

Simulación de un problema sobre el cambio en la Natalidad debido al Desarrollo Profesional

Daniel Arturo. Olivares-Vera^{a*}, Enrique Aguilar-Vargas^b, Felipe Hernández-Palafox^b, Luz Adriana Barajas Torres^c

^aTecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de León. Ciencias Económica Administrativa. Av. Tecnológico S/N, Fracc. Julián de Obregón, León, Gto., México.

^bFacultad de Tecnologías de la Información, Universidad De La Salle Bajío, Avenida Universidad 602, Lomas del Campestre, C.P. 37150, León, Guanajuato, México.

^cIngeniería en Gestión de Proyectos, Universidad Virtual del Estado de Guanajuato UVEG, Hermenegildo Bustos 129 A Sur, Colonia Centro C.P. 36400 Purísima del Rincón, Gto., México.

Resumen

La presente investigación, pretende mostrar una simulación sobre un problema que contemple la proyección en la disminución de la población, por medio de las decisiones en el desarrollo personal y profesional usando dinámica de sistemas para su solución.

Abstract

This research aims to show a simulation of a problem that contemplates the projection in the population decline, through personal and professional development decisions using system dynamics for its solution.

Palabras claves: Simulación, Densidad Demográfica, Dinámica de Sistemas, Tasa de Natalidad y Mortalidad.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial, en el 2019 habían 7,674 mil millones de personas [1], en ese mismo sentido el crecimiento se ha venido observando con una tendencia hacia la alza de manera general, tal como se muestra en la Fig. 1 Tendencia del Crecimiento Poblacional, pero según distintas fuentes esta tendencia no continuará de esta manera los siguientes años, tal como lo comenta [7], [12] [4], [13], [8] y [2] entre otros, es por esa razón que derivado de dicha investigación se pretende presentar una simulación del comportamiento de la humanidad en función a la reducción de la misma.

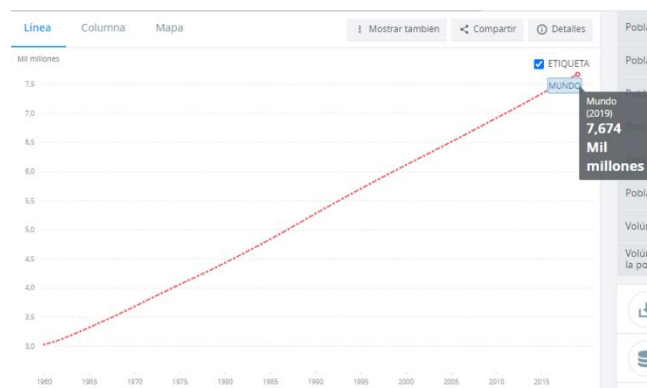


Figura 1. Tendencia del Crecimiento Poblacional. Fuente: [1]

Los cambios de la humanidad han sido constantes desde diversas perspectivas en los últimos años han sido descomunales en muchos sentidos, el ser humano ha cambiado y continuará cambiando, [8] presenta ocho

dimensiones de cambios que sucederán en los próximos años, mas específicamente para el 2030, estas dimensiones son presentadas en el la Fig. 2 Representación Gráfica de lo que está ocurriendo en el Mundo. Las cuales estan interrelacionadas lo cual hace que estas vayan asentandose al paso del tiempo.

Por su parte [8], presenta una tendencia que tendra la población a nivel mundial, el cual se muestra en la Fig. 3 Distribución Regional de la Población Total (%).

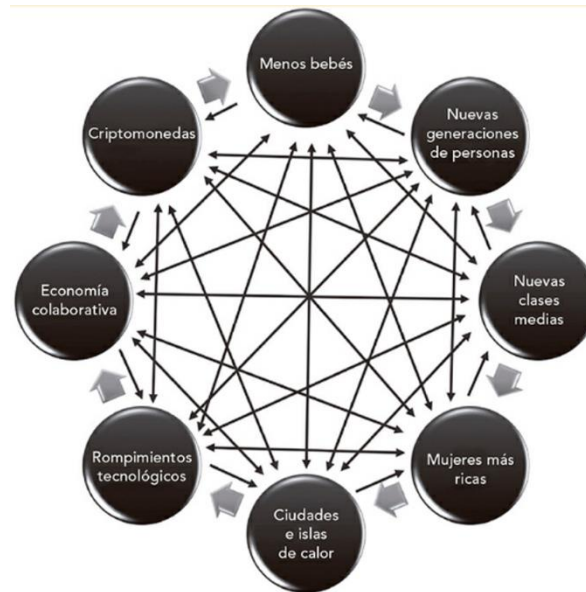


Figura 2. Representación Gráfica de lo que está Ocurriendo en el Mundo. Fuente: [8]

Dentro de la misma publicación de [8], destaca el hecho de que en los próximos años, comenzará a asentarse un cambio en los nacimientos de la población y es así como las tendencias actuales de continentes y países que estan disminuyendo su población debido a decisiones muy particulares que toma la población en posponer el tener hijos o definitivamente no tener hijos. Esto [8] en gran medida se lo atribuye al desarrollo profesional que han tenido las mujeres.

En donde cada vez mas son profesionistas e independientes lo cuál ha marcado en la forma en que se distribuirá la riqueza, la cuál se estima que la riqueza mundial en el 2000 la tenía el 15% de las mujeres y para el 2030 se espera la riqueza mundial aumente al 55% por parte de las mujeres. También se ha visto que debido a factores como el alza en el costo de los estudios, el deseo de priorizar el adquirir bienes antes de tener familia y brindar una mejor calidad de vida a los hijos ha ocasionado que en especial las mujeres decidan posponer el tener hijos o definitivamente no tener hijos.

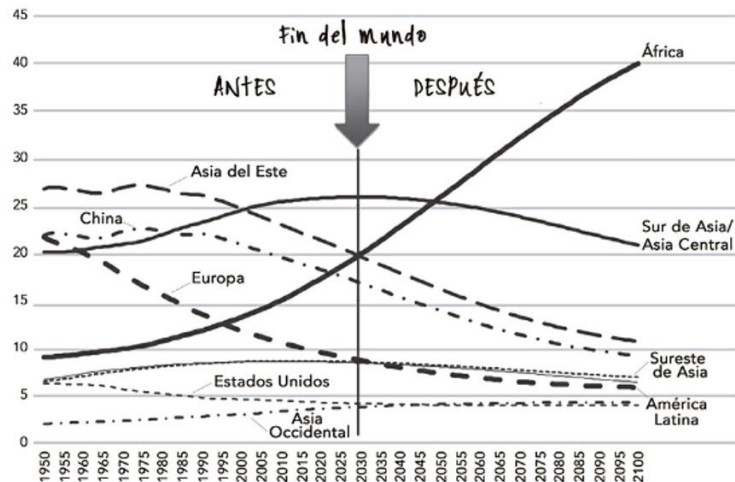


Figura 3. Distribución Regional de la Población Total (%). Fuente: [8]

2. OBJETIVO

El objetivo de la investigación, es generar un modelo matemático que demuestre el comportamiento del crecimiento o decrecimiento de la población en función a las decisiones que toma en especial la población femenina profesionistas de posponer o no tener hijos.

3. PROBLEMÁTICA A RESOLVER

Actualmente es complejo saber como se comportará la tasa demográfica de la población, que variables considerar y con que parametros, para poder simular el comportamiento en la disminución de la natalidad afectada por la población femenina profesionistas que decida posponer o bien el no tener hijos por decisión personal en función a sus intereses particulares así como se busca generar un modelo predictivo para simular el comportamiento de este sistema.

La situación que nos enfrentamos es que la disminución pudiera tener consecuencias económicas debido al comportamiento de la población, es qui donde surgen interrogantes como:

1. Si la mayoría de la población es de tercera edad, entonces quien generará la parte productiva que necesitan los países.
2. Será posible que las persona en edad productiva serán capaces de poder afrontar este gran reto.
3. Las personas de la tercera edad podrán encontrar alternativas para sopesar los costos de su vejes, quizás por medio de sacrificar sus activos actuales o bien darles un nuevo uso.
4. Es posible predecir cuando ocurrirá esto

El presente estudio no pretende responder a las interrogantes planteadas, sino mas bien generar un momento de reflexión al respecto, sin embargo el alcance de este estudio si pretende atender la interrogante "4." para tratar de anticipar cuando pudiera sucitarse lo anterior.

4. PROGRAMA USADO PARA LA SIMULACIÓN.

Dentro de los software que podemos encontrar estan los siguientes:

- iThink de Stella
- PowerSim
- Vensim
- Simulistics

Existen diversas investigaciones [6], [11], [5], [9] y [10] las cuales se han realizado para simular sistemas usando software iThink - Stella de isee system . En nuestro caso el desarrollo de la investigación se hizo con el software iThink - Stella de isee system , de las marcas que se muestran en la Fig. 4 Stella y la Fig.5 isee system.



Figure 4. Stella



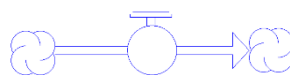
Figure 5. Isee System

5. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

El desarrollo se hizo por medio de un primer acercamiento al modelo que presentan [3] en cuál modelo la dinámica de un sistema de nacimiento y muerte, para posteriormente anexar variables en función a la natalidad femenina, cuantas de ellas son profesionistas y cuantas de ellas pospondrían y no desearían tener hijos.

A continuación se procedió en definir de manera general los elementos que estarían participando en primera instancia considerando los siguientes elementos que se muestran a continuación:

- **Flujo:** Tasa de cambio de un nivel, llenan o desocupan niveles. Pueden ser de entrada (*inflow*) o de salida (*outflow*). Ej: No. de individuos que nacen cada año, tasa de contratación anual. Unidades: No. de items / unidad de tiempo. El cual se muestra en la Fig. 6 Simbolo de Flujo



Flujo

Figure 6. Flujo

- **Nivel:** Representa las acumulaciones los stocks, niveles, lo que se acumula. Ej: población, inventario, empleados, precio-producto. Unidades: No. de individuos, cantidad de ítems, etc. El cual se muestra en la Fig. 7 Simbolo de Stock.



Figure 7. Stock

- **Convertidor o variable auxiliar:** modifica entradas en salidas, son útiles para desagregar y romper en detalles la lógica del modelo, calculan relaciones algebraicas, pueden ser constantes utilizadas para calcular el valor de un flujo. Al contrario de los niveles, los convertidores no acumulan nada. Ej: número de individuos que nacen por cada individuo que existe, cada año. Unidades: No. de individuos/No. de individuos/unidad de tiempo. El cual se muestra en la Fig. 8 Simbolo de Convertidor.



Figure 8. Convertidor

- **Conector:** Estos pasan información: de niveles a convertidores, de niveles a reguladores de flujos, de reguladores de flujos a reguladores de flujos, de reguladores de flujos a convertidores, de convertidores a reguladores de flujos y de convertidores a otros convertidores. El cual se muestra en la Fig. 9 Simbolo de Conector.



Figure 9. Conector

Posteriormente se procedió en generar un modelo como se muestra en la Fig. 10 Modelo Desarrollado.

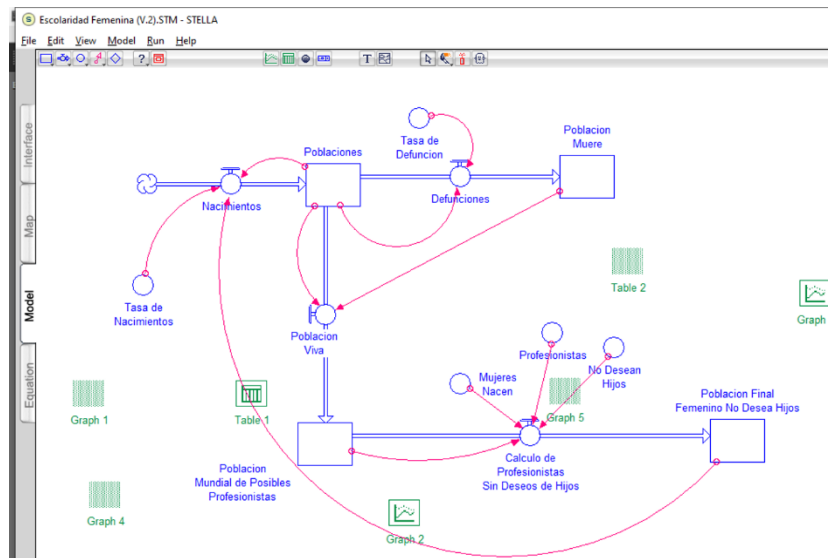


Figure 10. Modelo Desarrollado

Dicho modelo contempla:

- Los flujos de:
 - Nacimientos
 - Tasa de Defunción
 - Población Viva
 - Calculo de Profesionistas sin Deseos de Hijos

- Los niveles de:
 - Poblaciones
 - Población Muere
 - Población Mundial Posibles Profesionistas
 - Población Mundial No Desea Hijos

- Los convertidores de:
 - Tasa de Nacimientos
 - Tasa de Defunción
 - Mujeres Nacen
 - Profesionistas
 - No Desea Hijos

6. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

El modelo contempla las interacciones de las conexiones entre convertidores, stock y flujos así como la definición de los valores con que se genera el modelo de las variables aleatorias y los varoles de las constantes como lo son la constante de población en el año 2019 según [1] y la constante de defunción, tal como se muestra en la Fig. 11 del Pseudocódigo Desarrollado.

```

Escolaridad Femenina (V.2).STM - STELLA
File Edit View Equation Run Help
Mujeres_Profesionistas(t) = Mujeres_Profesionistas(t - dt) + (Poblacion_Viva - Balance) * dt
INIT Mujeres_Profesionistas = Poblacion_Viva
INFLOWS:
  Poblacion_Viva = Poblaciones-Poblacion_Muere
OUTFLOWS:
  Balance = Mujeres_Profesionistas*Mujeres_Nacen*Profesionistas*No_Desean_Hijos
Poblaciones(t) = Poblaciones(t - dt) + (Nacimientos - Defunciones - Poblacion_Viva) * dt
INIT Poblaciones = 7674000000
INFLOWS:
  Nacimientos = ((Poblaciones*Tasa_de_Nacimientos)+Poblaciones)-Poblacion_Final
OUTFLOWS:
  Defunciones = Poblaciones*Tasa_de_Defuncion
  Poblacion_Viva = Poblaciones-Poblacion_Muere
Poblacion_Final(t) = Poblacion_Final(t - dt) + (Balance) * dt
INIT Poblacion_Final = Balance
INFLOWS:
  Balance = Mujeres_Profesionistas*Mujeres_Nacen*Profesionistas*No_Desean_Hijos
Poblacion_Muere(t) = Poblacion_Muere(t - dt) + (Defunciones) * dt
INIT Poblacion_Muere = Defunciones
INFLOWS:
  Defunciones = Poblaciones*Tasa_de_Defuncion
Mujeres_Nacen = (RANDOM(3.5,1234))/10
No_Desean_Hijos = (RANDOM(0.7,1.2,1234))/10
Profesionistas = (RANDOM(0.5,0.9,1234))/10
Tasa_de_Defuncion = 0.025
Tasa_de_Nacimientos = (RANDOM(0.6,0.8,1234))/10
    
```

Figura 11. Pseudocódigo Desarrollado

El modelo se simuló que operará del 2020 al 2100 para evaluar la tendencia de la población en función a la disminución de nacimientos afectados por las profesionistas que no decidan tener hijos, tal como se muestra en los parámetros establecidos del modelo a operar como se muestra en la Fig. 12 Tiempo de Simulación.

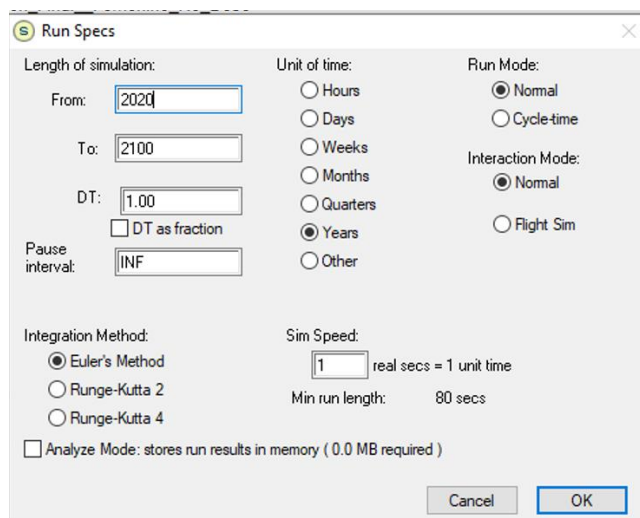


Figure 12. Tiempo de Simulación

Una vez concluido el modelo, demostró un comportamiento polinomial en su distribución, tal como se muestra en la Fig. 13 Gráfica de Resultados del Modelo Generado, así como los valores que se muestran en la Fig. 14 Tabla de Resultados del Modelo Generado donde se muestran los valores obtenidos para:

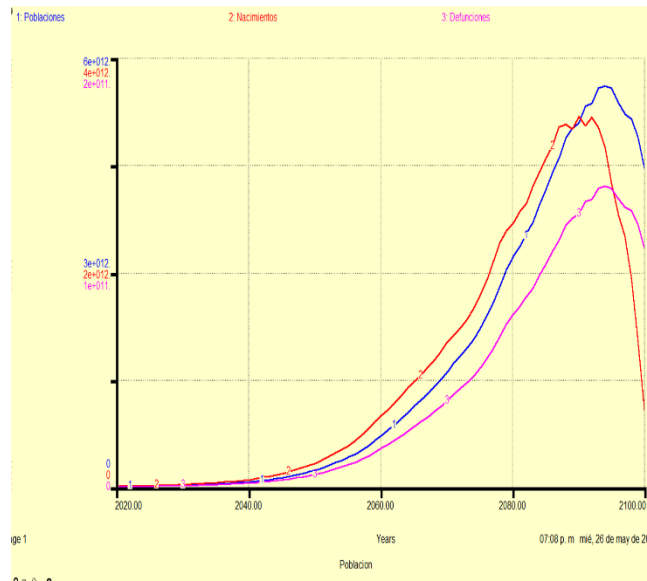


Figure 13. Gráfica de Resultados del Modelo Generado

1. Año para las defunciones
2. Poblaciones
3. Nacimientos
4. Nalculo de profesionistas
5. Factor de mujeres que nacen
6. Factor de profesionistas
7. Factor de las que no desean hijos.

Years	Defunciones	Poblaciones	Nacimientos	Calculo de Profes	Mujeres Naoen	Profesionistas	No Desean Hijos
2070	40,350,013,784.62	514,000,550,584.77	354,771,192,995.23	57,739,475,072.17	0.47	0.08	0.11
2071	43,527,884,271.67	741,115,370,866.90	422,330,706,854.73	38,841,329,235.53	0.40	0.07	0.10
2072	46,148,175,694.60	845,847,027,783.96	491,833,315,955.20	35,303,756,246.93	0.38	0.07	0.09
2073	48,906,460,748.33	956,259,229,933.18	567,491,778,659.98	27,949,038,299.97	0.35	0.06	0.08
2074	51,882,589,081.97	1,075,303,563,276.82	670,354,590,850.05	36,118,317,783.06	0.37	0.06	0.09
2075	55,802,418,692.09	1,224,096,747,883.59	799,037,578,361.17	49,137,054,061.73	0.39	0.07	0.09
2076	60,023,562,396.86	1,400,942,495,686.55	933,860,072,602.91	64,285,363,295.14	0.37	0.06	0.09
2077	64,673,856,602.40	1,586,940,264,095.81	1,059,978,032,714.09	82,192,709,585.40	0.44	0.08	0.11
2078	70,360,942,309.95	1,814,437,692,397.92	1,282,497,112,756.91	125,073,540,466.56	0.49	0.09	0.12
2079	76,248,578,583.39	2,049,943,143,335.59	1,597,783,037,282.84	199,212,757,993.48	0.45	0.08	0.11
2080	80,742,559,347.45	2,229,702,373,896.02	1,966,282,443,879.10	275,567,732,950.47	0.37	0.06	0.09
2081	84,248,909,457.84	2,369,958,378,313.61	2,374,474,106,343.03	371,716,726,948.75	0.42	0.07	0.10
2082	88,884,800,250.36	2,555,384,250,014.60	2,847,550,370,317.18	492,590,042,475.93	0.32	0.05	0.08
2083	92,701,843,168.35	2,708,073,726,654.07	3,410,318,772,316.90	643,504,593,269.83	0.44	0.08	0.10
2084	96,897,737,449.75	2,839,958,497,990.18	4,039,451,126,595.21	821,802,153,865.11	0.40	0.07	0.10
2085	104,288,695,028.74	3,171,547,801,149.42	4,772,896,092,783.25	1,031,683,862,401.40	0.41	0.07	0.10
2086	109,957,488,680.21	3,398,299,547,208.23	5,618,194,566,595.12	1,309,438,705,809.60	0.38	0.07	0.09
2087	115,235,448,059.93	3,609,417,922,397.37	6,581,297,114,291.21	1,652,233,281,040,667.67	0.49	0.09	0.12
2088	122,254,999,964.85	3,890,199,999,393.94	7,689,859,557,443.47	2,081,136,051,786,508.27	0.41	0.07	0.10
2089	126,669,458,467.03	4,246,778,338,681.22	8,969,099,873,772.41	2,615,542,179,584.41	0.30	0.05	0.07
2090	127,551,479,912.82	4,682,059,198,512.83	10,477,047,075.38	3,281,247,783,291.93	0.47	0.08	0.11
2091	133,495,595,170.93	5,203,823,806,837.01	12,379,146,776,029.96	4,082,282,873.46	0.31	0.05	0.07
2092	134,512,572,511.18	5,802,502,900,446.33	14,639,909,138,810.02	5,023,271,222.41	0.48	0.09	0.12
2093	139,693,547,026.43	6,487,741,881,057.09	17,355,393,321,506.43	6,210,873,871,956.97	0.43	0.08	0.10
2094	140,463,941,543.78	7,268,557,861,751.38	20,564,253,358,091.57	7,739,964,802,289.88	0.44	0.08	0.11
2095	139,658,521,271.09	8,158,340,850,843.59	24,448,844,180,030.10	9,378,983,112.35	0.33	0.06	0.08
2096	134,699,975,894.97	9,187,999,034,596.60	29,178,544,781.73	11,246,007,803.81	0.33	0.06	0.08
2097	130,818,880,493.11	10,375,459,724.44	34,940,164,207.42	13,659,939.30	0.40	0.08	0.11
2098	126,159,878,767.25	11,839,150,889.96	42,167,836.27	16,821,192,964.10	0.44	0.08	0.11
2099	122,738,501,213.44	13,509,480,048,537.78	51,494,723,002.74	20,991,949,321.86	0.39	0.07	0.09

Figure 14. Tabla de Resultados del Modelo Generado

Finalmente, se observa que para el año 2090 aproximadamente, la tendencia ascendente mostrada tiene su punto de inflexión en donde se pudiera ver que la población pudiera disminuirse.

Lo anterior pretende mostrar como el desarrollo profesional, la planificación, los deseos de mejora en la calidad de vida de manera personal y familiar, puede incidir en la demografía de una población donde es importante considerar a nivel de estrategias de gobernanza, el incremento en los costos de la vida para las decisiones de planificación familiar pero también el cambio que puede representar a una sociedad que su población se centre en personas de la tercera edad y con poca población en edad productiva, la cual podría llevar a una población a su extinción o bien a alto nivel de costo para las personas de la tercera edad el generar sus recursos debido a la falta de personas en edad productiva.

Como futuras líneas de investigación, se pretende estudiar el modelo integrando la variable migración, como estrategia para contrarrestar la disminución de la población así como el detectar cuales son las variables determinísticas que pudieran atenderse para conjugar el desarrollo profesional y la calidad de vida familiar de una población.

REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial. Población, total | Data, 2019.
- [2] Damien Cave. Cómo transformará al mundo el futuro descenso poblacional.
- [3] Armando Cervates Sandoval, Xavier Chiappa Carrara, and Nuno Simoes Dias Marques. *Stella , software para modelación dinámica en Biología*. UNAM-Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias, Zaragoza, 2009.
- [4] Universidad De, Granada España, Delgado Urrecho, José M, Martínez Fernández, and Luis Carlos. Cuadernos Geográficos. *Cuadernos Geográficos*, 55(2):127–150, 2016.
- [5] João Fernandes, Diogo Duarte, Claudia Ribeiro, Carla Farinha, João Madeiras Pereira, and Miguel Mira Da Silva. IThink : A game-based approach towards improving collaboration and participation in requirement elicitation. In *Procedia Computer Science*, volume 15, pages 66–77. Elsevier B.V., jan 2012.
- [6] Gill Gartlan and Cate Monahan. I think, therefore I print. *EDUCAUSE in Australasia 03 : expanding the learning community, meeting the challenges*, 6-9 May 2003 Adelaide, Australia, pages 716–723, jan 2003.
- [7] Karla Denisse González. Envejecimiento demográfico en México: análisis comparativo entre las entidades federativas | Consejo Nacional de Población CONAPO, 2015.
- [8] Mauro F. Guillén. 2030. *Cómo las tendencias más populares de hoy darán forma a un nuevo mundo*, volume 1. Océano, EE.UU, 1 edition, 2021.
- [9] Milan Kankaraš, Vlada Mitic, Dejan Stojkovic, and Milan Kankaras. DEFENCE STRATEGIC MANAGEMENT-APPLICATION OF SIMULATION IN THE PERSONNEL COSTS OPTIMIZATION "Calculation of Long-term Financial Sustainability of the Duty Forces of Air Defense System of Serbian Armed Forces in Performing the Airspace Control and Protecti. Technical report, 2014.
- [10] E. A. Muravyova, A. V. Bondarev, M. I. Sharipov, G. R. Galiaskarova, and A. I. Kubryak. Power consumption analysis of pump station control systems based on fuzzy controllers with discrete terms in iThink software. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, volume 327, page 022072. Institute of Physics Publishing, apr 2018.
- [11] G. E. Peña, C. A. Rodríguez, and S. Ramírez. Diseño de una Guía Didáctica para el Aprendizaje en el Área De Operaciones y Logística con el Juego de la Cerveza en el Software iThink. *Latin American Caribbean Journal of Engineering Education*, 5(1), 2011.
- [12] Guido Pinto Aguirre. El bono demográfico en América Latina: El efecto económico de los cambios en la estructura por edad de una población. *Población y Salud en Mesoamérica*, 13(2):191–210, nov 2015.
- [13] Guillermina Urriza. Expansión urbana en ciudades intermedias de crecimiento demográfico bajo. El caso de Bahía Blanca, Argentina. Technical report, 2018.
- [14] Banco Mundial. Población, total | Data, 2019.
- [15] Damien Cave. Cómo transformará al mundo el futuro descenso poblacional.

Correo electrónico autor: danielarturo.olivares@leon.tecnm.mx