {

    public double semillas;
    public int suma, r, n, repite, nuevo;
    public double residuo, veces, semillasDespuesDelPunto, intento, division;

    public void Centena() {

        do {
            repite = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("elige una opcion\n1. Manual\n2. Automatico\n"));
            switch (repite) {

                case 1:
                    semillas = Double.parseDouble(JOptionPane.showInputDialog("Dame el valor de la semilla"));

                    n = 0; // Reiniciar n para cada iteración manual

                    int maxIteraciones = 10; // Establecer un limite máximo de iteraciones
                    int iteracionActual = 0; // Variable para realizar un seguimiento del número de iteraciones

                    do {
                        n++;
                        r++;
                        iteracionActual++;
                        String semillaString = Double.toString(semillas);
                        int indicePunto = semillaString.indexOf('.');
                        String parteDecimal = semillaString.substring(indicePunto + 1);
                        semillasDespuesDelPunto = Double.parseDouble(parteDecimal);
                        suma = 0;
                    }
                }
            }
        } while (residuo != 0);
    }
}

```

Imagen 1a

Código propuesto para el método de la centena en lenguaje java.

```

for (int i = 0; i < parteDecimal.length(); i++) {
    char digitoChar = parteDecimal.charAt(i);
    int digito = Character.getNumericValue(digitoChar);
    suma += digito;
    System.out.print(digito);
    if (i < parteDecimal.length() - 1) {
        System.out.print(" ");
    }
}
System.out.println(" = " + suma);

residuo = semillasDespuesDelPunto % suma;
division = residuo / suma;
division = Math.round(division * 100000.0) / 100000.0;

System.out.println("\n" + n + " = " + semillasDespuesDelPunto + " es congruente con " + residuo + " mod " + suma);
System.out.print("\n" + n + " = " + residuo + " : " + r + " = " + residuo + " / " + suma + " n.a. = " + division + "\n");

semillas = division;
// Verificar si se ha alcanzado el limite máximo de iteraciones
if (iteracionActual >= maxIteraciones) {
    System.out.println("Se ha alcanzado el limite máximo de iteraciones.");
    break; // Salir del Bucle
}
} while (residuo != 0);
break;

```

Imagen 1b

Código propuesto para el Método de la Centena en lenguaje java.

case 2:

```
veces = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("cuantas veces quieres iterar"));
for (int j = 0; j < veces; j++) {

    semillas = Math.random() * 9;
    semillas = Math.round(semillas * 100000000.0) / 100000000.0;
    int maxIteraciones2 = 10; // Establecer un límite máximo de iteraciones
    int iteracionActual2 = 0; // Variable para realizar un seguimiento del número de iteraciones
    System.out.println(" \n");
    System.out.println("Valores de la semilla numero: " + (j + 1));
    r++;
    n++;

    do {

        iteracionActual2++; // Incrementar el contador de iteraciones

        String semillaString = Double.toString(semillas);
        int indicePunto = semillaString.indexOf('.');
        String parteDecimal = semillaString.substring(indicePunto + 1);
        semillasDespuesDelPunto = Double.parseDouble(parteDecimal);
        suma = 0;

        for (int i = 0; i < parteDecimal.length(); i++) {
            char digitoChar = parteDecimal.charAt(i);
            int digito = Character.getNumericValue(digitoChar);
            suma += digito;
            System.out.print(digito);
            if (i < parteDecimal.length() - 1) {
                System.out.print(" + ");
            }
        }
        System.out.println(" = " + suma);
    }
```

Imagen 1c

Código propuesto para el Método de la Centena en lenguaje java

```
        semillas = division;
        // Verificar si se ha alcanzado el límite máximo de iteraciones
        if (iteracionActual2 >= maxIteraciones2) {
            System.out.println("Se ha alcanzado el límite máximo de iteraciones.");
            break; // Salir del bucle
        }
    } while (residuo != 0);
}
break;
}
nuevo = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("QUIERES VOLVER A METER OTRO VALOR 1.SI, 0.NO"));
} while (nuevo != 0);
}
```

Imagen 1d

Código propuesto para el Método de la Centena en lenguaje java

Resultados

Para el Método de la Centena propuesto, se llevaron a cabo una serie de más cien ejecuciones, lo cual arrojó una cantidad aproximada de 480 números pseudoaleatorios en cada corrida; la naturaleza se basó en generar una semilla de n dígitos y con ésta se inició la generación, hasta que el método decae y ya no permite la generación de nuevas semillas; cada nueva semilla podrá generar un valor m de subsemillas que continuarán iterando, hasta tener la necesidad de generar una nueva semilla no generada de una semilla raíz. La Tabla IV. 1 muestra los valores obtenidos mediante el Método con Semillas con n cantidad de cinco dígitos, considerando una generación inicial de 10 ri para conocer el número de semillas generadas a partir de la primera iteración hasta su decaimiento.

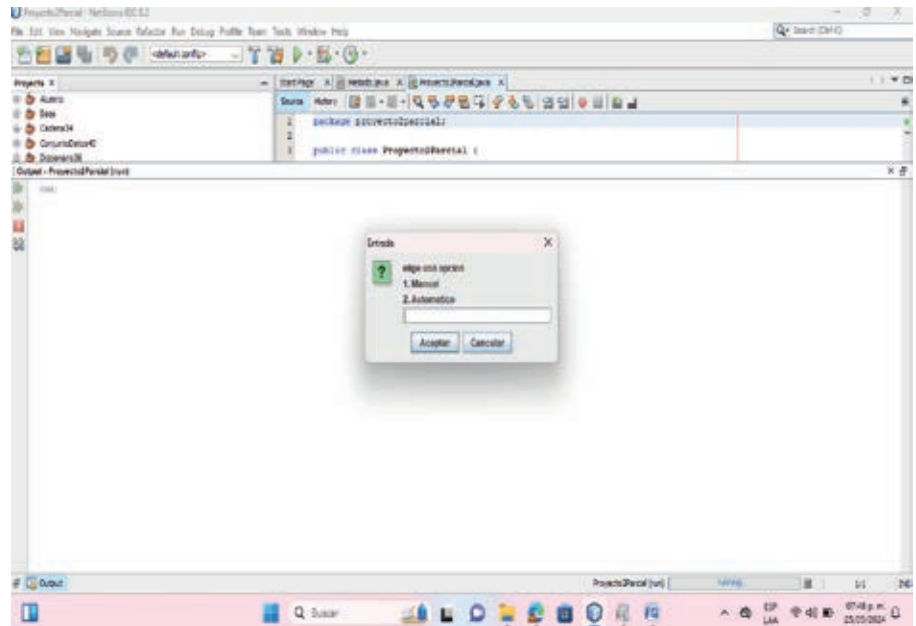


Imagen 2.1.

Elección de modo de ejecución para la obtención de las semillas de modo manual o automático.

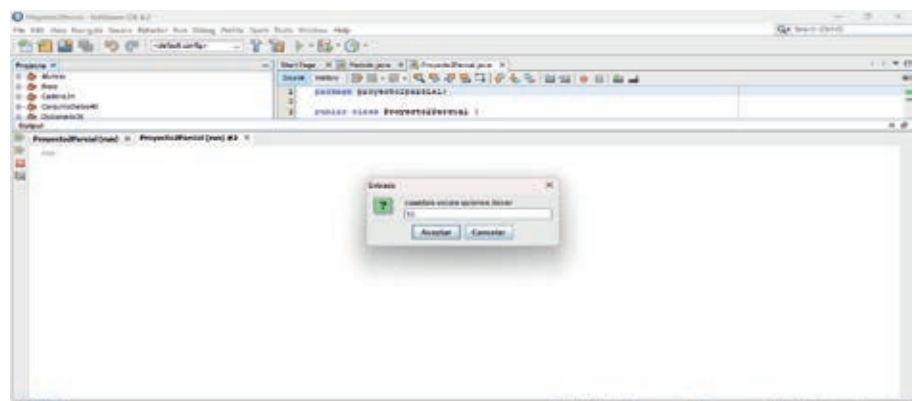


Imagen 2.2.

Una vez seleccionada la forma, se procede a indicar el número de semillas requeridas para la generación.

En las imágenes 2.1 y 2.2, se aprecia la ejecución del programa del Método de la Centena, mismas que demuestran la generación de las semillas de modo manual o con generación completamente aleatoria por el mismo programa.

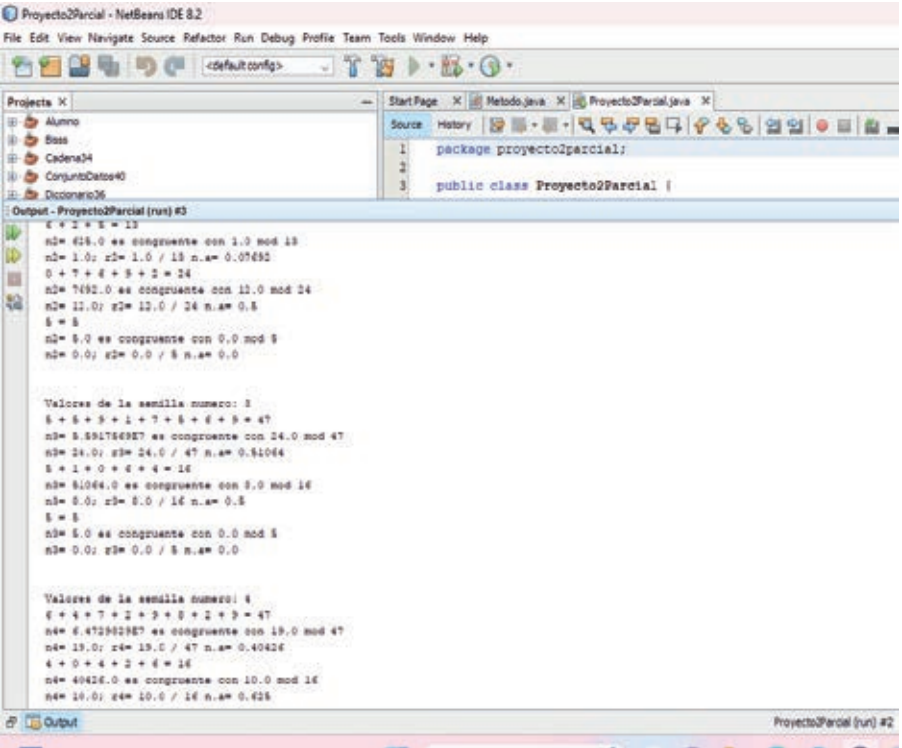


Imagen 3.1.

Generación se nuevas semillas y números pseudoaleatorios con el Método de la Centena.

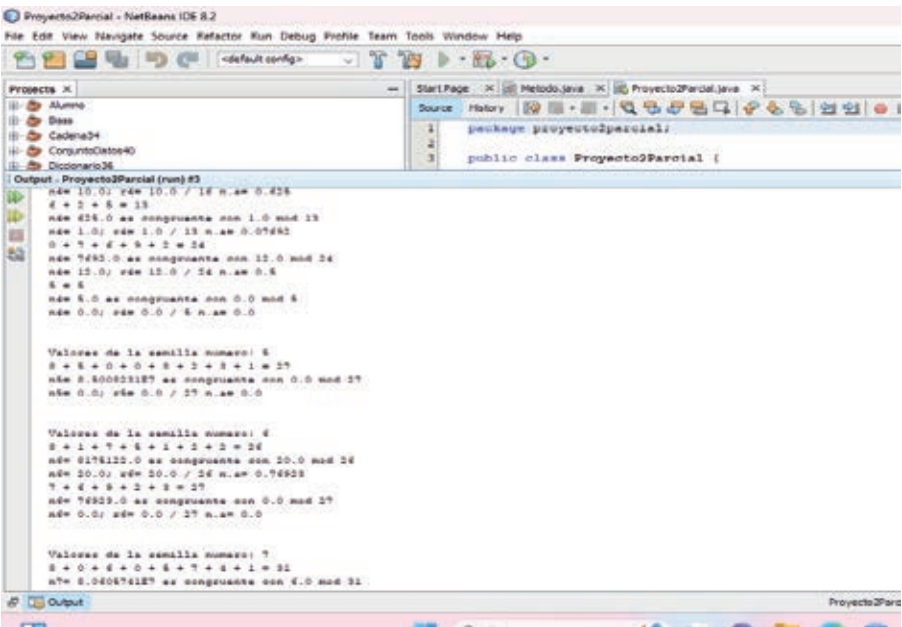
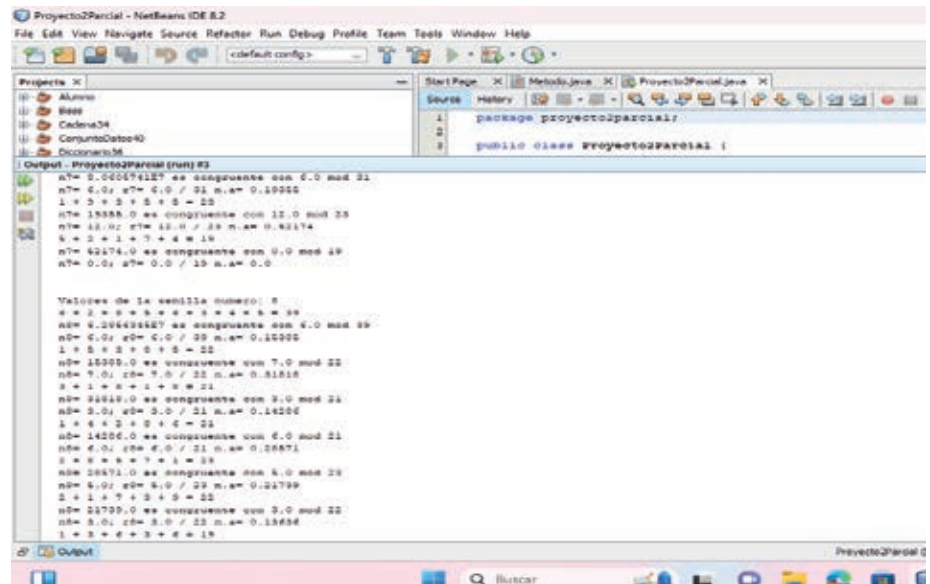


Imagen 3.1.

Generación se nuevas semillas y números pseudoaleatorios con el Método de la Centena.

Las imágenes 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 muestran la generación de *ri* llevada a cabo mediante la ejecución del Método de la Centena, observando que de una muestra aleatoria inicial de diez números de cinco dígitos cada uno, se generan un total de 46 nuevas semillas.

Lo que indica que al contar con una muestra de diez *ri* utilizando el Método de la Centena para generar nuevas semillas, éste puede generar como mínimo uno y máximo *n*, de acuerdo con la naturaleza de los *ri* que se van generando. Las imágenes 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 demuestran cómo a partir una nuestra inicial



de diez **ri**, aplicando el Método de la Centena se pueden generar hasta 46 nuevas semillas (véase Tabla 2.I)

TABLA 3.1.
NO. DE SEMILLAS NUEVAS GENERADAS A PARTIR DEL MÉTODO DE LA CENTENA.

No. de Semilla	Iteraciones	Decaimiento
1	3	3
2	6	6
3	3	3
4	5	5
5	1	1
6	2	2
7	3	3
8	11	11
9	10	10
10	2	2
		$N_i = \sum n_i = 46$ nuevas semillas

Conclusiones

Los generadores lineales congruenciales son métodos que permiten obtener a través de procesos específicos, la mayoría de éstos mediante el uso de una semilla, con la que da el inicio a la generación y una o más literales constantes, mismas que ya sea con operaciones aritméticas de adición y/o producto, obtienen la mínima relación de congruencia **mrc** dividiendo su resultado entre el módulo para obtener el **ri**.

Como se explicó, los generadores lineales congruenciales (GLC) tienen características que los hacen más eficientes que otros. Para el caso del Método de la Centena propuesto, se llevaron a cabo una serie de más cien ejecuciones, que arrojaron una cantidad de 1,000 números pseudoaleatorios en cada corrida; la naturaleza del método para generar los **ri**, se basó en generar una semilla de **n** dígitos y con ésta se inició la generación, hasta que el método decae y ya no permite la generación de nuevas semillas; cada nueva semilla podrá generar un valor **n** de subsemillas que continuarán iterando, hasta tener la necesidad de generar una nueva semilla, esto permite que no sea tan fácil estimar el número exacto de iteraciones, ni tampoco poder predecir el periodo de generación; es decir, no se conocerá el número exacto de iteraciones ni el sistema residual completo o reducido.

Referencias

- Academia. (2020). Algoritmo Congruencial Multiplicativo Decimal. Academia. Pág. 1-3. Dirección electrónica: https://www.academia.edu/33861879/Algoritmo_Congruencial_Multiplicativo_DECIMAL
- Azarang, M. & García E. (1996). *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. Mac Graw Hill. Págs.65-68
- Burbano, V. (2014). Simulación con modelos aleatorios, conocimiento estadístico probabilístico y simulación. Universidad Pedagógica de Colombia. Págs. 13-21. Dirección electrónica: <https://librosaccesoabierto.upc.edu.co/index.php/editorial-upc/catalog/download/22/27/3012?inline=1>
- Coronel, H. (2007). "Una prueba empírica de generadores de números pseudoaleatorios mediante un proceso de decaimiento exponencial". *Revista Mexicana de Física*. Págs. 350-357. Dirección electrónica: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0035-001X2007000500004
- Cruselles, F. (1998). Secuencias pseudoaleatorias para telecomunicaciones. *Polítext. Edicions UPC*. Págs. 31-59. Dirección electrónica: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36210/9788498802795.pdf>
- Escutia, C. (2022). Propuesta para generar números pseudoaleatorios en hojas de cálculo. *Pistas Educativas*. Págs. 361-367. Dirección electrónica: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2824>
- García, A. (2007). Sobre la correcta manipulación de números pseudoaleatorios. El hombre y la máquina. Universidad Autónoma de Occidente de Colombia. Págs.3-6 Dirección electrónica: <https://www.redalyc.org/pdf/478/47802910.pdf>
- Grande, L. (2024). Método de Montecarlo: Generación de números aleatorios Pryect Management Institute Madrid Spain. Págs. 1-3. Dirección electrónica: <https://pmi-mad.org/socios/articulos/807-metodo-monte-carlo-generacion-de-numeros-aleatorios-i>
- Olmos, A. (2006). Generación de números pseudoaleatorios eficientes en microcomputadoras. [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México. Págs. 31-60. Dirección electrónica: https://repositorio.unam.mx/contenidos/generacion-de-numeros-pseudoaleatorios-eficientes-en-microcomputadores-100899?c=xw1Gz5&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_1&as=0
- Skilar, O. (2011). Un generador híbrido de números pseudoaleatorios. *Revista de Matemática y Aplicaciones*. Scielo. Págs. 265-297. Dirección electrónica: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-24332011000200005&script=sci_abstract

Los autores agradecen la colaboración de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Luis Ángel Hernández Barrientos y Katia Rubí Jurado Ochoa, en el diseño del código y ejecución del Método de la Centena.

Fotografías

https://www.freepik.es/fotos-premium/cuatro-dados-que-caen-aislado-sobre-fondo-blanco_36672939.htm

<https://simulacindeprocesosaguinagadavid.wordpress.com/2016/02/19/numeros-pseudoaleatorios/>

<https://www.scientificamerican.com/article/all-natural-numbers-are-either-happy-or-sad-some-are-narcissistic-too/>

<https://lifehopeandtruth.com/bible/holy-bible/bible-facts/significant-numbers-in-the-bible/>
https://www.postposmo.com/sociedad-en-nombre-colectivo/#google_vignette

<https://www.thoughtco.com/understanding-classification-of-numbers-2312407>

Construcción de una Ortesis de Miembro Superior para el Análisis del Monitoreo de la Mejora de Lesiones de Codo

Daniel Pérez Cantillo¹, Edgar Corona Organiche²,
Abraham Jorge Jiménez Alfaro³, Griselda Cortés Barrera⁴,
Mercedes Flores Flores⁵



Resumen

Acerca de los autores

¹Estudiante del Programa de Maestría de Ingeniería en Sistemas Computacionales TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

^{2, 3, 4, 5} Docente-Investigador del TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec- Laboratorio Nacional CONAHCyT en Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos.

Una ortesis, es un dispositivo externo, que tiene como propósito modificar aspectos funcionales del sistema locomotor. A diferencia de las prótesis, no requieren de una intervención quirúrgica y pueden ser colocados o retirados por el paciente. El presente trabajo se enfoca las ortesis de codo de miembro superior. Son muchos los diseños que se han realizado y muy variados los estudios sobre la movilidad de dicha articulación. Tener en cuenta estos trabajos, permite mejorar su diseño, tomando como base los requerimientos establecidos por la fisioterapia, en su conjunción con las características de la ingeniería.

El objetivo es contar con una ortesis capaz monitorear el avance en la recuperación del paciente, a partir de los ejercicios de flexión y extensión del codo durante la fase de rehabilitación y de esta forma predecir cuál es el mejor ejercicio y el tiempo de recuperación, ya que los quiroprácticos no tienen forma de estimar el lapso de recuperación por diferentes factores, como son el tiempo y la forma en la que las personas realizan las rutinas de rehabilitación.

Palabras clave: Arduino, Codo, Ortesis, Rehabilitación.

Abstract

An orthosis is an external device whose purpose is to modify functional aspects of the locomotor system. Unlike prostheses, they do not require surgical intervention and can be fitted or removed by the patient. The present work focuses on upper limb elbow orthoses. Many designs have been made and many studies on the mobility of this joint have been carried out. Considering these studies, it is possible to improve its design, taking as a basis the requirements established by physiotherapy, in conjunction with the characteristics of engineering.

The objective is to have an orthosis capable of monitoring the progress of the patient's recovery from the elbow flexion and extension exercises during the rehabilitation phase and thus predict the best exercise and recovery time, since chiropractors have no way of estimating the recovery period due to different factors, such as time and the way in which people perform their rehabilitation routines.

Keywords: Arduino, Elbow, Orthosis, Rehabilitation.

Introducción

La atrofia de la articulación del codo, suele ser una frecuente complicación después de un traumatismo, por la compleja recuperación de la movilidad. La razón específica por la cual el codo es propenso a la rigidez no queda clara, pero la congruencia intrínseca articular, la vulnerabilidad al trauma de los tejidos blandos, la estrecha relación entre la cápsula, los ligamentos y los músculos, la frecuencia con que sufre fracturas conminutas, es decir, cuando el hueso se fractura en dos o más fragmentos, han sido señalados como factores predisponentes de la falta de movilidad después de una lesión.[1]



La cápsula articular sometida a un trauma, adopta cambios en su estructura que han demostrado ser, en buena parte, responsables de la limitación de la movilidad.[2]

El mayor número de trabajos publicados sobre el uso de ortesis, se refieren a la utilización de férulas estáticas. El uso de éstas, para lograr el ángulo progresivo de la cápsula articular, se basa en dos principios: el primero, de estiramiento de partes blandas, y el segundo, de relajación, que se obtiene mediante los ejercicios de flexión y extensión.

Sus informes en la literatura están básicamente asociados con la protección de la reparación de lesiones, como las fracturas de la apófisis coronoides o las desinserciones del tendón del bíceps o tríceps,[3] ya que para algunos pacientes no estarían indicadas en el tratamiento de rigideces por la intolerancia dolorosa a la elongación constante.[4] Por otro lado, producirían una inflamación incontrolada de los tejidos, que puede llevar a un retardo en la remodelación esperada.[5]



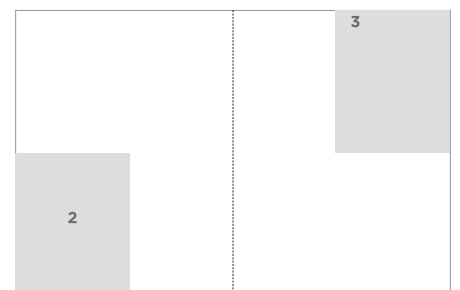
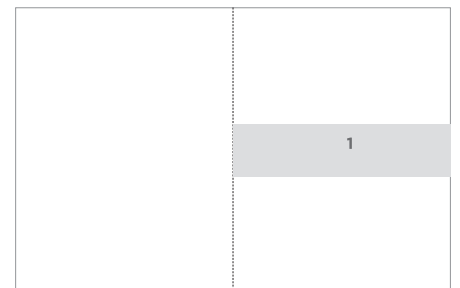
Algunos autores consideran innecesario el uso tan prolongado de las férulas estáticas, ya que sesiones de 30 minutos pueden ofrecer buenos resultados y ser más tolerables para el paciente [6].

La hipótesis es que mediante el uso de una ortesis que realice la estimación y monitoreo de los grados de movilidad en la paciente al realizar sus ejercicios de rehabilitación de manera constante, que sea correctamente diseñada y bien tolerada por el paciente, junto con un programa apropiado de rehabilitación, es factible llegar a obtener un arco funcional de movimiento.

El propósito de este trabajo, es evaluar retrospectivamente los resultados del tratamiento de la rigidez del codo mediante la utilización de ortesis. Con base en ello, desarrollar una ortesis capaz de registrar los ángulos de flexión y extensión del codo durante la fase del ejercicio de rehabilitación, todo ello de manera automática, gracias a un sistema de control basado en un sensor, el arduino y la programación. Además, dispone de un dispositivo “antiequino” en la esfera del codo, que limita el ángulo de flexión plantar para evitar la hiperextensión del brazo. Un aspecto que diferencia este diseño de otros similares, es que los sistemas de recepción de señales son independientes entre sí, lo que permite disminuir los requerimientos de actuación y, en consecuencia, el peso del dispositivo; asimismo, el diseño es modular.

I. Marco Teórico

La articulación del codo es de tipo sinovial y en los miembros superiores, se encuentra entre el brazo y el antebrazo. Este es el punto de unión de tres huesos: el húmero del brazo, el radio y la ulna (cúbito) del antebrazo.[7]



<https://www.bienestaris.com/tienda/ortesis-activa-de-codo-para-flexion-y-o-extension-con-articulacion-regulable-incluida-prefabricada/>

<https://www.medicalexpo.es/prod/prim/product-106489-1108927.html>

La articulación del codo se clasifica estructuralmente tanto como una articulación sinovial como una compuesta, ya que existen dos articulaciones en esta unión. Las sinoviales, también llamadas diartrosis, son articulaciones móviles libres. Las caras articulares de los huesos en estas uniones están separadas entre sí por una capa de cartílago hialino. Los movimientos suaves son gracias al líquido sinovial, que es altamente viscoso y actúa como lubricante.[7]

Dado que la articulación del codo es un gínglimo, es decir, que se trata de una articulación sinovial uniaxial, que funciona de modo similar a la bisagra de una puerta, cuyo movimiento se realiza en un solo plano, la flexión del antebrazo en la articulación del codo lleva a la disminución del ángulo entre el antebrazo y el brazo. La extensión, por su parte, lleva al aumento de dicho ángulo. Estos movimientos son realizados por dos grupos de músculos: el compartimento anterior y el compartimento posterior del brazo.[7]

Existen muchos factores que pueden ocasionar dolor en el codo. Una causa común es la tendinitis, la inflamación o lesión de los tendones que unen los músculos al hueso. La tendinitis del codo es una lesión deportiva, con frecuencia por jugar tenis o golf. También puede ocurrir por usar excesivamente el codo.[8]

Se pueden dar osificaciones heterotópicas (por el propio sangrado inicial o por una movilización brusca inadecuada en la recuperación), que provocan contracturas musculares alrededor de la articulación y rigidez de la cápsula.[9]

II. Marco Metodológico

La metodología usada para el desarrollo de la ortesis, se basa en el modelo de cascada, que cuenta con tres fases, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1

Metodología de cascada.

A. Fase Analítica

Se inicia para identificar las necesidades, tomando en cuenta los conceptos relacionados con el diseño; además, se realizará una encuesta a las personas que por su condición, puedan tener lesiones de codo, y se efectuará una consulta con expertos en el tema.

B. Diseño y Creación

En ella se establecen las funciones primarias del dispositivo, siendo la estabilidad la característica de mayor relevancia; así mismo, se tienen algunas funciones adicionales que complementan su operación y facilidad de uso. El funcionamiento depende de los movimientos necesarios para la conducción y adaptabilidad de cada paciente, como correas de sujeción, procurando que sea liviana, estética, de fácil limpieza y segura. Es necesario tener en cuenta las funciones secundarias con las cuales se logrará el objetivo de la ortesis, como son la obtención de datos para el procesamiento en una red neuronal por el método de predicción, como se muestra en la Figura 2.



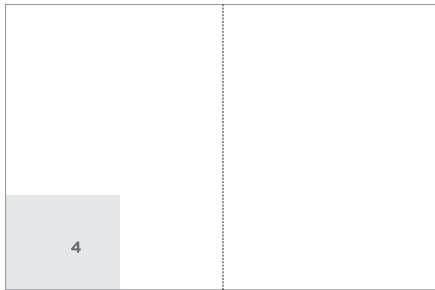
Figura 2

Proceso de diseño y creación de ortesis.

Fijación de Requerimientos

Costo: Actualmente en México no se cuenta con alguna fábrica de implementos ortopédicos que elabore este tipo de ortesis, además de que no se encontró evidencia científica sobre la existencia de una ortesis que realice el funcionamiento que se plantea en este trabajo.

Requisitos: El dispositivo no necesita manejar una temperatura específica para su funcionamiento, pero se recomendaría conservarlo en espacios frescos, a una temperatura ambiente, y no guardarlo en lugares con altas temperaturas o húmedos.



<https://www.amazon.com.mx/SZIPJAMP-Ajustable-Izquierdo-Rehabilitaci%C3%B3n-Inmovilizador/dp/B0CFCZX87>

Instalación: La instalación de esta ortesis debe ser fácil para el usuario, que no le genere estrés mental ni confusión. Para ello, la ortesis se debe valer de los sistemas de ajuste convencionales, que sean familiares para el usuario y sin necesidad de un manual de instrucciones. La ortesis debe situarse sin complicaciones en el codo, cubriéndolo por completo y sujetándolo a través de correas.

Materiales: Para su elaboración, se plantea el uso de PLA, ABS y telas que permitan la adaptación del usuario.

Tamaño. Sus dimensiones estarán sujetas a un diseño que permita a la ortesis ser funcional, práctica, segura y con movilidad adecuada.

Durabilidad. Dado que la ortesis estaría hecha con PLA y ABS, al paso del tiempo se pueden cristalizar, por lo que solo se recomienda su uso por un periodo de dos años, dependiendo también de la utilización que haga la persona, de los cuidados y la limpieza adecuada del dispositivo.

Peso. Está asociado a los materiales con los cuales se desarrollará la ortesis, basado en el diseño actual, pero se busca lograr un dispositivo funcional, cómodo y ergonómico, con un peso aproximado entre 200 y 250 gramos.

Utilidad. Debe ser un dispositivo de fácil manejo y transporte, adaptable a la forma del codo, que permita básicamente mejorar la realización de los ejercicios de rehabilitación, conocer el nivel de mejora y generar estabilidad articular.

La ortesis debe poseer estructuras redondeadas y superficies lisas, que no permitan la concentración de polvo y faciliten su limpieza. Debe poderse limpiar con una franela.

El dispositivo debe ser lo suficientemente resistente para soportar los movimientos continuos al realizar la rutina de rehabilitación. Esta ortesis está planeada con base en los requerimientos establecidos por la fisioterapia, en su conjunción con las características de la ingeniería.

C. Optimización

Se realizarán modelos que permitan un adecuado análisis matemático. El objetivo es que el prototipo se pueda reproducir lo mejor posible en el sistema físico y real.

III. DESARROLLO METODOLÓGICO

Se requiere la obtención de los grados de recuperación en las terapias de codo con ejercicios de flexión y extensión, para que el quiropráctico pueda determinar el tiempo aproximado de recuperación.

A. Esquema general de sistema

A continuación, se presenta el esquema general de la ortesis con monitoreo de ángulos de recuperación en terapias de rehabilitación de codo, como se muestra en la Figura 3.





Figura 3

Esquema general de la ortesis con monitoreo de ángulos de recuperación.

1) Diseño de la ortesis

La ortesis se modela en 3D, y se procede a generar alternativas de formas para su estructura. Modelo 1: Esta propuesta se diseñó pensando en la ligereza del dispositivo, para lo cual sugirió crear una ortesis modular (ver Figura 4). Modelo 2: Esta propuesta muestra un texturizado en la zona central de la ortesis modelada, a fin de colocar ahí el sistema de sensado.

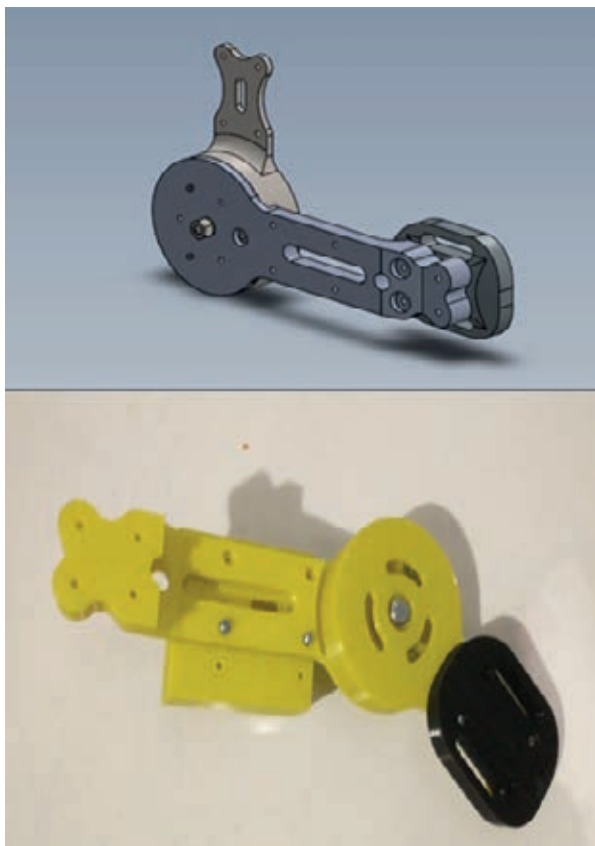


Figura 4

Diseño de ortesis en 3D.

2) Sistema de sensado

Sensores

1. **Potenciómetro Lineal:** Este sensor mide el desplazamiento lineal. En el caso de la ortesis de codo, se puede utilizar para medir el ángulo de flexión y extensión del codo. El potenciómetro se conecta mecánicamente a la ortesis, y su variación en resistencia eléctrica se traduce en un cambio en la lectura que indica el ángulo de movimiento.
2. **Acelerómetro:** Este sensor mide la aceleración en diferentes ejes. En la ortesis, el acelerómetro puede detectar cambios en la velocidad y dirección del movimiento del codo. Los datos del acelerómetro ayudan a comprender el ritmo y la dinámica del movimiento, proporcionando información adicional sobre la forma en que el codo se mueve en relación con la gravedad y otras fuerzas.
3. **Giroscopio:** El giroscopio mide la velocidad angular, es decir, cómo cambia el ángulo con el tiempo. En la ortesis de codo, el giroscopio puede proporcionar datos precisos sobre la velocidad y la dirección del movimiento angular del codo, lo que complementa la información del potenciómetro y el acelerómetro.

Integración de Sensores

El sistema electrónico que combina estos tres sensores permite una medición completa del movimiento del codo:

- **Potenciómetro:** Proporciona la lectura estática del ángulo de flexión o extensión.
- **Acelerómetro:** Ofrece datos sobre cómo cambia el movimiento con respecto a la aceleración y la dirección.
- **Giroscopio:** Brinda información sobre la velocidad angular y ayuda a corregir cualquier deriva en las mediciones de ángulo.

Parámetros y Predicción

Estos sensores trabajan en conjunto para permitir una parametrización precisa del ángulo de movimiento del codo durante la rehabilitación. Los datos recogidos se pueden usar para:

- **Rango de Movimiento:** Determinar el rango de movimiento del codo en flexión y extensión.
- **Datos Dinámicos:** Analizar la velocidad y el ritmo del movimiento para adaptar el programa de rehabilitación.
- **Predicción:** Con un sistema de predicción, estos datos pueden analizarse para hacer recomendaciones sobre el progreso y ajustar el tratamiento en consecuencia.

Este sistema es muy útil para el seguimiento y la mejora continua del proceso de rehabilitación, proporcionando una visión detallada y precisa del estado y progreso del paciente.

3) Sistema de adquisición de datos

Para este propósito se ocupa la placa de Arduino que cuenta con un controlador ATMEGA 328P, el cual brinda diferentes características, como son tener puestos digitales, analógicos, PWM, botón de reinicio, así como conexión de voltaje, teniendo como ventaja que su entorno de desarrollo integrador es de uso libre.

Desarrollo del sistema de monitoreo de ángulos en terapias de rehabilitación

Para el desarrollo del sistema de monitoreo, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

i. Investigación

Se procedió a investigar cuáles son los valores normales en la movilidad de codo. Para valorar la flexión y extensión del codo, al paciente se le acuesta boca arriba, colocando una almohada debajo del brazo, lo que se considera como miembro superior en posición cero. [10]

El eje se coloca sobre la proyección del hueso piramidal (borde cubital de muñeca, ligeramente por delante de la apófisis estiloides cubital), el brazo fijo alineado con la línea media longitudinal del cúbito y el brazo móvil alineado con el quinto metacarpiano. Para valorar la pronación, el paciente debe estar sentado sobre la camilla, con el hombro en posición cero, el codo en flexión de 90°, y el antebrazo y muñeca en posición cero. [11]

El eje para la pronación se coloca en la apófisis estiloides radial. El brazo fijo se alinea paralelo a la línea media longitudinal del húmero (por fuera), mientras que el brazo móvil se alinea con la cara dorsal del antebrazo. [12]

Valores Normales de la Movilidad de Codo		
Movimiento	AO	AAOS
Flexión	0-150°	0-150°
Extensión	0-10°	0°
Supinación	0-90°	0-80°
Pronación	0-90°	0-80°

ii. Riesgos

En la segunda etapa se procede a ver los riesgos de la utilización de ortesis en pacientes en donde el quiropráctico menciona que muchas veces en vez de acelerar la recuperación la atrofia, esto porque el paciente se vuelve dependiente de la ortesis, aclarando que es cuando la ortesis es mecánica y de apoyo.

Figura 5

Valores Normales de la Movilidad de Codo.

iii. Diseño de circuito

Para el desarrollo del circuito, se ocupó Proteus Design Suite, un software que ayuda al diseño electrónico, contando con dos programas principales: ARES e ISIS, cada uno con requerimientos muy específicos para poder trabajar; ISIS permite generar circuitos reales, como se ve en la Figura 6, y comprobar su funcionamiento, mientras que ARES se encarga de hacer las PCB (Printed Circuit Board, es decir, placa de circuito impreso”, como se muestra en la Figura 7.

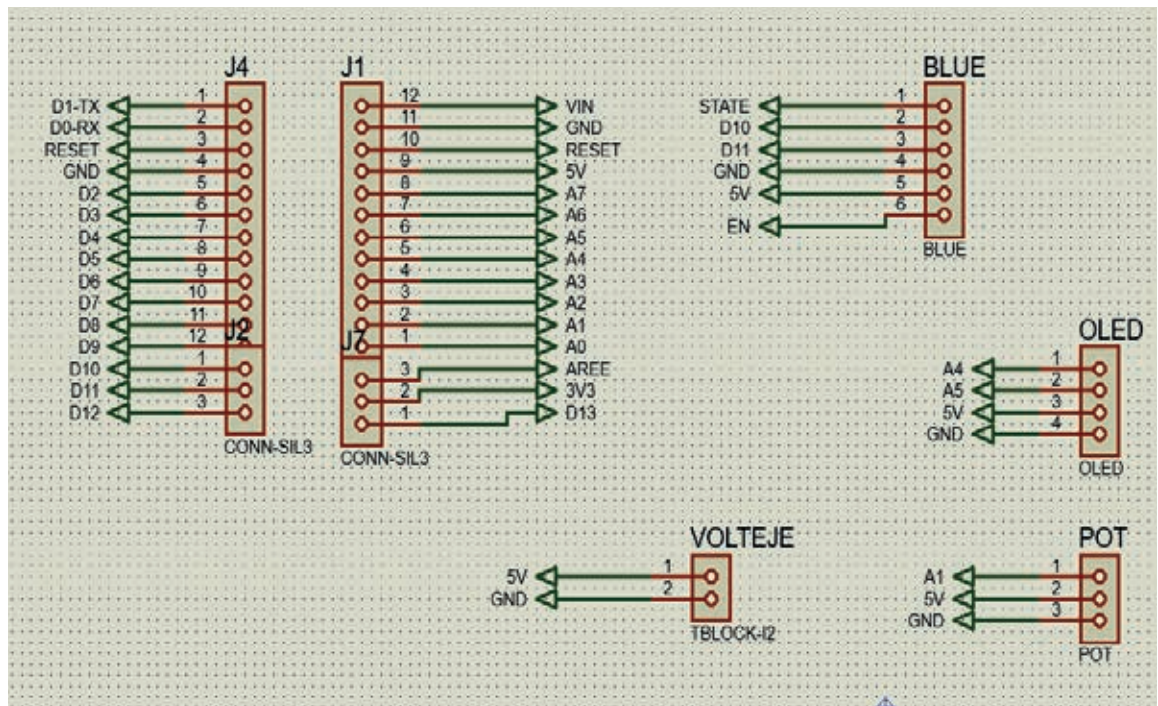


Figura 6

Esquemático y simulación.

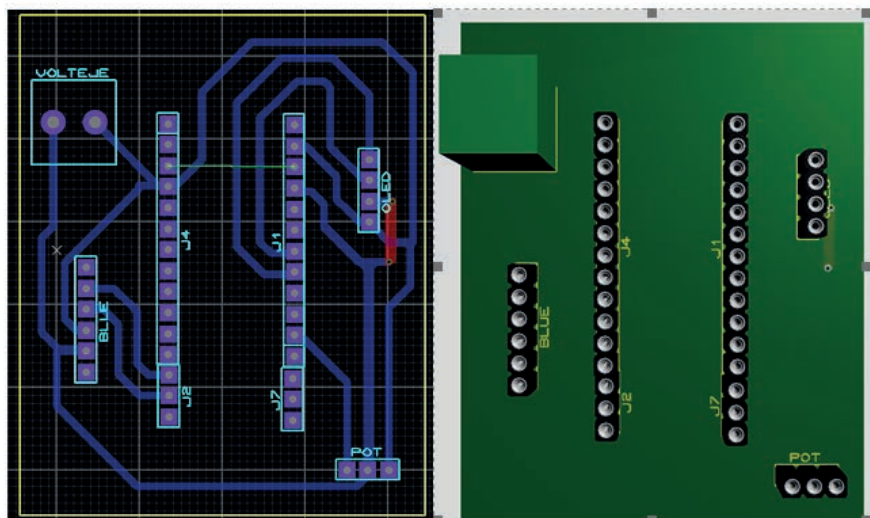


Figura 7

PCB del Sistema de Control de Ortesis.

iv. Elaboración de las PCB del Sistema de Control de Ortesis

Para el desarrollo de la placa del sistema de control de la ortesis, se procede a obtener el diseño de las pistas, como se observa en la Figura 8, las cuales serán transferidas a una placa fenólica mediante un proceso de planchado y revelado, con ayuda del cloruro férrico, para así poder pasar al último paso, que es el ensamble y soldado de la placa, como se muestra en la Figura 9.

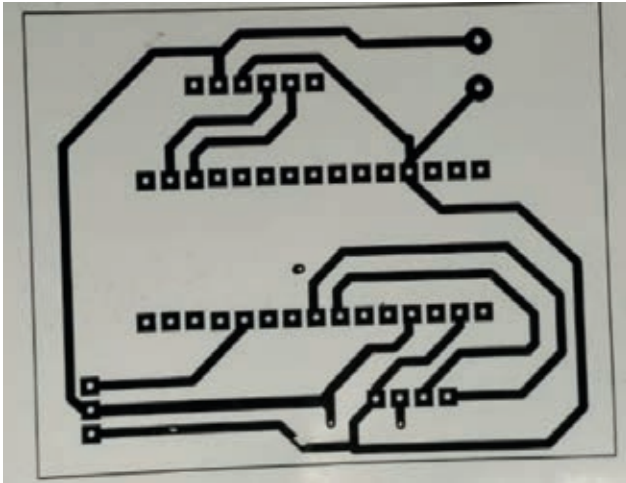


Figura 8

Pistas de la PCB.

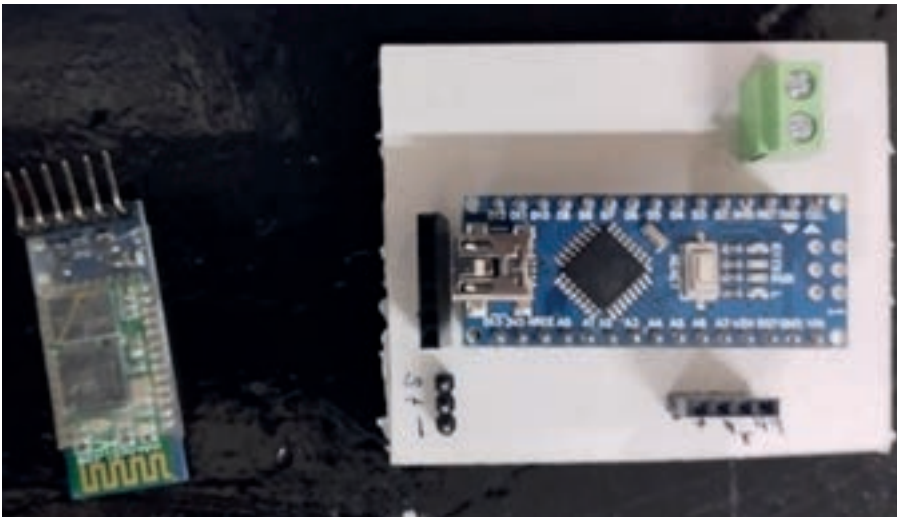


Figura 9

Ensamble de sistema.

v. Programación de funcionalidad de ortesis

La programación se realiza mediante el IDE de arduino, en un lenguaje tipo C, donde se establece una serie de condiciones para la calibración y la lectura de las señales, así como su comportamiento, en donde se implementó un filtro paso bajo y paso alto exponencial EMA (Exponential Moving Average) utilizando la fórmula 1, esto para atenuar el ruido generado por la señal

del potenciómetro senoidal y así obtener resultados más precisos en el comportamiento de funcionalidad del dispositivo uno, tomando en cuenta la curva y toda la parte matemática, como se muestra en la Figura 10.

$$S(t) = \begin{cases} y(0) & t = 0 \\ \alpha Y(t) + (1 - \alpha)S(t - 1) & t > 0 \end{cases}$$

Fórmula 1

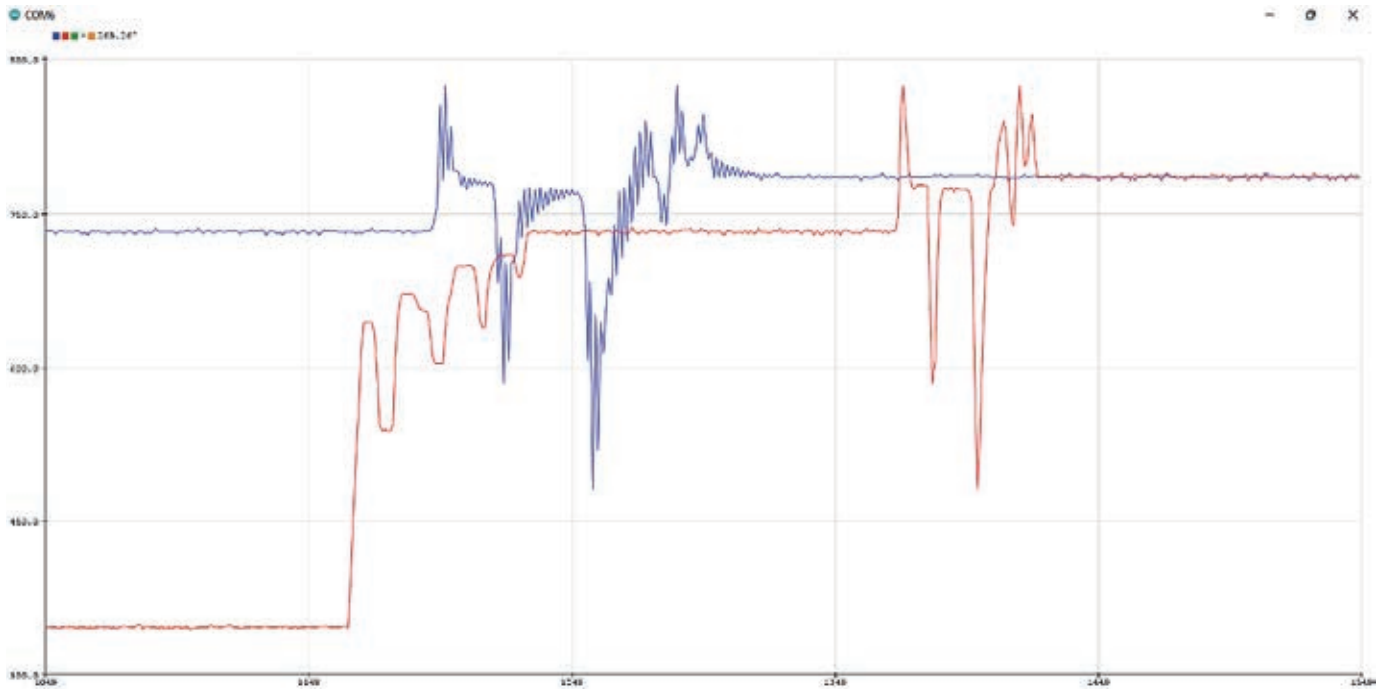


Figura 10

Comportamiento del sistema donde se implementó un filtro paso bajo y paso alto exponencial EMA.

Para realizar la lectura del sensor, se debe colocar la ortesis en el brazo lesionado, el cual, tomando en cuenta que viene de un proceso donde el codo estuvo paralizado, existe rigidez y tiene como punto de partida un ángulo aproximado a 90 grados; es a partir de ese punto que comienza una rehabilitación de flexión y extensión moderada, para ayudar a estabilizar la articulación y realizar la readaptación mediante ejercicios para el codo, de tal manera que ayudaremos a recuperar la estabilidad, la masa muscular y la funcionalidad de la articulación para su correcto funcionamiento a fin de regresar a la actividad diaria, lo cual se logra monitoreando los ejercicios mediante una aplicación y el registro de los datos en Excel, como se muestra en la Figura 11.

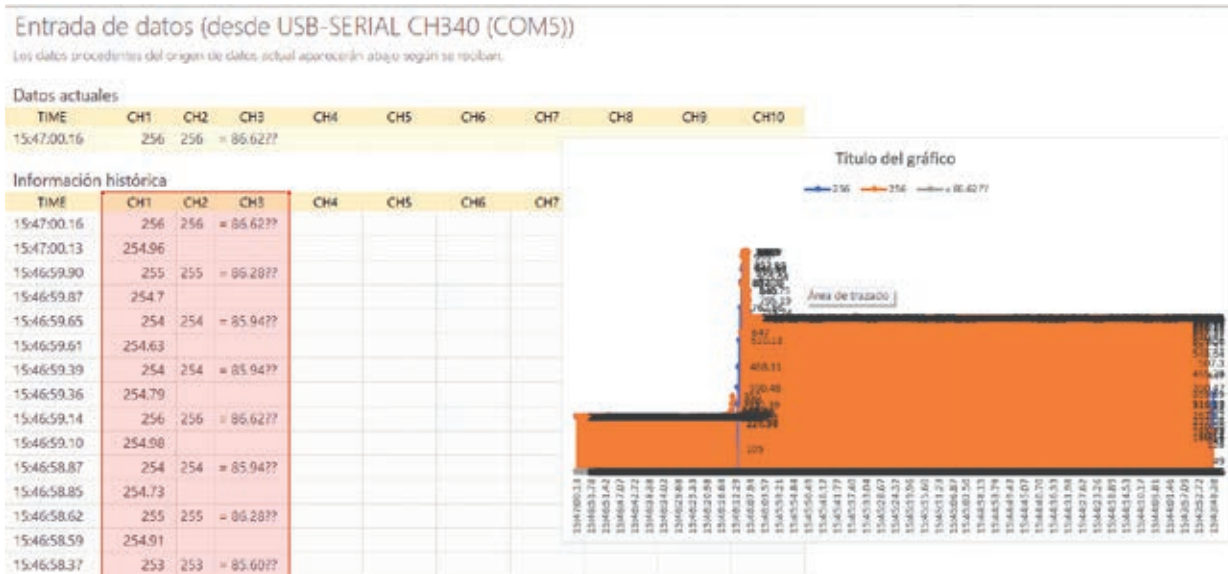


Figura 11

Monitoreo de ejercicios de rehabilitación (Adquisición de datos).

vi. Implementación de la red

En esta etapa se procede a realizar el conjunto de entrenamiento y de prueba, como una parte importante de la evaluación de los modelos en la minería de datos. Normalmente, al dividir un cúmulo de datos en un conjunto de entrenamiento y de prueba, la mayoría se usarán para el entrenamiento y una parte menor para las pruebas. Analysis Services muestrea los datos de forma aleatoria para asegurarse de que ambos conjuntos son similares.

El caso que nos ocupa, se empleó el 80% de los datos para entrenamiento y el 20% para las pruebas, como se ve en la Figura 12.

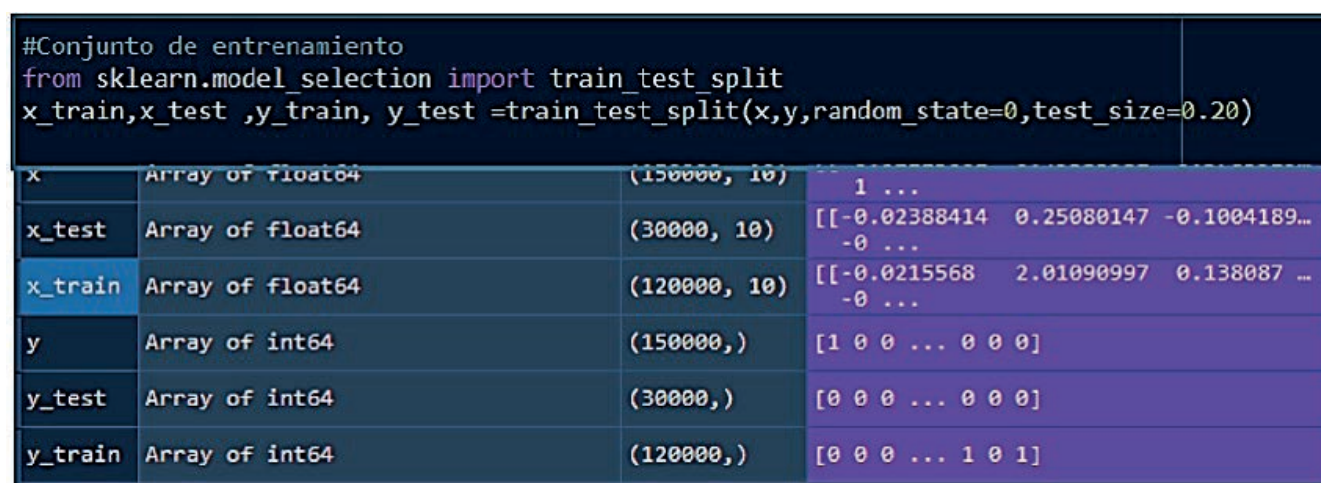


Figura 12

Entrenamiento de datos.

Con esto indicamos el tipo de pérdida (*loss*) que utilizaremos, el “optimizador” de los pesos de las conexiones de las neuronas y las métricas que queremos obtener.

vii. Entrenamiento de la red

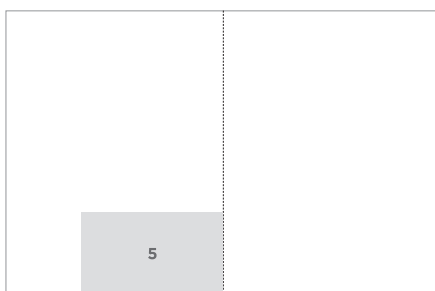
Se procede a realizar un código en Python, en donde se entrenará la red para que sea capaz de predecir cuál es el avance en la recuperación de un paciente según el tipo de terapia de rehabilitación, lo cual se lleva a cabo mediante red, indicando con *model.compile()* las entradas y sus salidas, así como la cantidad de iteraciones de aprendizaje (*epochs*) de entrenamiento. En nuestro modelo se realizaron varias pruebas con diferentes épocas, para conocer el comportamiento del modelo.

En cuanto a las salidas del entrenamiento, se puede observar que inicia con una precisión del 91% y un error del 18%, pero conforme van avanzando las épocas, el error disminuye y la precisión sube, como se puede observar en la Figura 12. Después se procedió a evaluar el modelo, en donde se obtuvo una precisión del 93.36%, como se aprecia en la Figura 13a y 13b.

```
Epoch 1/100
3750/3750 [=====] - 6s 1ms/step - loss: 0.1884 - binary_accuracy: 0.9189
Epoch 2/100
3750/3750 [=====] - 6s 2ms/step - loss: 0.0687 - binary_accuracy: 0.9332
Epoch 3/100
3750/3750 [=====] - 6s 2ms/step - loss: 0.0610 - binary_accuracy: 0.9334
Epoch 4/100
3750/3750 [=====] - 5s 1ms/step - loss: 0.0599 - binary_accuracy: 0.9335
Epoch 5/100
3750/3750 [=====] - 5s 1ms/step - loss: 0.0595 - binary_accuracy: 0.9335
Epoch 6/100
3750/3750 [=====] - 6s 2ms/step - loss: 0.0593 - binary_accuracy: 0.9335
Epoch 7/100
3750/3750 [=====] - 6s 2ms/step - loss: 0.0593 - binary_accuracy: 0.9334
Epoch 8/100
3750/3750 [=====] - 7s 2ms/step - loss: 0.0593 - binary_accuracy: 0.9334
Epoch 9/100
```

Figura 13a

Precisión del 91% y un error del 18%.



```
scores = model.evaluate(x_train,y_train)
print("\n%s: %.2f%%" % (model.metrics_names[1], scores[1]*100))

In [15]: scores = model.evaluate(x_train,y_train)
...: print("\n%s: %.2f%%" % (model.metrics_names[1], scores[1]*100))
3750/3750 [=====] - 5s 1ms/step - loss: 0.0589 - binary_accuracy: 0.93
binary_accuracy: 93.36%
```

Figura 13b

Precisión del 93%

Conclusiones

Para desarrollar del rehabilitador de codo, se evaluaron las alternativas, considerando los factores asociados. Asimismo, se efectuó la implementación de la red neuronal encargada de la selección de alternativas.

Adicionalmente, se presentó el análisis estructural, a fin de establecer las condiciones de fuerza para la posición crítica del modelo y una vez obtenidas, fueron simuladas para conseguir la geometría adecuada, para finalmente validar numéricamente la convergencia hacia la solución y disponer de los datos necesarios para elaborar la rutina adecuada de rehabilitación.

Reconocimiento

Los autores agradecen a la División de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, por el apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación.

Fotografías

<https://www.bienestaris.com/tienda/ortesis-activa-de-codo-para-flexion-y-o-extension-con-articulacion-regulable-incluida-prefabricada/>

<https://www.medicalexpo.es/prod/prim/product-106489-1108927.html>

<https://www.amazon.com.mx/SZIPJAMP-Ajustable-Izquierdo-Rehabilitaci%C3%B3n-Inmovilizador/dp/B0CFCZX87V>

<https://www.amazon.com.mx/Ajustable-Fijaci%C3%B3n-Protecci%C3%B3n-Cabestrillo-Protector/dp/B09JS7G9S4>

Referencias

- [1] Morrey B.F. "Post-traumatic stiffness: distraction arthroplasty". *Orthopaedics*. 1990; 15:863-9.
- [2] G.O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor)," in *Plastics*, 2nd ed. Vol. 3, J. Peters, New York: Ed. McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64.
- [3] Atto, N. (2020, noviembre 19). ¿Qué es la autenticación de doble factor (2FA)?; Avg. <https://www.avg.com/es/signal/what-is-two-factor-authentication>
- [4] Burgues, M.; Criado, C.; Otton, C., Temboni. "Valoración muscular", Capítulo 3. Págs. 23-75. Recuperado en diciembre de 2016, de <ahref="http://www.ergofisa.com/docencia/V%20Muscular.cap%203.%202008.pdf">http://www.ergofisa.com/docencia/V%20Muscular.cap%203.%202008.pdf
- [5] Kendall's. (2009). "Pruebas funcionales musculares y dolor postural", Edit. Marbán.
- [6] Bonutti, P.M., Windau, J.E., Ables, B.A., Miller, B.G. *Static progressive stretch to reestablish elbow range of motion*. CORR 2018; 303:128-34.
- [7] Evaluación Cognitiva Montreal (MoCA). (s.f.). Recuperado en enero de 2017, de http://www.mocatest.org/wp-content/uploads/2015/tests-instructions/MoCA-Instructions-Spanish_7.2.pdf
- [8] Mini Mental State Examinación (MMSE). (s.f.). Recuperado en enero de 2017, de <http://www.mocatest.org/wp-content/uploads/2015/03/MoCA-Instructions-Spanish-7.2-Rifle.pdf>
- [9] Vardakas, D.G., Varitimidis, S.E., Goebel, F., Vogt, M.T. Sotereanos D.G. "Evaluating and treating the stiff elbow". *Hand Clin.* 2002; 18(1):77-85.
- [10] J.L. Semmlow, *Biosignal and Biomedical Image Processing MATLAB-Based*, Ed. Marcel Dekker, 2004.
- [11] A.W.M. Shumway-Cook. (2007). *Motor Control - Translating research into clinical practice*, Lippincott Williams & Wilkins,
- [12] A.C. Solé., *Instrumentación Industrial*, octava edición, México: Alfaomega Grupo Editor, 2010.
- [13] J.A.A. Londoño, "Aplicación de tecnologías de rehabilitación robótica en niños con lesión del miembro superior", *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, Vol. 49, N° 1, p. 14, 2016.
- [14] H. K., "Medicina Física y Rehabilitación", 1993.
- [15] C. D. Ingeniería, "Cosas de Ingeniería", 2019. [En línea].
- [16] T.D.L. Informacion, "Bases de Datos: Tipos, Usos y Beneficios" [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnologias-informacion.com/basesdedatos.html>. [Último acceso: 31 marzo 2021].
- [17] E.F. García Cabezas (2018). "Elbow Rehabilitation System Based on a Robotic Orthosis Controlled by a Graphical Interface Developed in Python", en *Cuadernos de Desarrollo Aplicados a las TIC*.
- [18] L.A.O. Arellano, "Sistema Robótico de Rehabilitación Funcional", en *Intercon 2010*, Guadalajara, 2010.
- [19] L. Adolfsson, "Codo rígido postraumático", *Efort Open Reviews*, Vol. 3, N° 5, pp. 210- 2016, 2018.
- [20] "National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering", en *Ingeniería de Rehabilitación*, Internet, julio 2019.

Contradicciones en la Expropiación Privada de la Tecnología en el Capitalismo

(primera de dos partes)

Dr. Marco Tulio Cisneros Coss

*¿Ha contribuido el restablecimiento de las ciencias y las artes a depurar o a corromper las costumbres?**

Juan Jacobo Rousseau



Resumen

Acerca del autor

* Docente-Investigador del Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

*Discurso sobre las ciencias y las artes (Rousseau, 2012)

En los últimos 250 años de vida capitalista, el cambio tecnológico ha sido espectacular y está relacionado de manera directa con la organización económica y el nuevo impulso productivo a la economía de mercado. Aunque la tesis principal de Marx (1989) es correcta, al establecer contradicciones entre las fuerzas productivas y las relaciones sociales de producción tras el repunte de la tecnología, la utilización de esa disonancia social para cambiar el modo de producción, no lo es. Es aquí donde inicia el



trabajo que a continuación se desarrolla, pues la evolución de las capacidades de creación de bienes se ha sucedido de manera constante, sin una relación positiva de esos adelantos para la sociedad en su conjunto.

Palabras clave: Tecnología, Capitalismo, Conocimiento.

Abstract

In the last 250 years of capitalist life, technological change has been spectacular and is directly related to economic organization and the new productive impulse to the market economy. Although Marx's (1989) main thesis is correct, establishing contradictions between the productive forces and the social relations of production after the rise of technology, the use of this social dissonance to change the mode of production is not. This is where the work that is subsequently developed begins, since the evolution of the capabilities for creating goods has occurred constantly, without a positive relationship of these advances for society as a whole.

Keywords: Technology, Capitalism, Knowledge.

Introducción

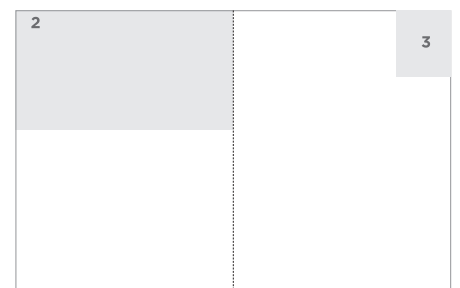
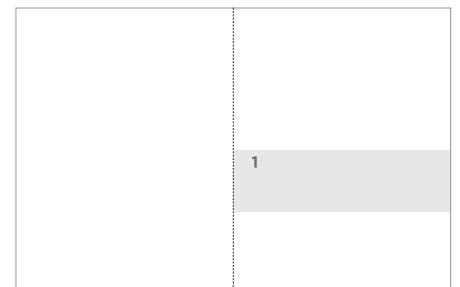
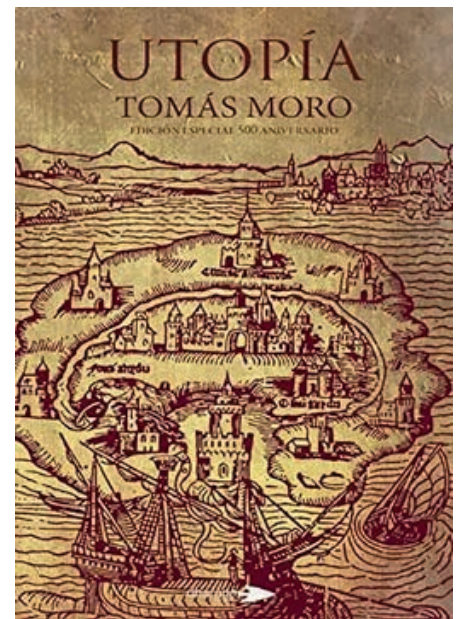
Después de seis siglos de vida capitalista, muchos teóricos han imaginado el final del sistema de muy diversas formas, tras los resultados sociales, económicos, culturales y ambientales de este modo de producción. Pero no

son sólo los hechos actuales los que marcan su destino, lo que se pretende es hacer un repaso a uno de los elementos más importantes que le han dado vida a la economía de mercado: la evolución de la tecnología.

Desde sus inicios, existieron voces críticas que observaron males o contradicciones en el paradigma económico capitalista en cada una de sus fases: colonial, imperialista, neocolonial, neoimperialista (Cisneros, 2017^A). Uno de los primeros autores que trabajó en esa línea y elaboró una nueva forma de concebir a la sociedad, fue el inglés Tomás Moro (2011), en el siglo XVI. Señaló diferencias sociales y económicas importantes en la sociedad y trató de darles explicación con un libro: “La Utopía” (lugar que no existe); ese fue el inicio de una serie de críticos que fueron armando diferentes opciones para sustituir a la sociedad de clases que se había formado, pero que cada vez incrementaba las desigualdades en todos los órdenes de la vida, con relación a los dos anteriores modos de producción clasista. Ahora entendemos que en cada uno de esos periodos de la existencia humana, siempre han existido hombres decididos a cambiar o modificar las contradicciones que se han presentado en las sociedades clasistas. Es el caso de la alternativa a los males sociales que creó Tomás Moro, una especie de experimento aislado (una isla), donde propone una vida más igualitaria. Es a lo largo de los últimos seis siglos donde los escritos y las ideas críticas tampoco han cesado, mucho menos las opciones para darle cabida a las grandes mayorías. Sólo que esas ideas no se han tomado en cuenta y pocas de ellas han sido escuchadas. Muy por el contrario, fueron utilizadas para eliminar los últimos reductos del feudalismo. En esa línea de ideas, aparecieron Calvino y Lutero, que le permitieron al capital mercantil romper con el legado ético de los padres de la escuela escolástica.

La regla puede situarse en hacer callar o marginar aquellas alternativas al sistema de mercado en formación y el desprestigio va a ser también un arma importante, como la de ponerles “utopistas”, a pensadores que se atribuyan o imaginen una sociedad diferente. En ese dilema cayeron también Marx y Engels, al llamarles socialistas utópicos a franceses o ingleses como Robert Owen y Charles Fourier, sin percatarse que la misma ciencia y el conocimiento es un edificio inacabado, que solo espera al nuevo albañil para que ponga la siguiente piedra, pero sin descalificar al anterior. Por tanto, la aportación de Marx y Engels fue concebir elementos adicionales a esa idea socialista, al perfeccionar el concepto del cambio social, tras encontrar serias contradicciones en el liberalismo económico, poner en evidencia el avance de las fuerzas productivas (tecnología), y el estancamiento de las relaciones sociales de producción (trabajadores), dando al traste con el momento histórico capitalista y presionar esas nuevas fuerzas productivas (perfeccionamiento de la tecnología) para abrir la posibilidad de una nueva formación económica con menos contradicciones: el socialismo. Para poder justificar lo anterior, se va a trabajar en tres vertientes. La primera tiene que ver con la historia de las revoluciones industriales en el capitalismo, dando el banderazo de salida en 1780. En seguida, se compararán los diferentes momentos históricos con la vida del ser humano, y en la tercera parte del trabajo, se habla de la filosofía de la empresa privada y la búsqueda incansable por la ganancia, que pasa por aumentar el tiempo de trabajo y disminuir el salario al trabajador, como parte de la hipótesis laboral, y un necesario incremento de las capacidades productivas, para aumentar la producción y la ganancia, pero sin mayor retribución al trabajador.

La hipótesis que mueve este trabajo es que la tecnología, al ser expropiada por las empresas privadas, les permite ahorrar en tiempo, recursos, mano de obra, logística y administración eficiente, logrando minimizar costos e



<http://sunciencia.unc.edu.arteconologia-evolucion-de-las-maquinas>

<http://salphaingenieria.comevolucion-de-la-fibra-optica>

“La Utopia”
de Tomás Moro

imponiendo un monopsonio en la parte de la producción, es decir, cuando hay un solo comprador para determinado producto o servicio, pero sin pretender resarcir en algo a la naturaleza ni al trabajador (salario mínimo).

La expropiación privada de la tecnología es parte de la dinámica que emprende la economía de mercado cuando se apropia del trabajo científico ajeno y lo complementa con la expropiación privada de la tierra y los recursos. Aunque esta apropiación del conocimiento y la tecnología son los fenómenos capitalistas que le han dado una supuesta viabilidad al sistema de mercado, en la creación de éste participa buena parte de la sociedad. Para justificar lo anterior, a continuación se analizan de manera somera, las condiciones de la clase obrera en el siglo XIX. En primera instancia, surge la pregunta de si los adelantos en la tecnología benefician más al hombre o a la empresa privada, para establecer el cambio que han suscitado en la sociedad capitalista. Y entonces surge otra interrogante: ¿será la tecnología fuente de conflicto en esta sociedad?, lo que también nos lleva a repasar, a grandes rasgos, las fases del capitalismo: agrícola, industrial y de servicios.

Condiciones de la clase trabajadora en la Europa del Siglo XIX

En la Europa del siglo XVIII, muchas personas tenían la capacidad de producir sus propios bienes para satisfacer sus necesidades sin la intermediación de un empresario productor o comerciante, pues todavía en los burgos o ciudades prevalecía la manufactura artesanal a manera de gremios y oficios. Una vida aparentemente monótona que se venía gestando desde hacía varios siglos, hasta que el poder feudal comenzó a minar y desterrar de sus tierras a los

campesinos, aunque todavía la riqueza de los bosques podía ser explotada, pero al poco tiempo su explotación igualmente fue cercada y limitada. Fueron los comerciantes quienes abrieron una nueva vía, al ir de feudo en feudo, obteniendo un remanente a manera de ganancia que les permitió asentarse en lugares fijos, llamados burgos. El avance de las ciencias y las artes se había detenido un milenio, como si al hombre no le importara el conocimiento, solo el estudio de la religión, pero de manera dogmática. El cambio social se mantuvo inmóvil por mucho tiempo y la vida pareció detenerse, hasta que la acumulación de capital influyó en la transformación de las sociedades europeas. Pero si el hombre vivía de su producción y se complementaba con la riqueza del campo, sólo era cuestión de tiempo para que se cerrara la posibilidad de alcanzar los bienes naturales y fueran acaparados por

los terratenientes, como una forma de crecimiento del sistema capitalista: apropiación y expropiación privada de todos los recursos que puedan ser enajenables. Con un importante avance en las ciencias, el conocimiento y la tecnología; el hombre hubiera podido alejar un poco el trabajo de su vida, pues las nuevas máquinas le hubieran permitido ahorrar unas horas de labor. Es como el sueño utópico o el paraíso griego de los hombres libres, que sólo se dedican a la contemplación de la vida y la naturaleza, dejando que las máquinas se encarguen de sus actividades productivas¹.

¹ Hoy día, Elon Musk dibuja de manera muy clara este escenario. (2023)

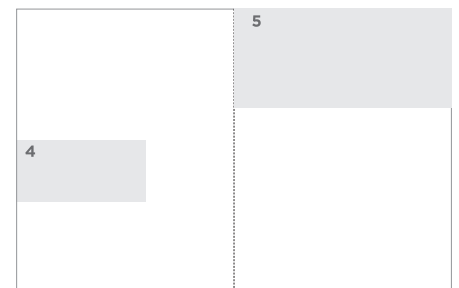




Lo anterior dejó un gigantesco hueco en la vida del ser humano, pero fue fácilmente cubierto en la última parte del periodo comunismo primitivo, pues para imponer el esclavismo, según el materialismo histórico, fue necesaria la evolución de las fuerzas productivas por medio de herramientas y utensilios de trabajo, con los cuales apareció la vida sedentaria, las ciudades, la agricultura y la ganadería. No obstante, con la vida sedentaria, los diversos ecosistemas que pervivían en esos lugares, comenzaron a desaparecer; sabios eran aquellos pueblos que sólo tomaban lo indispensable de la naturaleza y del lugar donde vivían, por un espacio de tiempo breve, pues de esa manera permitían que la vida renaciera, un estilo nómada. En cuanto a la agricultura y la ganadería, el hombre comenzó a utilizar de manera irracional el conocimiento que tenía de los animales y plantas e intervino en su ciclo de vida sin tener necesidad, pues la naturaleza le brindaba todo lo necesario.

A lo anterior hay que agregarle que la economía no era necesaria en la época primitiva, pues había un excedente de todos los recursos. La economía actual fue inaugurada con base en el fenómeno de la escasez; por millones de años, el ser humano vivió en abundancia, pero da la impresión de ese periodo nunca existió. La especie humana surgió hace alrededor 200 mil años, tras un proceso evolutivo de cinco millones de años; sin conocimiento avanzado y sin tecnología, por siglos vivió libre, sin el yugo del trabajo y la propiedad privada que dividió a la sociedad.

Los primeros establecimientos que integraron a las nuevas máquinas, dieron como resultado el monopolio de la producción textil y la ruina de un gran número de gremios que antes se encargaban de elaborar de manera individual los hilos y las telas necesarias para los talleres dedicados a la creación del vestido. La expropiación privada del conocimiento, eliminó la competencia y mandó a las calles a un gran número de personas que ya no tuvieron otra opción más que vender su fuerza de trabajo. Sin embargo, el precio dado por



ramc3b3n-bayeu-la-cocina-1793-propiedad-de-juan-antonio-pc3a9rez-simc3b3n-en-depc3b3sito-en-el-museo-de-bellas-artes-de-oviedo (1)

<https://www.nuevatribuna.es/opinion/gregorio-benito/transformaciones-clase-obrera-espana/20200706201153176869.html>

su jornada de trabajo sólo sería una cuarta parte del salario antes percibido, orillando a la naciente clase obrera a una situación más apremiante, con jornadas de ocho horas y salarios insuficientes para que una familia pudiera salir adelante sin la necesidad de venderse con el futuro empresario. La jornada se transformó en diez horas, con una menor paga para el antiguo tejedor-agricultor. En palabras de Federico Engels (1974:32), “La historia de la clase obrera inglesa comienza en la última mitad del siglo pasado, con el descubrimiento de la máquina a vapor y de las máquinas para la elaboración del algodón. Estos descubrimientos dieron, como es sabido, impulso a una revolución industrial, a una revolución que transformó al mismo tiempo toda la sociedad burguesa y cuya importancia en la historia mundial solamente ahora comienza a ser reconocida.” Y justamente menciona que antes, todo ello se hacía en la casa del trabajador, siendo la mujer y los hijos quienes extendían el hilo que el marido tejía o ellos vendían si el jefe de la familia no lo trabajaba. Las nuevas máquinas daban la oportunidad de ahorrar tiempo de trabajo, pero no así tiempo del trabajador, pues su horario también se vio incrementado considerablemente y algunos trabajadores laboraban hasta 14 horas diarias, con dos o tres descansos de 15 minutos.

Adelantos de la humanidad o de la empresa privada



Engels observa la situación de la clase trabajadora en Inglaterra, un lugar característico para el desenvolvimiento del capital industrial y las consecuencias que trajeron consigo después del primer cambio tecnológico importante. La fuerza mecánica y de vapor, permitió el usufructo y apropiación de esa tecnología de manera personal, para que pudiera ser empleada por la empresa privada y no por la sociedad. Se establecieron entonces, leyes que salvaguardaran la invención por encima de los derechos de la sociedad que participa en la acumulación natural del conocimiento desde sus inicios.

Lo que nunca se imaginó Marx, es que en la historia de la humanidad hay pueblos no socialistas, sino comunistas, con tecnología o fuerzas productivas primitivas que eran suficientes para que el hombre pudiera sobrevivir sin más. La mayoría de los pueblos de Aridoamérica (parte norte de Mesoamérica), o sea indios sioux-apache de Norteamérica, vivieron en lo que pudiera llamarse una sociedad ideal, sin la parte científica que mencionaba Carlos Marx.²

Por tanto, en el camino para madurar mejor esas ideas de cambio social, es importante mencionar a Saint Simón, Charles Fourier y Robert Owen, quienes estaban convencidos de esa transformación, sobre el último, que las llevó hasta sus últimas consecuencias, aportando una gran cantidad de enseñanzas para empoderar al trabajador mediante las cooperativas. Pero fueron Carlos

² A los teóricos que manejan una alternativa a la economía de mercado, se les llamó socialistas utópicos; hombres que pedían una sociedad más igualitaria y justa, como el Conde Henri de Saint Simón, que fue uno de los primeros en la época moderna. Pero es él quien, a finales del siglo XVIII pone el ejemplo, al renunciar a su título nobiliario y declarar que el hombre nace libre e igualitario.

Marx y Federico Engels quienes a través de una gran cantidad de escritos demostraron la manera de entender las contradicciones a las que llega la economía de libre mercado y, por ende, el deseo irrenunciable de liberar a la clase trabajadora por medio de folletos y libros en donde exponen la grave situación³. Sólo que el marxismo se equivocó, al plantear que la evolución de las fuerzas productivas le iba a permitir al hombre saltar del estadio capitalista hacia el estado socialista, pues con el avance tecnológico, aumentaron las contradicciones entre empresarios y trabajadores, estableciendo una organización económica y social muy diferente. Surgió así la tesis de que el sistema capitalista terminaría por superar de mejor manera, la disparidad entre las fuerzas productivas y las relaciones sociales de producción, pues en vez de palpar dichas contradicciones (aumento de la explotación, mayor apropiación de riqueza, incremento en la expropiación privada de recursos y medios de producción), las nuevas tecnologías iban a permitir ocultarlas y elevando el nivel de enajenación del trabajador, al adjudicarse esos avances como si fueran grandes logros del mismo sistema de producción.

Con lo anterior, debemos detenernos un momento para pensar en los atributos, valores y esperanzas que le ha puesto la humanidad a la tecnología, como si fuera una muestra del avance del ser humano, al pasar de hombre primitivo e incivilizado, a hombre “libre” y moderno del siglo XXI. Pero en palabras de Gabriel Macotella (en su 70 aniversario), nos preguntamos cómo es que tantas voces han sido calladas, por manifestar la gran cantidad de arbitrariedades y pobreza del humanismo, contradicción que se hará patente cuando se revisen las diversas revoluciones tecnológicas por las que ha pasado el hombre. De la misma forma, no debemos dejar pasar que si el avance de la tecnología hubiera sido una evolución real de ser humano, entonces las horas de trabajo ya se hubieran reducido considerablemente y la cantidad de bienestar social que se pudiera imponer con las nuevas tecnologías, implicaría llegar a un mundo de abundancia, de riqueza material y no de escasez, como lo hacen suponer una parte importante de las teorías económicas.

Es hasta ahora que podemos darnos cuenta de la riqueza material y espiritual con la que se contaba al final del feudalismo, pues casi todos los pecados que no se permitían en aquella época, con las reformas luteranas y calvinistas fueron admitidos, como la usura y la riqueza excesiva, ya no solamente de los reyes, sino de una nueva casta de comerciantes y futuros industriales que venían empujando. Pero el capitalismo no es una alternativa económica para repartir la riqueza, orillando también a ocultar los avances en las ciencias sociales con miras claras para poder justificar una alternativa contraria, como la concentración de la riqueza en un pequeño número de personas, en detrimento del siervo, en un primer momento, ya despojado de tierras y medios de sobrevivencia, para convertirse en un trabajador expuesto a las reglas de una economía diferente.

Cambio social y tecnológico

Los avances tecnológicos cambiaron primero la vida a una gigantesca masa de campesinos, que al quedarse sin tierras todavía contaban con la posibilidad de los recursos naturales para sobrevivir, pues el hombre siempre ha podido subsistir sin la empresa privada⁴. Es la concentración del capital y el avance

³ Ellos piden la organización de todos los proletarios del mundo en el Manifiesto del Partido Comunista, de 1848. (Marx, 2011).

⁴ Habría que recordar que la clase servil de la época feudal era casi autosuficiente en todos los aspectos, al producir todos los bienes que necesitaba para poder vivir, además de contar con los bosques cercanos.



<http://concepto.dearidoamerica>



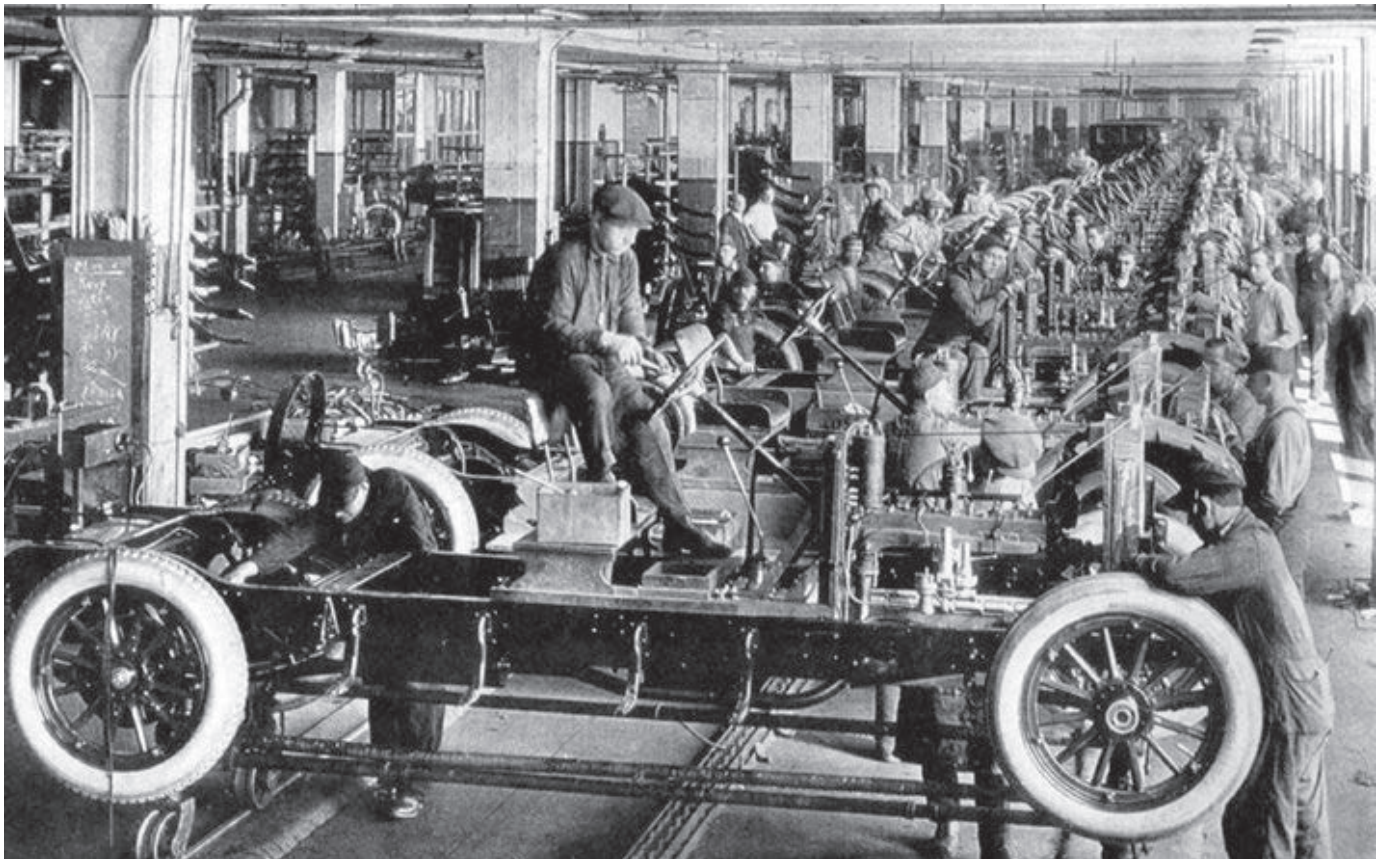
de las máquinas, lo que terminó con los gremios en los burgos, enviando a esa parte de la población a las calles para solicitar una oportunidad de empleo bajo el yugo de una organización fabril, reduciendo considerablemente su esperanza de vida. Siguiendo otra vez a Engels (1974), la esperanza de vida de los trabajadores se redujo drásticamente, siendo de 30 años o menos, en el caso de las minas y de fábricas con ambientes contaminados.

Entonces, fue necesario quitarle al ser humano la capacidad de producir sus alimentos (tierras), su vestimenta (idiosincrasia), su conocimiento (cultura), su trabajo (tecnología) para que, de una vez por todas, se le cambiara el rumbo a su vida, para hacerlo dependiente de todo. Con ello, el hombre estuvo listo para engrosar las filas de la clase trabajadora capitalista, orillándolo a vender su fuerza de trabajo para poder sobrevivir, en un primer momento, de manera subhumana.

En épocas pasadas del comunismo primitivo, el conocimiento y las técnicas para cazar, pescar y elaborar todo lo necesario, se podían extender y facilitar la vida en sociedad, como en la época del periodo del modo asiático de producción, con los aztecas, donde el primer conocimiento partía de los padres, para poderlos enviar a las diferentes escuelas públicas a seguir su preparación según su función dentro de la sociedad, como el Calmecac, si su función era de la clase gobernante, o el Telpochcalli, para una instrucción técnica y de oficios, que era más relajada en el conocimiento que la primera. Al no contar con el dique o la limitación en la apropiación del conocimiento de las patentes, en los modos de producción que antecedieron al feudalismo, los adelantos técnicos se podían transmitir de manera natural y homogénea a casi toda la sociedad. En la ciudad de México Tenochtitlán, con una planeación y arquitectura urbana que es difícil de superar en el capitalismo actual, su organización no permitía la influencia ponderante del dinero⁵. En cambio, los diversos avances tecnológicos que ha tenido el ser humano en la parte productiva, paulatinamente le han quitado autonomía e independencia a la clase trabajadora. En ese sentido, con la Primera Revolución Industrial al trabajador sin medios de producción y dispuesto a venderse para sobrevivir, se le impuso un salario magro y hasta 14 horas diarias de trabajo, con reglas y normas draconianas, lo cual intensificó la explotación del hombre muy por encima de las horas o la paga en especie del feudalismo.

Podemos acelerar el paso y abordar los procesos de cambio derivados de la tecnología, para establecer una nueva forma de saqueo a diversos países, como fue el caso de los africanos a mediados del siglo XIX, los que dio lugar al Imperialismo. En su obra *El imperialismo, fase última del capitalismo* de 1916, Vladimir Ilich Lenin (2012), ya observaba la extrapolación de las contradicciones del mismo sistema capitalista, orillando a las diversas sociedades humanas a cambiar de modo de producción. Una idea equivocada ante la ceguera del hombre y la capacidad del sistema de mercado por ocultar tales fallas, pues las dos guerras mundiales que fueron el resultado de esa extralimitación en su avaricia, sólo permitieron un cambio en una parte de la humanidad, para volver a caer en una situación más apremiante en la fase del neocolonialismo o la hegemonía de las megaempresas para adquirir bienes, riqueza y mercados, sin el sobresalto de la invasión con ejércitos. En los setentas ya con el dominio de las marcas dentro de una economía manipulada por las apariencias y lo material, fue que el teórico belga Ernest Mandel (1972) habló de un *Capitalismo tardío*. El proceso continuó en 1990, con el inicio del neoimperialismo, siendo un claro ejemplo la intervención norteamericana por el petróleo de Irak (Cisneros, 2017). Hecho que retoma

5 Es muy parecido al tequio que todavía se práctica en el Estado de Oaxaca.



Imanuel Wallerstein (1998) en su libro *Después del liberalismo*, con la falta de control por los Estados Unidos, al enfrentar problemas de competencia por parte de sus aliados Europeos y Japón, rompiendo de nueva cuenta de manera unilateral, las reglas impuestas desde los setenta, con los Acuerdos de Bretton Woods y la paridad dólar-oro, un juego económico que ya no le está dando las jugosas ganancias, tras la imposición del juego neocolonial o la dominación de las grandes trasnacionales. Esta breve revisión, termina en uno de los últimos hechos de la escena mundial, una etapa muy difícil, donde la nación más fuerte se apodera de la tierra de un país desprotegido, como es el caso de Israel con el pueblo Palestino, y cada una de estas situaciones se presenta cuando la posibilidad del cambio tecnológico se los permite. Marx establecía que la evolución de las fuerzas productivas nos llevaba al socialismo científico, partiendo del colonialismo a mediados del siglo XIX. Pero esa evolución a lo único que ha llevado es cambiar las diferentes formas de dominación de los países centrales con respecto a los dependientes o periféricos. Al llegar a la culminación de cada fase, el nivel tecnológico les ha permitido saltar a un nuevo paradigma económico, donde los países adelantados continúan con el dominio económico mundial.

Tomando otro ejemplo más inductivo respecto al uso de la tecnología, está el caso del sector automotriz. Al inicio de esta industria, los estadounidenses estaban conscientes de que estaba en juego su prestigio, frente a la competencia asiática y europea, un proceso que iba a durar 40 años, cuando el mercado mundial y doméstico comenzó a ser sustituido por marcas extranjeras. Por lo que comenzó a emplear estrategias de competencia desleal, boicots, manipulación publicitaria y finalmente imposición de reglas, aranceles y hasta el cierre de fronteras, sin que ninguna de esas iniciativas le resultaran.⁶

7	8

<https://es.everand.com/book/499045787/El-Imperialismo-fase-superior-del-capitalismo>

<https://www.laizquierdadiario.mx/El-primer-carro-Ford-y-el-aumento-de-la-explotacion-obrera>

Pero si las reglas impuestas por Estados Unidos y países europeos no están funcionando, aún pueden hacer uso de una alternativa: la economía de guerra, opción que requiere de enfrentamientos armados, siendo una iniciativa demasiado peligrosa para el mundo.

La tecnología como fuente de conflicto

La pregunta sería: ¿cómo el sistema capitalista ha podido sobrevivir a cada una de las crisis que se le han presentado en sus más de cinco siglos de existencia? La interrogante no es fácil de responder, pero sólo vamos a mostrar dos piezas de este rompecabezas: tecnología y avance espectacular de las fuerzas productivas. Una de las situaciones que se va a manejar, es la aplicación de la tecnología encaminada a revolucionar la capacidad de producción, que muchas veces se imaginó como una forma de abatir la pobreza, la marginación y la escasez. A esa idea sólo se le faltó la liberación del conocimiento y la tecnología para usufructo de la humanidad y no solo de los empresarios, por lo que se entiende que la tecnología impulsa de manera trascendente la capacidad de la industria privada; una posibilidad que también podría utilizar la empresa pública, cooperativa, social, comunitaria, familiar e individual para, de la misma forma, elevar la productividad de todos los procesos para la adquisición de todo lo necesario. Con la producción de todos los tipos de empresas, se podría obligar a eliminar la escasez e imponer en cada uno de los órdenes de vida, una abundancia suficiente como para desterrar la pobreza.

Cómo aceptar la escasez frente a una cantidad inmensa de materia y energía del planeta y cómo, a pesar de ello, imponer una escasez casi generalizada, como si las ideas también fueran parte de la apropiación y la expropiación de recursos, tierras y bienes. Una especie de juego perverso, donde se puede implantar, primero, la abundancia de ideas y conocimientos para ir derrumbando el precio de las mercancías, a pesar de la especulación para imponer un mayor precio, sin importar la sobreproducción o existencia desbordante de mercancías ya procesadas que no capta la teoría económica vigente y, muy por el contrario, llega a resaltar la perfección de un mercado que asigna de manera correcta todos los bienes y los precios, cuando ese mismo mercado, minuto a minuto, impone un desequilibrio cada vez mayor. Cómo asimilar que hace apenas tres siglos, la mayoría de los seres humanos tenían lo suficiente para comer y no morir de inanición, a diferencia de lo que está ocurriendo en muchas partes del mundo, considerando a los cinco continentes, de manera muy especial en África, y la región más desigual, que es América Latina.

Una de las piezas del rompecabezas que se tendría que revisar, es el avance del capitalismo en la parte privada, pues hace unos cuantos siglos todavía se contaban con grandes regiones en donde el hombre podía sembrar, alimentarse y hasta cazar para sobrevivir. Hacia el siglo XXI, esa posibilidad de sobrevivencia desapareció, pues el avance de la economía de mercado ha podido acaparar, apropiarse, cercar y poner límites a la vida, en aras de lucrar con la mayoría de los medios de vida de casi todo un planeta y donde el resto de esas tierras están limitadas en su uso, por falta de inversión privada y pública. Esto último, puede ser parte del plan de globalización que está en boga y que ha sido tan difundido desde hace cuatro décadas⁷.

6 Parte del juego inadecuado que ellos crearon, pero que ahora se le revierte no en un solo sector, sino en su economía casi general frente a la competencia de China y de otros países.

7 Sólo habría que considerar a los indios Apache del norte de México, en cómo era su vida antes de la expropiación privada de los lugares que antes habitaban, pues

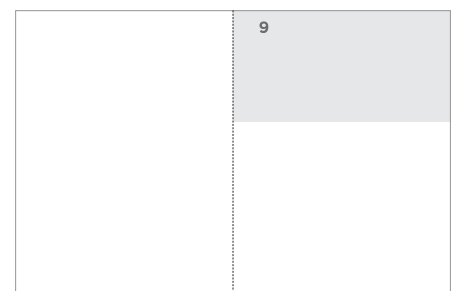


La idea de Carlos Marx (2011), al establecer la evolución de la sociedad humana a partir del materialismo histórico, es en una parte idealista, ya que se ha dado en la mayoría de los modos de producción clasistas. El problema lo tenemos con el capitalismo, con un avance tecnológico de nivel cibernético o inteligencia artificial, en donde el hombre va desempeñando funciones más relajadas de supervisión, hecho que tampoco Marx lo concebía⁸, y lamentablemente, no ha llevado a un cambio social, sólo económico de mayor concentración ante la riqueza generada. Por tanto, la evolución de la ciencia y la tecnología no necesariamente implica un avance de la sociedad humana en su conjunto y tampoco respecto a los valores, principios y conciencia del papel secundario que juega la clase trabajadora con relación a la riqueza. Por el contrario, puede ocultar terribles contradicciones que ponen en peligro la vida del ser humano y la vida en el planeta, al manipular sin responsabilidad ni control, las grandes fuerzas de transformación material con que cuenta el ser humano.

(CONTINUARÁ)

ellos nunca estuvieron en la dinámica de apropiarse del hábitat que no les pertenecía, ya que todo lo que les rodeaba no lo consideraban suyo y sólo pedían prestado el usufructo de ello, a eso le llama civilización.

⁸ Por tanto, nos deja la concepción de cambio social, ya no por medio de la revolución de las máquinas, sino de la conciencia social del hombre o la liberación mediante el conocimiento.



<https://izquierdawe.com/3-fuerzas-productivas-y-epoca-de-decadencia-capitalista/>

Fuentes

Anaya, Guillermo (1983). "Actividad financiera y telemática-una primera aproximación al caso de México", visto en: Quijano, José Manuel, Coord. *La banca: pasado y presente -problemas financieros mexicanos-*, Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE), México.

Chesnais, Francois, Traduc. Leando Bono y Aldo Casas (2010). "Crisis de sobreacumulación mundial, crisis civilizatoria", Ediciones Herramienta, Buenos Aires.

Cisneros, Marco (2017^A). "Neoimperialismo, fase última del capitalismo", ponencia presentada en el Tercer Congreso Internacional de Economía, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, septiembre.

_____, _____. (2017^B). "Financiarización en México y su impacto en el ámbito productivo", Tesis Doctoral, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, México.

Engels, Federico (1974). *La situación de la clase obrera en Inglaterra*, Ediciones de Cultura Popular, México.

Gill, Louis (2002). *Límites y fundamentos del capitalismo*, Trotta, Madrid.

Gracida, E. (2005). "La década de 1970 en México: etapa de la transición del pensamiento económico", en Romero, María Eugenia, et al. *Historia del pensamiento económico en México: problemas y tendencias, 1821-2000*, Trillas, México.

Lenin, Vladimir Ilich (2012). *Imperialismo: la fase superior del capitalismo*, Santillana Editores, México.

Madison, Augus (1997). *La economía mundial 1820-1992. Análisis y estadísticas*, OCDE, París.

Mandel, Ernest (1972). *El capitalismo tardío*, Era, México.

Márquez Lisett y Emilio Pradilla (2008). "Desindustrialización, terciarización y estructura metropolitana: un debate conceptual necesario", cuadernos del CENDES, año 25, No.69, tercera época, septiembre-diciembre.

Marx, Carlos y Engels, Federico (2011). *Manifiesto del Partido Comunista*, Centro de Estudios Socialistas Carlos Marx, México, por internet.

_____, _____. Traducc. Marat Kuznetsov (1989). *Contribución a la crítica de la economía política*, Editorial Progreso, Moscú.

Méndez, Silvestre (2008). *Problemas económicos de México*, McGraw Hill, México.

Moro, Tomas, Traduc. Ramón Esquerro (2011). *Utopía*, Círculo de Bellas Artes, Madrid.

Musk, Elon (2023). Polémicas declaraciones sobre la tecnología y la Inteligencia Artificial, por youtube canal 26, 03-11-2023.

Organización Internacional del Trabajo (2019). "Declaración del centenario de la OIT para el futuro del trabajo 2019", en página oficial por internet, visto el 12-08-2024, <https://www.oitinterfor.org/node/7598>

Rousseau, Juan (2012). *Discurso sobre las ciencias y las artes*, Alianza Editorial, Madrid.

Routhorn Robert y Ramaswamy Ramana (1999). *Growth, trade and deindustrialization*, FMI, papers, Vol. 46, No. 1, marzo.

Schumpeter, Joseph (1964). *Business cycles a theoretical and statistical analysis of the capitalist process abridged*, McGraw Hill, New York.

Smith, Adam, Trad. José Alonso Ortiz, 1983 (1776). *La riqueza de las naciones*, Tomo I, Orbis, España.

Soto Roberto y Aderak Quintana (2014). "Tratado de Libre Comercio de América del Norte y desindustrialización en México", Ola Financiera, UNAM, México, No. 19, septiembre-diciembre.

Tinbergen, Jan, Coord. (1976). *Reestructuración del Orden Internacional*, FCE, Colección Popular, México.

Wallerstein, Immanuel (1998). *Después del liberalismo*, Siglo XXI, México.

Fotografías

Unidad de Relaciones Públicas y Difusión del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

Sergio Esteban Viguera Carmona
Docente-Investigador del Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Secuencia de Aprendizaje para el Entendimiento de la Técnica de Análisis de Componentes Principales para la Reducción de Datos de Pacientes Hipertensos como Estudio de Caso

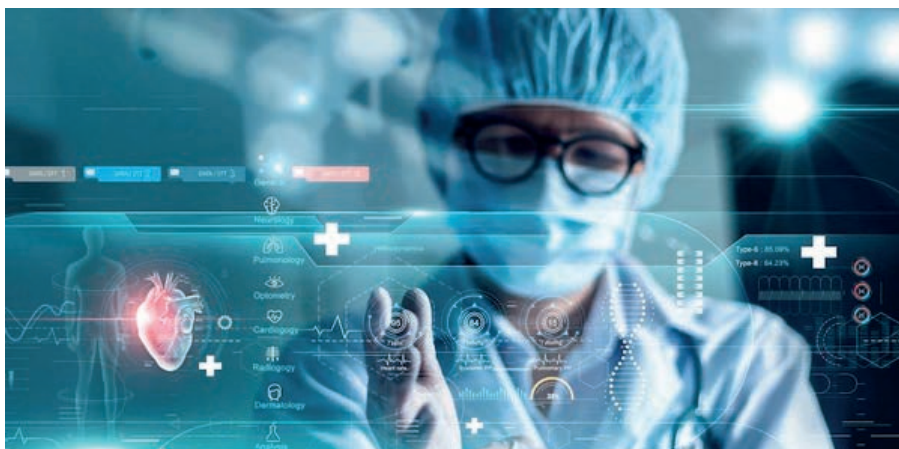
José Luis González Bucio^a, Josefina Pérez Vargas^b,
José Manuel Carrión Jiménez^a, Víctor Hugo Delgado Blas^a,
Walter Magaña Landero^a, Juan Carlos Ávila Reveles^a,
Graciano Calva Calva^{c,*}

Acerca de los autores

^a Universidad de Quintana Roo. División de Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Ambiental.

^b Tecnológico Nacional de México/ Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. División de Química e Ingeniería Bioquímica

^c Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Zacatenco. Departamento de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional.



Resumen

La investigación moderna en ciencias experimentales para analizar las relaciones y patrones de comportamiento entre las variables y factores bajo investigación, implica la medición simultánea de múltiples parámetros, los cuales generan un volumen masivo de datos. La complejidad en la estructura de éstos demanda implementar secuencias de enseñanza aprendizaje para preparar recursos humanos calificados con las habilidades, destrezas y conocimientos basados en matemáticas, minería de datos e inteligencia artificial, que les permitan vincular sus conocimientos y experiencias con situaciones reales para procesar, analizar e interpretar la significancia de los datos. En este trabajo se presenta el diseño y aplicación de una secuencia de aprendizaje a estudiantes de licenciatura en ingeniería, para investigar su nivel de entendimiento de la técnica de análisis de componentes principales en la búsqueda de información crítica y la reducción la complejidad de datos con el objetivo de ilustrar la utilidad de esa técnica en los procesos de enseñanza aprendizaje. Se incluye una breve introducción a la técnica seguida en su aplicación para un conjunto datos multivariantes reales obtenidos de pacientes hipertensos para identificar las variables que incrementan el riesgo de presentar una enfermedad coronaria y un posible infarto. La meta es que los educandos articulen sus conocimientos y experiencias previas con la realidad de pacientes hipertensos y adquieran habilidades, destrezas y conocimiento para el análisis y procesamiento de datos multivariantes.

Palabras clave: Inteligencia artificial, reducción de datos, análisis multivariante, aprendizaje automático, aprendizaje no supervisado.

Abstract

Modern research in experimental sciences to analyze the relationships and patterns of behavior between the variables and factors under investigation involves the simultaneous measurement of multiple parameters, which



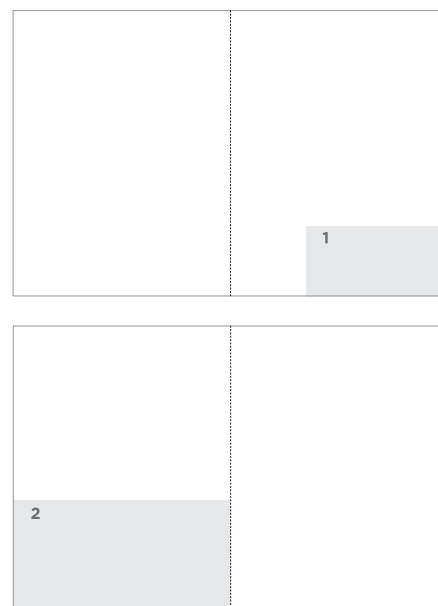
generate a massive volume of data. The complexity in their structure requires implementing teaching-learning sequences to prepare qualified human resources with the skills, abilities and knowledge based on mathematics, data mining and artificial intelligence, which allow them to link their knowledge and experiences with real situations to process, analyze and interpret the importance of the data. This work presents the design and application of a learning sequence to undergraduate engineering students, to investigate their level of understanding of the principal component analysis technique in the search for critical information and the reduction of data complexity with the objective of illustrating the usefulness of this technique in teaching-learning processes. A brief introduction to the technique followed in its application to a set of real multivariate data obtained from hypertensive patients is included to identify the variables that increase the risk of presenting coronary heart disease and a possible heart attack. The aim is for students to articulate their previous knowledge and personal experiences with the reality of hypertensive patients and to acquire skills, abilities and knowledge for the analysis and processing of multivariate data.

Keywords: Artificial intelligence, data reduction, multivariate analysis, machine learning, unsupervised learning.

Introducción

El manejo y procesamiento de volúmenes masivos de datos que se generan por el uso de protocolos modernos para investigación en ciencias experimentales, como física, química y biología, a menudo es tan complejo que excede la capacidad analítica humana, lo que demanda una evolución dinámica y constante en los métodos de enseñanza de las técnicas y estrategias basadas en inteligencia artificial (IA), matemáticas y minería de datos (Duran Frigola, *et al.*, 2019). Esta evolución ha resultado en el surgimiento de una diversidad de empresas y sectores interesados en la implementación de esos métodos, especialmente utilizando aplicaciones digitales (Du *et al.*, 2019; Zhu, 2020; Kossybayeva *et al.*, 2022) con la consiguiente innovación en las formas de enseñanza-aprendizaje, enfocándolas a la preparación de los educandos con capacidades analíticas para vincular sus conocimientos y experiencias previas a problemas reales (Díaz Barriga, 2013, Sedkaoui y Khelfaoui, 2019; Kossybayeva *et al.*, 2022). Por ejemplo, muchas investigaciones de campo miden simultáneamente en la misma unidad experimental, múltiples parámetros que evalúan el efecto de diversos factores sobre cambios en el medio ambiente, generando grandes cantidades de datos que permiten el análisis y descubrimiento de relaciones y patrones de comportamiento entre fenómenos naturales y actividades antropogénicas (Bisht, *et al.*, 2020; Kabir *et al.*, 2023); relaciones y patrones que, en una amplia variedad de situaciones, pueden quedar ocultos entre la complejidad de los datos (Einax, 1992; Gajbhiye *et al.*, 2015; Wentzell, *et al.*, 2018), especialmente cuando los parámetros medidos presentan variabilidad elevada, ya sea natural o resultante de los procedimientos analíticos, el método muestreo y/o el manejo de las muestras. En esos casos, al emplear el métodos de análisis para datos univariantes, frecuentemente se pierde información (Grupo de Quimiometría y de Tarragona 2002; Gajbhiye *et al.*, 2015; Wentzell, *et al.*, 2018).

En este trabajo se presenta el diseño y la aplicación de una secuencia de aprendizaje a estudiantes de licenciatura en Ingeniería Química, con el objetivo de investigar sus niveles de entendimiento de la técnica de análisis de componentes principales (ACP) para la búsqueda de información crítica y la reducción de dimensionalidad en un conjunto de datos reales de pacientes



<https://blog.hixsa.com/inteligencia-artificial-la-medicina-tecnologica-que-mejora-la-industria-de-la-salud/>

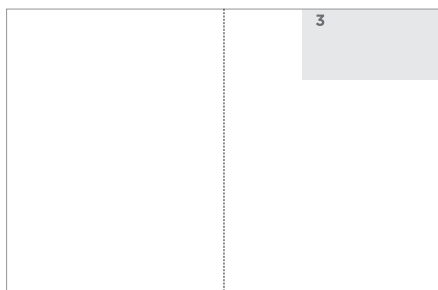
<https://www.iberdrola.com/innovacion/data-mining-definicion-ejemplos-y-aplicaciones>

hipertensos. El diseño, implementación y evaluación de la secuencia de aprendizaje no supervisada para el entendimiento del ACP, se estructuró tomando en cuenta que en los educandos se debe impulsar una comprensión intuitiva de la reducción de variables, siguiendo la metodología propuesta por Garfield y Ben-Zvi (2005) acerca del aprendizaje y razonamiento sobre el significado e importancia de la variabilidad en un conjunto de datos y sobre el proceso de entendimiento y aprendizaje definidas en el modelo de Van Hiele, que a través del tiempo ha sido revisado por varios investigadores de la educación para evaluar el progreso en el nivel y habilidad de aprendizaje en el salón de clase (Crowley, 1987); la enseñanza y aprendizaje de geometría por adolescentes (Fuys *et al.*, 1988); en investigar por qué algunos estudiantes tienen dificultades para el aprendizaje en sus cursos de geometría (Mason 2009); y aplicarse en otros cursos de matemáticas (Vojkuvkova, 2012).

En el procesamiento de los datos, selección de variables de respuesta y aplicación de los algoritmos de aprendizaje automático no supervisado para el agrupamiento, clasificación y regresión necesarios para identificar en los datos los patrones, tendencia y características de los pacientes, se aplicó una estrategia similar a una reportada para el análisis de datos de pacientes con trastornos cognitivos (Ruiz Manosalva, 2019). La estrategia inició generando gráficas que permitieran entender fácilmente la información contenida en los datos para identificar las variables redundantes y las que señalan un mayor riesgo de presentar enfermedades coronarias y un posible infarto. La meta es que los educandos articulen sus conocimientos y experiencias personales previas con la realidad de los pacientes hipertensos y adquieran habilidades, destrezas y conocimiento para el análisis y procesamiento de datos en casos reales similares, aprovechando que el ACP, diseñado en 1901 por Karl Pearson, actualmente se ha usado como un algoritmo de aprendizaje automático no supervisado en técnicas de IA (Ruiz Manosalva, 2019; Berry *et al.*, 2019; Mahesh, 2020; Sharma *et al.*, 2020; Naeem *et al.*, 2023) para reducir la dimensionalidad de variables dentro de un conjunto de datos, pero reteniendo toda la información posible (Sokal, 2012; Koziol y Hacke, 1990; Abdi y Williams, 2010; Greenacre *et al.*, 2022).

1. Análisis de Componentes Principales

Es una técnica multivariante aplicable a problemas multidimensionales para determinar las líneas y planos que mejor se ajusten a una nube de puntos de datos en el espacio, a fin de encontrar tendencias e identificar clústeres de puntos en los datos para facilitar su manejo (Cela, 1994; Quintana, 1994; Carlosena, 1999; Massart, 1998; Cal, 2001). La idea básica es encontrar un número de combinaciones lineales entre variables correlacionadas a partir de p variables originales que expliquen el mayor porcentaje de la variabilidad total en los datos originales. Es decir, trasladar el conjunto de p variables originales a un nuevo espacio de dimensionalidad reducida, preferentemente tri o bidimensional, pero conservando la máxima información contenida en el espacio multidimensional completo. El proceso implica el uso de IA para el diseño de algoritmos, mediante la combinación de matemáticas, estadística e informática (Duran-Frigola *et al.*, 2018; Ruiz Manosalva 2019), aplicables al manejo automático de datos informáticos generados en áreas de investigación como las químico-biológicas, el diseño de compuestos bioactivos, secuenciación del genoma humano y las ciencias ómicas. El ACP para el manejo de datos multivariantes comienzan a partir de la construcción de una matriz de correlación entre la p variables que constituye una tabla simétrica de coeficientes de correlación de cada variable respecto a cada una de las otras. Para que los valores de los coeficientes de correlación



sean confiables se recomienda que cada variable contenga por lo menos 10 observaciones (Abdi y Williams, 2010). De la tabla de coeficientes de correlación pueden emerger patrones y estructuras entre las variables que a menudo no son distinguibles por una simple inspección durante el análisis exploratorio univariante. Por ejemplo, se ha demostrado en trabajos científicos de disciplinas como la neurología (Kozioł y Hacke, 1990), que con la matriz de los coeficientes de correlación, además de un análisis exploratorio multivariante, es posible la descripción de tendencias y la estimación del grado de asociación entre las variables (Sokal, 2012; Abdi y Williams, 2010; Greenacre *et al.*, 2022). Las variables que presentan cierto grado de correlación entre sí, es decir, que aporten relativamente el mismo tipo de información, se pueden utilizar para su extracción y así llevar a cabo la reducción del número de variables, pero manteniendo un porcentaje elevado de la información que aportan las variables originales de forma individual (Quintana, 1994; Abdi y Williams, 2010; Sokal, 2012; Greenacre *et al.*, 2022).



Así, el procedimiento de ACP resulta en la reducción de la dimensionalidad de los datos, transformando el conjunto de p variables originales en uno nuevo con q variables no correlacionadas, donde por consecuencia $q \leq p$. Debe aclararse que las p variables deben ser medidas en cada uno de los n individuos, generando una tabla o matriz X de datos de tamaño $(n \times p)$, conteniendo los valores $X_1, X_2, \dots, X_p$, donde $p < n$, es decir, debe haber más individuos o unidades experimentales que variables. Así, La matriz de varianzas-covarianzas muestral sería la matriz $S = (S_{jk})$ de tamaño $p \times p$. La primera componente principal estaría en la dirección que capture la máxima variabilidad de los datos originales. La obtención de las demás componentes es similar según lo descrito por Dillon y Goldstain (1984).

Por lo anterior, es claro que para poder aplicar la técnica de ACP en la reducción de dimensión de datos o número de variables para su análisis, primero se debe investigar si las variables están lo suficientemente correlacionadas (coeficiente de correlación $r = 1$). El grado de correlación se puede obtener mediante el cálculo de la matriz de correlaciones R entre todas las variables para evaluar su grado de asociación mediante, por ejemplo, la determinante de la matriz de correlación y/o la prueba de esfericidad de Bartlett (Cela, 1994, Garmendia, 2007, Eze *et al.*, 2021). Un valor del determinante muy bajo indica que hay alta correlación lineal entre las variables; un valor de cero indica que definitivamente las variables están correlacionadas y que se puede aplicar la técnica de reducción de dimensión de datos, pero ese valor de cero impide algunos cálculos en los algoritmos del ACP y matemáticamente no se puede realizar. La prueba de esfericidad de Bartlett, prueba la hipótesis nula $H_0: \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (no hay correlación) para investigar si la matriz de correlación se ajusta a la matriz de identidad $\mathbf{I}$, o la hipótesis nula equivalente $H_0: |\mathbf{R}| = 1$, que investiga si el determinante de la matriz de correlaciones es 1, es decir, prueba si las



correlaciones entre las variables son todas igual a cero, o sea que no hay correlación. Por consiguiente, para poder aplicar la técnica de ACP, se busca rechazar esta H_0 y aceptar la H_a de que al menos hay un par de variables correlacionadas. En resumen, de aceptarse H_0 , significaría que hay variables que producen varianza independiente, que no están correlacionadas con otra(s), por lo que no se podría aplicar la reducción del número de variables. En otras palabras, cuando la H_0 se acepta con cierta probabilidad (generalmente $P > 0.01$), significa que las variables no están correlacionadas y que su nube de puntos se ajusta a una esfera perfecta, es decir, que aportan diferente información, por lo que no se podría aplicar la reducción del

número de variables y se deben conservar para el análisis de datos (Garmendia, 2007; Eze *et al.*, 2021). Además de la prueba de Bartlett, se debe verificar primero si el tamaño de la muestra de datos es adecuado para la reducción de dimensión de los datos por ACP. Aunque se recomienda de 5-10 casos para cada variable, se debe determinar la adecuación de estos. Un criterio para determinar el grado la adecuación de los datos para el ACP, es la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Es una medida de la proporción de la varianza entre variables que podrían aportar varianza común por estar correlacionadas. En general, los valores de KMO entre 0.8 y 1 indican que la muestra es suficiente y adecuada para el ACP, los valores inferiores a 0.5 indican que hay variables que no están muy correlacionados y no se pueden eliminar. Un valor de KMO cercano a cero, significa que no hay grandes correlaciones parciales en comparación con la suma de correlaciones y los datos no serían adecuados para aplicar la reducción de variables por ACP.

2. Metodología

Secuencia de aprendizaje. Consistió en una serie de actividades para impulsar en el estudiante una comprensión intuitiva de la reducción de datos por ACP, así como desarrollar los conocimientos y capacidades analíticas para entender el concepto de componente principal y su aplicación a problemas reales. El diseño, construcción, implementación y evaluación de la secuencia para la organización de las actividades de aprendizaje de la técnica de ACP para la reducción de datos, se desarrolló con base en postulados centrales del modelo de Van Hiele compilados de trabajos reportados en la literatura para medir el progreso en el nivel y habilidad de aprendizaje en un salón de clase (Crowley, 1987), la evolución del aprendizaje de geometría (Fuys *et al.*, 1988) y la investigación de dificultades de algunos estudiantes para aprender geometría (Mason 2009).

Niveles de comprensión y actividades de la secuencia de aprendizaje. De acuerdo con los postulados anteriores, para dar seguimiento a la evolución de aprendizaje y comprensión de los alumnos en la reducción de datos por ACP, se establecieron los siguientes criterios para cada nivel de la secuencia de aprendizaje:

Nivel 1. Desarrollo intuitivo de la Reducción de Datos

- El estudiante es capaz de reconocer que “muchas” variables no son fáciles de manejar y de que no es sencillo darles sentido o interpretarlas globalmente.
- El estudiante puede explicar por qué las variables de un conjunto de datos pueden estar correlacionadas y así determinar los niveles de correlación.

Nivel 2. Implementación de los criterios para la reducción de datos

- El estudiante puede utilizar una matriz de gráficas bivariadas para identificar posibles asociaciones entre dos variables.
- El estudiante cuenta con habilidad para interpretar la información de una matriz de varianzas y covarianzas.

Nivel 3. Implementación de la Reducción de Datos

- El estudiante puede utilizar tanto las gráficas como la matriz de varianzas y covarianzas para detectar posibles redundancias entre las variables.
- Al examinar los grupos de variables redundantes, los estudiantes pueden extraer información sobre el comportamiento del fenómeno del cual provienen los datos.

Nivel 4. Comprensión global de la Reducción de Datos y el ajuste de modelos

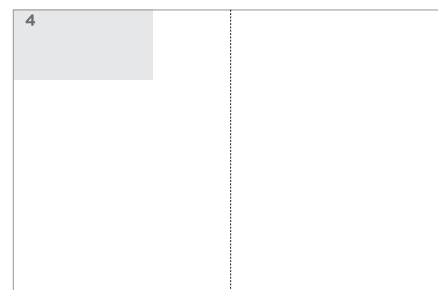
- El estudiante es capaz de construir diagramas de dispersión e interpretar la distancia entre los puntos en un sistema de ejes definido por dos variables.
- El estudiante posee habilidad para transformar y reorganizar los datos originales y definir nuevos constructos (grupos de variables), los cuales interpreta en términos del fenómeno de referencia.

Nivel 5. Valoración de la Reducción de Datos como parte del pensamiento estadístico

- El estudiante es capaz de explicar una variable a través de un conjunto de otras variables relacionadas con la primera.
- El estudiante puede explicar el agrupamiento de variables.

Aplicación de la secuencia de aprendizaje. Para aplicar las actividades de la secuencia de aprendizaje, se integraron cinco binas con alumnos del cuarto semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental. Cada bina desarrolló al menos tres de las actividades de la secuencia durante dos horas en el aula, con apertura de trabajo, desarrollo y evaluación de la secuencia de aprendizaje.

Generación de las Componentes Principales desde los datos originales. Inició con la explicación del concepto de componente principal para finalmente aplicar e interpretar la técnica de ACP a los datos de pacientes hipertensos. Para ello se consideró y explicó que las aplicaciones del ACP son numerosas, como en la clasificación de individuos, la comparación de poblaciones y la estratificación multivariada. Lo anterior considerando que el ACP es una técnica cuyo objetivo principal es hallar combinaciones lineales (componentes) entre variables representativas de problemas multivariantes que expliquen la mayor variación posible entre todas las variables originales.



<https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/mineria-datos-proceso-areas-se-puede-aplica>

Para obtener tales combinaciones, primero se construyó la matriz de varianzas y covarianzas de las variables originales, de acuerdo con lo sugerido por Dallas. E.J., (2000). En esta matriz se buscó la combinación lineal del par de variables (primer componente principal) que explican la mayor variación posible en todos los datos de las variables originales. Mientras mayor sea la varianza del primer componente, mayor será la cantidad de información contenida en ella. A continuación, se buscó el siguiente par de variables correlacionadas (segundo componente principal) que representa la mayor cantidad posible de la variación restante, pero que no están correlacionadas con las variables del componente anterior. Continuando con este proceso, se buscaron tantos componentes como combinaciones de pares de variables originales. En consecuencia, los componentes sucesivos, fueron ordenados en forma descendente, en proporción a la varianza total de los datos (Pérez C., 2000). Estas combinaciones de variables o componentes se utilizaron finalmente para la reducción de datos en el archivo original, mediante la eliminación de las variables redundantes más altamente correlacionadas, reemplazándolo con un nuevo archivo conteniendo el nuevo número de variables.

Análisis estadístico. Para el ACP, análisis estadístico y la estimación de estadísticas para determinar la aplicabilidad de los datos a la reducción de su dimensionalidad por la técnica de ACP, se utilizó el paquete estadístico PASW Statistics 18 (SPSS Inc., 2009) usando como criterio de decisión para el análisis de la matriz de correlación los niveles de significancia recomendados por Eze *et al.*, (2021). El grado de asociación o correlación entre las variables se determinó mediante la estimación de la determinante de la matriz de correlación ($H_0: |R| = 1, P > 0.01$) y la prueba de esfericidad de Bartlett (Significativo a $P > 0.001$). El nivel de adecuación de los datos para el ACP, se estimó mediante la prueba de KMO > 0.5 para evaluar de la proporción de la varianza entre variables que podrían ser de varianza común.

3. Resultados

3.1. Aplicación de la secuencia de aprendizaje

Los resultados para dar seguimiento a la evolución del aprendizaje y comprensión de la técnica de reducción de datos por ACP después de la aplicación de la secuencia de aprendizaje a las binas de alumnos del cuarto semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental, se organizaron con base en cada nivel y actividad de la secuencia de aprendizaje.

3.2. Nivel de comprensión 1. Desarrollo intuitivo de la reducción de datos

En esta fase, se presentó a los alumnos un estudio de caso: pacientes hipertensos con riesgo de enfermedad coronaria. Para la primera actividad de la secuencia de aprendizaje, se pidió identificar y analizar los datos de las principales variables que representan los mayores factores de riesgo de enfermedades coronarias con posibilidad de infarto sobre 20 individuos hipertensos a quienes se les había medido los valores presentados en la Tabla 1. Los alumnos analizaron los datos correctamente, diciendo que se trataba de siete variables dependientes, con 20 observaciones cada una, y que se estudiaba un caso poblacional de problemas de hipertensión en 20 pacientes adultos. Solamente una bina respondió a la pregunta de qué valor puede tomar cada dato. Expresaron que cada variable tenía diferente magnitud y unidad de medida (kg, mm de Hg, %, pulsaciones por minuto, etcétera). Todos los equipos respondieron correctamente que eran 20 pacientes o individuos.

Solamente tres equipos respondieron correctamente cual era el objetivo de medición de los datos en la muestra: conocer los riesgos de enfermedades coronarias o cardiovasculares.

TABLA 1
DATOS PARA VARIABLES DE RIESGO ASOCIADAS A ENFERMEDAD CORONARIA CON POSIBILIDAD
DE INFARTO MEDIDAS EN 20 PACIENTES HIPERTENSOS

Paciente	Presión arterial (mm Hg)	Edad (años)	Peso (Kg)	Superficie corporal (Dubois)	Tiempo con Hipertensión (años)	Frecuencia cardiaca (Ppm)	Estrés* (Holmes and Rahe)
1	105	47	85	1.75	5.1	63	33
2	115	49	94	2.1	3.8	70	14
3	116	49	95	1.98	8.2	72	10
4	117	50	95	2.01	5.8	73	99
5	112	51	89	1.89	7	72	95
6	121	48	100	2.25	9.3	71	10
7	121	49	100	2.25	2.5	69	42
8	110	47	91	1.9	6.2	69	8
9	110	49	89	1.83	7.1	69	62
10	114	48	93	2.07	5.6	64	35
11	114	47	94	2.07	5.3	74	90
12	115	49	94	1.98	5.6	71	21
13	114	50	92	2.05	10	68	47
14	106	45	87	1.92	5.6	67	80
15	125	52	101	2.19	10	76	98
16	114	46	95	1.98	7.4	69	95
17	106	46	87	1.87	3.6	62	18
18	113	46	95	1.9	4.3	70	12
19	110	48	91	1.88	9	71	99
20	122	56	96	2.09	7	75	99

*De la tabla del estrés de Holmes and Rahe (Holmes & Rahe, 1967).

En una pregunta donde se pidió que estimaran el porcentaje de pacientes con peso de más de 100 kg, respondieron correctamente 2 binas, las otras 3 binas contestaron incorrectamente. Al preguntar, ¿intuitivamente crees que es más difícil manejar y analizar los datos con menos o con más variables? dos equipos respondieron correctamente: que con menos variables. Los otros tres equipos comentaron que es más difícil manejar menos variables. Fue evidente, a este nivel, que los estudiantes aún no tenían los conocimientos necesarios para poder analizar el objetivo principal de la secuencia de aprendizaje para la reducción de datos. En la sección 2 de este nivel, a preguntas relacionadas con la interpretación de la representación gráfica en histogramas de las variables (Figura 1), aunque las 5 binas contestaron correctamente, para

algunos alumnos fue difícil interpretar los histogramas, por lo que tuvieron que apoyarse en la Tabla 1 de los datos originales y de sus estadísticos descriptivos (Tabla 2).

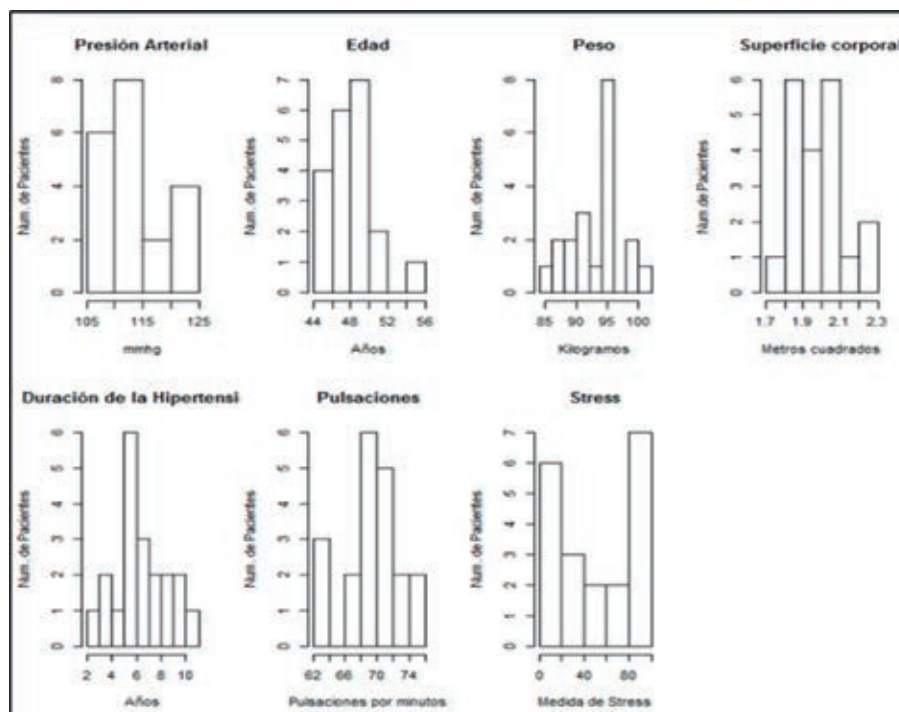


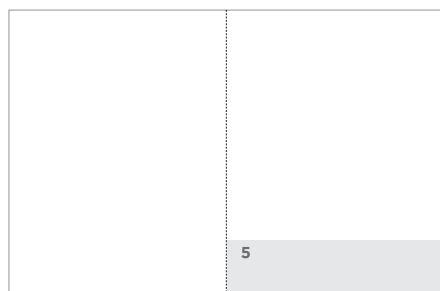
Figura 1

Histogramas para las variables de riesgo de enfermedad coronaria medidas en un grupo de 20 pacientes hipertensos.

3.3. Nivel de comprensión 2. Implementación de los criterios para la reducción de datos por ACP

En este nivel, al preguntar sobre el análisis de los estadísticos descriptivos de la Tabla 2, la mayoría de los equipos contestaron correctamente y supieron ubicar la media, el valor mínimo y máximo de cada variable. Como una actividad para implementar los criterios estadísticos para evaluar la factibilidad de los datos para la reducción del número de variables se generaron las gráficas de dispersión bivariadas (Figura 2). Los alumnos analizaron la nube de puntos y la relación entre los pares de variables, por lo que empezaron a proponer que se descartara alguna variable, porque veían que su tendencia y comportamiento era similar a otras. Por ejemplo, de la Figura 2b algunos comentaban que con la edad y el peso, la presión arterial aumentaba.

De lo anterior, fue notorio que a este nivel de comprensión, la mayoría de los estudiantes ya tenían conocimiento de los conceptos de varianza y covarianza como medidas de dispersión y de asociación entre variables. Utilizando como ejemplo la asociación entre la presión contra la edad (Figura 2a) y contra el peso (Figura 2b), los estudiantes interpretaron correctamente la matriz de dispersión para las siete variables (Figura 2c) y no tuvieron problemas para analizar e interpretar la matriz de correlación bivariada entre todas las variables (Tabla 3). De esta matriz se obtuvieron los criterios estadísticos para determinar si se podría aplicar la técnica de ACP y se analizaron con base en los niveles de significancia recomendados por Eze *et al.*, (2021). Primero se analizó que el nivel de adecuación de los datos para el ACP fuera aceptable



<https://www.pagina12.com.ar/553267-la-inteligencia-artificial-en-el-campo-de-la-salud>

mediante la prueba de KMO ($KMO > 0.5$) para evaluar si la proporción de la varianza entre variables que podrían ser de varianza común. En seguida, se analizó el grado de asociación entre las variables mediante la estimación de los coeficientes de correlación de Pearson ($H_0: r=0$ no correlación), de la determinante de la matriz de correlación bajo la hipótesis nula $H_0: |R| = 1$ (significancia = 0.01) y mediante la prueba de esfericidad de Bartlett (Significancia = 0.001). No obstante que el valor de la prueba de KMO sobre la adecuación de la muestra (0,578, Tabla 4), está muy cerca del límite de aceptación ($KMO = 0.5$) y sugiere que el número de observaciones para las variables podría ser insuficiente, en vista de que hay siete coeficientes de correlación r con probabilidad de no correlación < 0.01 , que la determinante de la matriz fue muy bajo (< 0.000 , Tabla 3, Nota a) y que la prueba de esfericidad de Bartlett resultó en el rechazo de la H_0 de no correlación con una significancia < 0.000 (Tabla 4), se concluyó que hay alta correlación lineal entre algunas variables (marcadas con ** en la Tabla 3) y se puede aplicar con confianza la técnica de ACP para reducir el número de variables.

TABLA 2

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS PARA VARIABLES DE RIESGO ASOCIADAS A ENFERMEDAD CORONARIA CON POSIBILIDAD DE INFARTO MEDIDAS EN 20 PACIENTES HIPERTENSOS

Variables de Riesgo	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Varianza
Presión arterial (mm Hg)	20	105	125	114.00	5.42	29.47
Edad (años)	20	45	56	48.60	2.50	6.25
Peso (Kg)	20	85	101	93.15	4.39	19.29
Superficie corporal (Dubois)	20	1.75	2.25	1.9980	0.14	0.019
Tiempo con Hipertensión (años)	20	3	10	6.42	2.13	4.52
Frecuencia cardiaca (Ppm)	20	62	76	69.75	3.71	13.77
Estrés*	20	8	99	53.35	37.09	1375.40

*De la tabla del estrés de Holmes and Rahe (Holmes & Rahe, 1967)



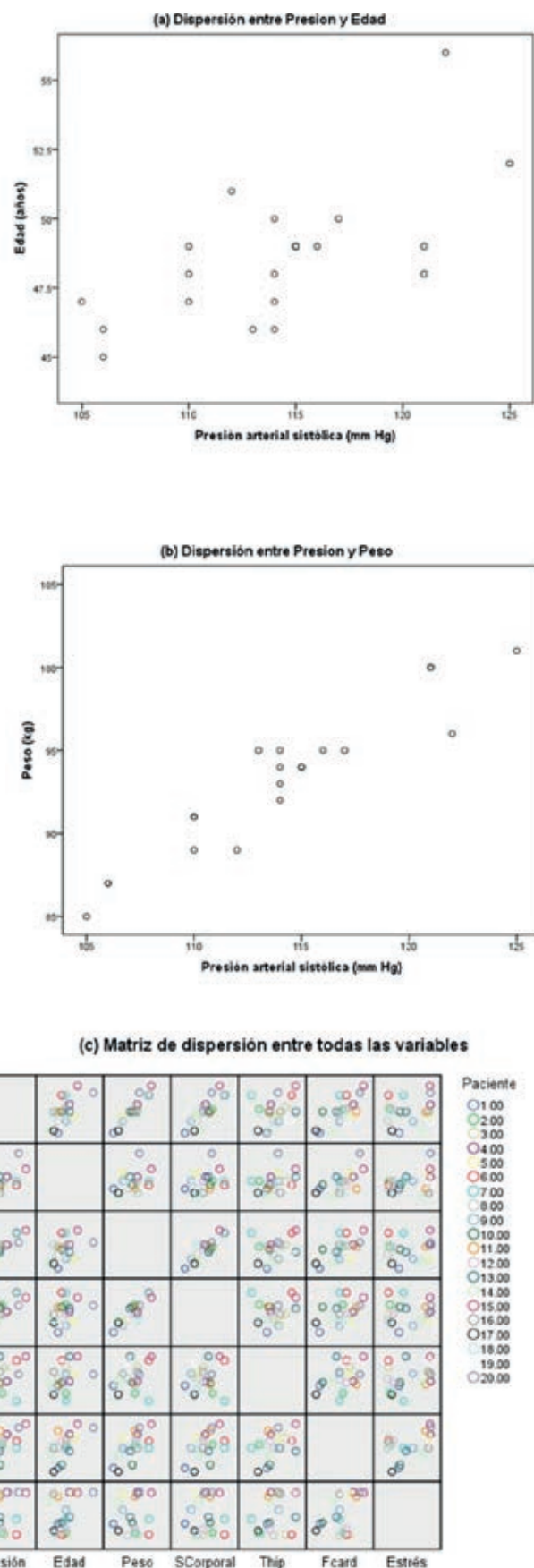


Figura 2

Gráficas de dispersión biviadas para la presión contra edad (a) y peso corporal (b) en comparación con la matriz de dispersión entre todas las variables (c) de riesgo de enfermedad coronaria medidas en 20 pacientes hipertensos.

3.4. Nivel de comprensión 3. Implementación de la reducción de datos y componentes principales

Una vez demostrado que hay alto grado de correlación entre algunas variables, especialmente la edad, peso y frecuencia cardiaca (Tabla 3), se procedió a la aplicación de la técnica de ACP por SPSS para la reducción de datos mediante la extracción de un conjunto de nuevas variables que proporcionaran la información aportada por todas las variables originales. La principal actividad a este nivel de la secuencia enseñanza-aprendizaje fue estimular la comprensión global de los resultados del ACP, confirmando que todos los alumnos comprendieran el concepto de componente principal y los relacionados con la técnica.

TABLA 3
MATRIZ DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS VARIABLES DE RIESGO ASOCIADAS A ENFERMEDAD CORONARIA CON POSIBILIDAD DE INFARTO MEDIDAS EN 20 PACIENTES HIPERTENSOS

		Presión	Edad	Peso	SCorporal	Thip	Fcard	Estrés
Presión	Pearson Correlación	1	.659**	.945**	.866**	.295	.708**	.164
	Sig. (2-lados)		.002	.000	.000	.206	.000	.490
Edad	Pearson Correlación	.659**	1	.394	.378	.344	.607**	.368
	Sig. (2- lados)	.002		.086	.100	.138	.005	.110
Peso	Pearson Correlación	.945**	.394	1	.874**	.212	.635**	.033
	Sig. (2- lados)	.000	.086		.000	.369	.003	.891
SCorporal	Pearson Correlación	.866**	.378	.874**	1	.130	.446*	.018
	Sig. (2- lados)	.000	.100	.000		.586	.049	.938
Thip	Pearson Correlación	.295	.344	.212	.130	1	.413	.315
	Sig. (2- lados)	.206	.138	.369	.586		.071	.176
Fcard	Pearson Correlación	.708**	.607**	.635**	.446*	.413	1	.467*
	Sig. (2- lados)	.000	.005	.003	.049	.071		.038
Estrés	Pearson Correlación	.164	.368	.033	.018	.315	.467*	1
	Sig. (2- lados)	.490	.110	.891	.938	.176	.038	

*Determinante = 0.000, *Correlación significativa a un nivel de significancia (2-lados) de 0.05*, y de 0.01** para la Ho: no correlación ($r = 0$). Negritas, probabilidad de no correlación < 0.01

El primer paso para implementar la reducción de datos fue analizar la cantidad estimada de la varianza de cada variable que es explicable por la varianza de todas las variables restantes incluidas en el análisis, varianza denominada comunabilidad (Tabla 5). El valor inicial representa la varianza de cada variable explicable por todos los componentes principales antes de la extracción, considerando que para el modelo de ACP el número de componentes principales es igual al número de variables originales incluidos en análisis, por eso el valor inicial de la porción de varianza explicable para todas las variables o componentes es 1. El valor final es la cantidad de varianza en cada variable que es explicada por todas las demás componentes después aplicar el algoritmo de extracción. A este nivel, los estudiantes interpretaron bien la proporción de varianza explicada para cada variable, indicando que la presión y el peso fueron explicadas por el modelo de ACP en más del 90%: un 98.4 % y 93.7%, respectivamente. Las variables con menos varianza explicada fueron el tiempo con hipertensión (47.7%) y la edad (61.5%), lo que significa que los componentes extraídos por el modelo de ACP representan bien las variables originales.

TABLA 4
PRUEBA DE KAISER-MEYER-OLKIN (KMO)¹ Y DE ESFERICIDAD DE BARTLETT²

Kaiser-Meyer-Olkin (Medida de la adecuación del muestreo)		0.578
Prueba de esfericidad de Bartlett	Approx. Chi-Square	132.342
Ho: No correlación	Grados de Libertad	21
Ha: al menos una correlación	Significancia	0.000

¹Evalúa la adecuación del muestreo (KMO > 0.5). ²Evalúa la H₀: no correlación entre las variables (P > 0.001).

TABLA 5
COMUNALIDADES

Variables	Inicial	Extracción
Presión	1.000	.984
Edad	1.000	.615
Peso	1.000	.937
S Corporal	1.000	.871
Thip	1.000	.477
Fcard	1.000	.767
Estrés	1.000	.692

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales

El siguiente paso es la elección del número de componentes a extraer, es decir, establecer el número de nuevas variables en función de la variabilidad que cada variable original comparte con las otras variables. Para ello, se explicó que se puede usar la proporción de varianza explicada por los componentes (Tabla 6), valores directamente relacionados con los valores propios (*eigenvalues*) iniciales. Así, con base en los valores propios, la varianza total es igual a:

$$3.875+1.468+0.699+0.523+0.342+0.088+0.004 = 7$$

Dado que tradicionalmente se recomienda como criterio para seleccionar el número de componentes, extraer aquellos cuya variabilidad o valor propio inicial sea superior a 1, de la Tabla 6 se observa que sólo hay dos componentes con esos valores, los cuales muestran una varianza explicada del 55.35% ($100 * 3.875/7 = 55.35$) por el primero y 20.9% por el segundo. En conjunto, estos dos componentes explican el 76.3% de la varianza total.

TABLA 6
VARIANZA EXPLICADA TOTAL

Componente	Valores Propios Iniciales			Suma de cuadrados para los componentes extraídos			Rotación de la Suma de cuadrados para los componentes extraídos		
	Total	Proporción de Varianza Explicada (%)	Proporción de Varianza Explicada Acumulativa (%)	Total	Proporción de Varianza Explicada (%)	Proporción de Varianza Explicada Acumulativa (%)	Total	Proporción de Varianza Explicada (%)	Proporción de Varianza Explicada Acumulativa (%)
1	3.875	55.355	55.355	3.875	55.355	55.355	3.240	46.288	46.288
2	1.468	20.977	76.332	1.468	20.977	76.332	2.103	30.044	76.332
3	.699	9.987	86.319						
4	.523	7.474	93.793						
5	.342	4.890	98.683						
6	.088	1.264	99.947						
7	.004	.053	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales

La selección de los componentes a extraer también se puede hacer por análisis de la gráfica de sedimentación de valores propios contra el número de componente (Figura 3). La caída en la variabilidad explicada por cada componente es clara a partir del tercer componente, punto donde los valores propios que corresponden a la aportación a la varianza explicada total de cada componente, es menor a 1, siendo menor a la explicada por cada variable original, cuya varianza es de 1 (Tabla 5).

De esta manera, la varianza total de la matriz de correlación de todas las variables debe ser redistribuida a los dos primeros componentes principales, porque en conjunto explicarían el 76.3% de la variación posible entre todas las variables originales (Tabla 6).

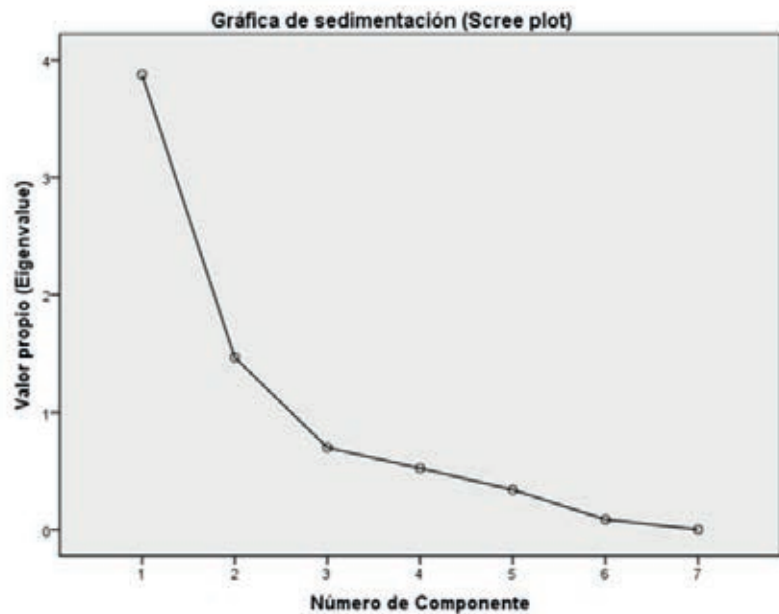


Figura 3

Graficas de sedimentación de valores propios contra el número de componente.

3.5. Nivel de comprensión 4. Comprensión global de la reducción de datos y el ajuste de modelos

Una vez seleccionados los componentes a extraer, se llevó a cabo la reducción del número de variables por ACP y se analizó el grado de asociación de cada componente con las variables originales (Tabla 7). Para ello, el algoritmo del programa genera la matriz de correlación de las variables originales con los componentes no rotados (Tabla 7^a) y con los componentes rotados por el método de varianza máxima (Varimax). Se muestran los datos con correlaciones mayores a 0.3 para facilitar la explicación. Los resultados con los componentes no rotados (Tabla 7^a) mostraron que la presión, el peso, la frecuencia cardíaca y la superficie corporal, están relacionadas con la primer componente y que sólo el estrés parece tener cierta asociación con el segundo componente. Estas observaciones son más claras en los resultados de la matriz con la solución rotada con la varianza maximizada (Tabla 7^b), donde claramente se observa que el únicamente el peso, la presión y la superficie corporal, están altamente asociados con el componente 1, sin relación con el componente 2 y se confirma que sólo el estrés se relaciona medianamente con la componente 2 y su relación es nula con el componente 1. Estos resultados cambiaron las opiniones intuitivas de algunos alumnos, que en niveles anteriores proponían descartar alguna de las variables porque veían tendencias similares entre ellas (Figura 2c).



<https://www.pagina12.com.ar/553267-la-inteligencia-artificial-en-el-campo-de-la-salud>

TABLA 7
MATRIZ DE COMPONENTES Y DE COMPONENTES ROTADOS

Matriz de Componentes ^a			Matriz de Componentes Rotados ^b		
	Componente			Componente	
	1	2		1	2
Presión	.966		Peso	.962	
Peso	.880	-.403	Presión	.945	.302
Fcard	.829		SCorporal	.933	
SCorporal	.804	-.474	Estrés		.827
Edad	.720	.310	Thip		.682
Estrés	.346	.757	Fcard	.566	.668
Thip	.443	.530	Edad	.458	.636
Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales. ^a Dos componentes extraídos.			Método Extracción: Análisis Componentes Principales. Método Rotación: Varimax con Normalización Kaiser. ^b Rotación convergencia en tres iteraciones.		

3.6 Nivel de comprensión 5. Valoración de la Reducción de Datos como parte del pensamiento estadístico

Al final, al observar la figura que ilustra la representación gráfica de los componentes en espacios rotados (Figura 4), resumieron que las variables

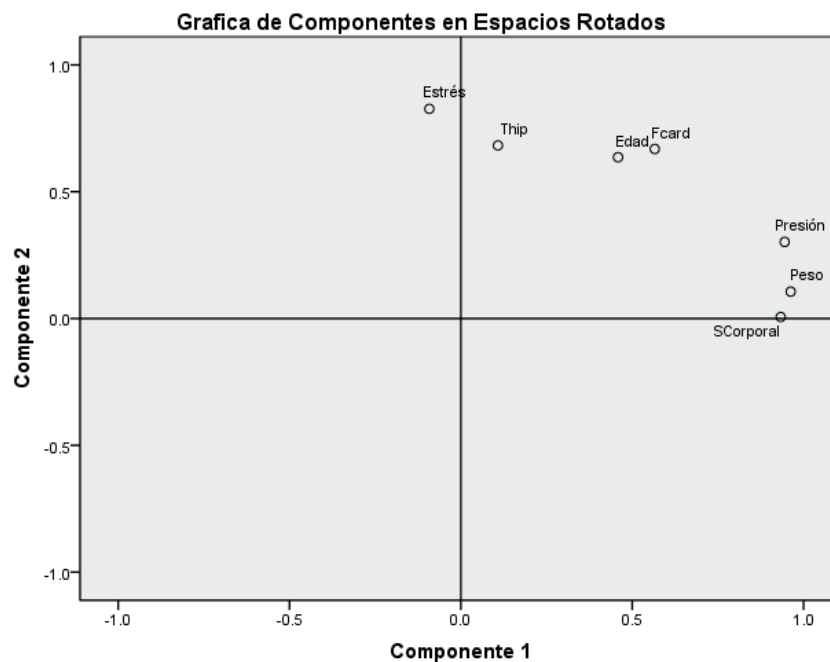
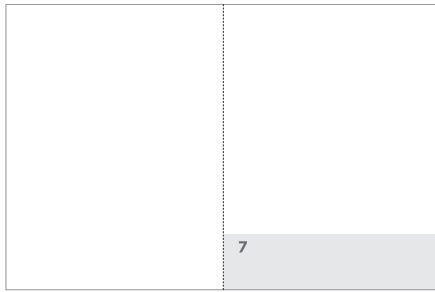


Figura 4

Gráficas en espacios rotados de los coeficientes de correlación entre los componentes y las variables originales.



originales se pueden agrupar en tres conjuntos: estrés con tiempo con hipertensión, edad con frecuencia cardíaca, y presión con peso y superficie corporal.

Con la información generada por los resultados, se tuvo un criterio para clasificar cada equipo de estudiantes en dos grupos: destacados y poco destacados. En este sentido, se identificaron los siguientes grupos: Grupo I de alumnos destacados: 3 equipos y, Grupo II de alumnos poco destacados: 2 equipos.

<https://www.noticieromedico.com/post/la-inteligencia-artificial-aplicada-a-la-medicina>

Conclusiones

El modelo de Van Hiele, abarca el aspecto descriptivo, el cual identificamos en el momento que los alumnos experimentaron diferentes formas de razonamiento, partiendo de lo geométrico y fueron valorando el progreso del entendimiento. En el aspecto instructivo, a partir de la instrucción de la secuencia de aprendizaje, se dieron las pautas para favorecer el razonamiento geométrico de los datos procesados. En los tres niveles de comprensión aplicados: 1.- Desarrollo Intuitivo de la Reducción de Datos: en este nivel los alumnos difícilmente llegaron al entendimiento de cómo y por qué reducir datos en un análisis estadístico. En el segundo nivel de comprensión: Implementación de la Reducción de Datos, los alumnos alcanzaron un mejor entendimiento del manejo y reducción de los datos, y finalmente, en el tercer nivel de comprensión: Comprensión global de la Reducción de Datos y el ajuste de modelos, los alumnos alcanzaron un mejor entendimiento y desarrollaron sus habilidades, aplicando lo aprendido en las asignaturas de Álgebra Lineal y Geometría en esta secuencia de aprendizaje, siendo ese momento cuando se logró percibir que los alumnos desarrollaron la comprensión, aplicación e interpretación del concepto de Componentes Principales.



Referencias

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2(4), 433-459.
- Applications in learning analytics and educational data mining. *Information Discovery and Delivery*, 47(2), 65-66. <https://doi.org/10.1108/IDD-05-2019-074>
- Berry, M. W., Mohamed, A., & Yap, B. W. (Eds.). (2019). *Supervised and unsupervised learning for data science*. Springer Nature.
- Bisht, A., Kamboj, N., Kamboj, V., & Bisht, A. (2020). A review on the role of emerging anthropogenic activities in environmental degradation and emphasis on their mitigation. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 419-425.
- Carlosena A. (1999). Clasificación de edibles vegetales afectados por diferentes tráfico intensidades usin potencial curvas. *Talanta*, 48, 745.
- Cela R. (1994). Avances en Quimiometría Práctica. Ed. Univ. Stgo. de Compostela.
- Crowley, M. L. (1987). The Van Hiele model of the development of geometric thought. In: *Learning and teaching geometry, K-12*, 1-16. Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics, edited by Mary Montgomey Lindquist, Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics.
- Díaz Barriga, Á. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Profesorado*, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 17(3), 11-33. Recuperado a partir de <https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19667>
- Dillon, W.R. y Goldstain, M. (1984). *Multivariate Analysis, Methods and Applications*. Wiley, New York.
- Du, X., Hung, J.-L. and Tu, C.-H. (2019). *Enhancement of teaching and learning*.
- Duran Frigola, M., Fernández Torras, A., Bertoni, M., & Aloy, P. (2019). Formatting biological big data for modern machine learning in drug discovery. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 9(6), e1408. <https://doi.org/10.1002/wcms.1408>
- Einax, J. W. (1992). Multivariate Data Analysis in Environmental Analytical Chemistry. *Editorial GIT-Verlag, Darmstadt, GIT-Fachzeitschrift-Labor*, 36(8), 815-821.
- Eze, N. M., Asogwa, O. C., & Eze, C. M. (2021). Principal component factor analysis of some development factors in Southern Nigeria and its extension to regression analysis. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*, 36(3), 132-160.
- Fuys, D., Geddes, D., & Tischler, R. (1988). The Van Hiele Model of Thinking in Geometry among Adolescents. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*, 3, i-196. <https://doi.org/10.2307/749957>
- Gajbhiye, S., Sharma, S. K. and Awasthi, M. K. (2015). Application of principal components analysis for interpretation and grouping of water quality parameters. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 8(4), 89-96.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2005). A framework for teaching and assessing reasoning about variability. *Statistics Education Research Journal*, 4(1), 92-99. <https://doi.org/10.52041/serj.v4i1.527>
- Garmendia, M. L. (2007). Análisis factorial: una aplicación en el cuestionario de salud general de Goldberg, versión de 12 preguntas. *Revista Chilena de Salud Pública*, 11(2), 57-65.
- Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100.
- Grupo de Quimiometría, G., & de Tarragona, C. (2002). La quimiometría, una disciplina útil para el análisis químico. *Técnicas de laboratorio*, 24(272), 412-416.
- Hobson, C. J., Kamen, J., Szostek, J., Nethercut, C. M., Tiedmann, J. W., & Wojnarowicz, S. (1998). Stressful life events: A revision and update of the social readjustment rating scale. *International journal of stress management*, 5, 1-23. <https://doi.org/10.1023/A:1022978019315>
- Holmes, T. H., & Rahe, R. H. (1967). The social readjustment rating scale. *Journal of psychosomatic research*. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(67\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0022-3999(67)90010-4)
- Kabir, M., Habiba, U., Iqbal, M. Z., Shafiq, M., Farooqi, Z. R., Shah, A., & Khan, W. (2023, July). Impacts of anthropogenic activities & climate change resulting from increasing concentration of Carbon dioxide on environment in 21st Century; A Critical Review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1194, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Kossybayeva, U., Shaldykova, B., Akhmanova, D., & Kulanina, S. (2022). Improving teaching in different disciplines of natural science and mathematics with innovative technologies. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7869-7891. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10955-3>
- Kozioł, J. A., & Hacke, W. (1990). Multivariate data reduction by principal components, with application to neurological scoring instruments. *Journal of neurology*, 237(8), 461-464.
- Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. [Internet], 9(1), 381-386.
- Mason, M. (2009). The Van Hiele Levels of Geometric Understanding. *Colección Digital Eudoxus*, 1(2).
- Massart D.L. (1998). *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part B*. Ed. Elsevier Sc. Pérez C. (2000). *Técnicas de análisis multivariate de datos. Aplicaciones con SPSS*. Madrid;

Naeem, S., Ali, A., Anam, S., & Ahmed, M. M. (2023). An unsupervised machine learning algorithms: Comprehensive review. *International Journal of Computing and Digital Systems*. Pearson, pp. 121-154.

Quintana I., Mora G. (1994) Análisis de Suero Humano por Espectroscopía Atómica. Tesis de Diploma, Facultad de Química, Universidad de la Habana, Cuba.

Robeva, R. S., Jungck, J. R., & Gross, L. J. (2020). Changing the nature of quantitative biology education: Data science as a driver. *Bulletin of Mathematical Biology*, 82, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11538-020-00785-0>

Ruiz Manosalva, G. (2019). Modelo de análisis de datos utilizando técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado, para identificar patrones en la información generada por los pacientes, sometidos a juegos diseñados como un instrumento de apoyo terapéutico.

Sam, C., Naicker, N., & Adebiyi, M. (2021). Dimensionality reduction of social media application attributes for ubiquitous learning using principal component analysis. *Mobile Information Systems*, 2021(1), 6633223. <https://doi.org/10.1155/2021/6633223>

Sedkaoui, S., & Khelfaoui, M. (2019). Understand, develop and enhance the learning process with big data. *Information Discovery and Delivery*, 47(1), 2-16. <https://doi.org/10.1108/IDD-09-2018-0043>

Sharma, R., Sharma, K., & Khanna, A. (2020). Study of supervised learning and unsupervised learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(6), 588-593.

Sokal, R. (2012). Biometría: los principios y la práctica de la estadística en la investigación biológica. 2ª ed. Libro en PDF en la *Revista de la Sociedad Estadística Real Seria*.

Vojkuvkova, I. (2012). The van Hiele Model of Geometric Thinking. *WDS'12 Proceedings of Contributed Papers, 1*, 72-75. [WDS12_112_m8_Vojkuvkova.pdf](https://www.cuni.cz/WDS12_112_m8_Vojkuvkova.pdf) (cuni.cz)

Wentzell, P. D., Wicks, C. C., Braga, J. W., Soares, L. F., Pastore, T. C., Coradin, V. T., & Davrieux, F. (2018). Implications of measurement error structure on the visualization of multivariate chemical data: hazards and alternatives. *Canadian Journal of Chemistry*, 96(7), 738-748.

Zhu, H. (2020). Big data and artificial intelligence modeling for drug discovery. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 60, 573-589. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010919-023324>

Fotografías

<https://blog.hixsa.com/inteligencia-artificial-la-medicina-tecnologica-que-mejora-la-industria-de-la-salud/>

<https://www.iberdrola.com/innovacion/data-mining-definicion-ejemplos-y-aplicaciones>

<https://pt.linkedin.com/pulse/como-intelig%C3%Aancia-artificial-est%C3%A1-mudando-medicina-para-fokkens-guvyf>

<https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/mineria-datos-proceso-areas-se-puede-aplica>

<https://www.pagina12.com.ar/553267-la-inteligencia-artificial-en-el-campo-de-la-salud>

<https://www.noticieromedico.com/post/la-inteligencia-artificial-aplicada-a-la-medicina>

EL TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC CUENTA CON UN LABORATORIO NACIONAL CONAHCYT EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CIENCIA DE DATOS (LNC-IACD)



OBJETIVO GENERAL

Integrar, analizar y procesar grandes bases de datos para generar conocimiento nuevo, información útil, accesible y comprensible, y diagnosticar en los campos de la Inteligencia Artificial (IA), Neurociencia y Ciencia de Datos, en beneficio de la educación y la salud para el bienestar público de México.

El **LNC-IACD** forma parte de los laboratorios nacionales CONAHCYT, cuyo organismo sede es el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), en asociación con el Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ) y el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional (CIC-IPN), y como institución participante la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec (UNEVE), lo que ha permitido realizar investigaciones científicas y desarrollos tecnológicos de manera colaborativa con las líneas de investigación y cuerpos académicos, orientadas a las siguientes áreas temáticas: **Estudio y Aplicación de Sistemas Computacionales y Desarrollo Tecnológico e Innovación Abierta**, mismas que se relacionan con la investigación o desarrollo de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación (HCTI).



#ElPoderDeLaEducación



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLOGÍA
NACIONAL DE MÉXICO



    seduc.edomex.gob.mx

    [familiaritese](#)