

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



OPTIMIZATION MODEL FOR PLANNING THE LOGISTICAL RESPONSE TO COVID-19 VACCINATION

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Hugo Fabrizzio Cobos Valdez

Código 20162984

Migue Angel Arellano Alcaide

Código 20162832

Asesor

Jose Antonio Taquia Gutierrez

Lima – Perú

Julio de 2024

**Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial**

Título

OPTIMIZATION MODEL FOR PLANNING THE LOGISTICAL RESPONSE TO COVID-19
VACCINATION

Autor(es)

Hugo Fabrizio Cobos Valdez

20162984@aloe.ulima.edu.pe

Miguel Angel Arellano Alcaide

20162832@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen: La crisis sanitaria que atraviesa nuestro país es muy difícil de manejar y la vacunación es de suma importancia para poder contrarrestarla; sin embargo, el proceso logístico de compra y distribución de las vacunas es muy compleja. Objetivo: Por ello, el presente artículo de investigación tiene como objetivo diseñar un modelo predictivo que influya en la planificación de respuesta logística ante la vacunación contra el COVID 19 en el distrito de San Juan de Lurigancho. Métodos: Esto se puede lograr a partir del uso de la Tecnología GIS y la implementación de centros de vacunación móviles. Resultados: Los resultados obtenidos demostraban la falta de locales de vacunación en el distrito y como esta medida genera un gran beneficio en la población más vulnerable del distrito de estudio. Además, es positivo los resultados que se obtuvieron en comparación a los resultados de otros artículos. Conclusiones: Se confirma que el proceso logístico de vacunación puede mejorar a partir de la implementación de centros de vacunación móviles.

Palabras Clave: Vacunación, Logística humanitaria, Modelo predictivo, Tecnología GIS, Centro de vacunación móvil.

Abstract: The health crisis that our country is going through is very difficult to manage and vaccination is of utmost importance to counteract it; however, the logistical process of purchasing and distributing vaccines is very complex. Objective: Therefore, the present research article aims to design a predictive model that influences the logistic response planning for COVID 19 vaccination in the district of San Juan de Lurigancho. Methods: This can be achieved using geographic information systems technology and the implementation of mobile vaccination centers. Results: The results obtained showed the lack of vaccination sites in the district and how this measure generates a great benefit in the most vulnerable population of the study district. In addition, it is positive the results obtained compared to the results of other articles. Conclusions: It is confirmed that the logistic process of vaccination can be improved from the implementation of mobile vaccination centers.

Keywords: Vaccination, Humanitarian logistics, Optimization, GIS technology, Mobile vaccination center.

Línea de investigación IDIC – ULIMA: Operaciones y Logística

Área y Sub-áreas de Investigación:

L02.3. Diseño y desarrollo de modelos para el análisis y predicción

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) ODS 9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, los países con mayor índice de contagios y muertes en el mundo; por lo general, tienen un sistema de salud pobre en infraestructura y equipamiento. Los gobiernos del mundo están tomando medidas para frenar el avance de la epidemia y disminuir el efecto que está causando en la economía mundial (García Monsalve et al., 2021). Por ello, se han implementado una serie de medidas que nos permita combatir esta pandemia: En primer lugar, se han adquirido plantas de oxígeno para evitar la dependencia con otros países. En segundo lugar, se implementaron más camas en la unidad de cuidados intensivos para la atención de las personas. Por último, se viene dando el proceso de vacunación para evitar el aumento de contagios y la saturación de los hospitales. Este último, es de los métodos más efectivos para controlar la propagación de epidemias / pandemias (Sinha et al., 2021). La esperanza global de controlar la enfermedad recae sobre la distribución efectiva y universal de las vacunas disponibles (Herrera-Añazco et al., 2021). Además, es importante que el proceso logístico para la distribución de vacunas sea tan eficiente como la eficiencia de las vacunas, donde es necesario tener una cooperación eficaz entre gobierno, planes de salud, hospitales y atención de primera línea, particularmente durante emergencias ayudan a facilitar el proceso de vacunación (Rosen et al., 2021). La logística requerida para la vacunación en San Juan de Lurigancho es compleja, debido a la accidentada geografía. Asimismo, el programa de vacunación COVID-19 debe abordar los desafíos relacionados con la cadena de frío y el sistema de distribución de la vacuna, así como con la aceptación de la vacuna por parte de los ciudadanos (Nugraha et al., 2021). Por consiguiente, el acceso hacia los puntos de vacunación es un gran problema para solucionar. Además, lograr la vacunación de la totalidad de la población es un gran desafío logístico, especialmente por la limitada disponibilidad de vacunas y las estrictas condiciones de su almacenamiento y distribución (Krzysztofowicz & Osińska-Skotak, 2021). También, es necesario tener en cuenta que el envío, el almacenamiento y la entrega de vacunas de manera rentable, sigue siendo un desafío importante (Yang et al., 2021). Por ello, es necesario plantear una respuesta logística que nos pueda ayudar a mejorar la distribución de las vacunas hacia la población más necesitada del distrito; ya que, es la población más vulnerable. Este problema nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida un modelo predictivo influye en la planificación de respuesta logística a la vacunación contra el COVID 19 en el distrito de San Juan de Lurigancho?

En el presente artículo de investigación, se planteará los centros de vacunación móviles como una respuesta de emergencia para aumentar las localidades de vacunación que ya existen en el distrito. Estos contarán con lo indispensable para que el proceso de vacunación se pueda dar. Estas instalaciones están destinadas a ser temporales y están diseñadas para satisfacer una necesidad inmediata (Klise & Bynum, 2020). Además, se buscará que los centros de vacunación temporales puedan estar ubicados en puntos estratégicos del distrito. Utilizando un GIS se pudieron identificar “puntos calientes” de la enfermedad. Se concluye que la integración de GIS en la vigilancia epidemiológica de rutina sobre el terreno puede ofrecer un método cuantitativo en tiempo real para identificar y rastrear la propagación geoespacial de las enfermedades infecciosas (Cascón-Katchadourian, 2020). El factor clave podrían ser los datos sobre el lugar de residencia de las personas en un

grupo de edad específico (Krzysztofowicz & Osińska-Skotak, 2021). Los análisis propuestos se podrían agregar con más detalle, teniendo en cuenta la información sobre la accesibilidad del transporte de un determinado lugar de vacunación, entendido como la distancia y el tiempo necesario para llegar a él a pie, en automóvil o en transporte público. Esto es especialmente importante en el contexto de la limitación de los contactos sociales y, por tanto, el riesgo de contagio. La mejor solución es la ruta más corta posible para llegar al lugar de la vacunación o utilizar su propio vehículo de transporte. Para lograr este objetivo, sería necesario utilizar análisis de red que también se pueden realizar con el uso de tecnología GIS

OBJETIVOS

Para este artículo se buscan los siguientes objetivos:

- Diseñar un modelo predictivo que influya en la planificación de respuesta logística ante la vacunación contra el COVID 19 en el distrito de San Juan de Lurigancho
- Simular la implementación de centros de vacunación móviles en las 8 zonas principales del distrito y el uso de la tecnología de geo referencias.

JUSTIFICACIÓN

Se ha demostrado que la vacunación es el método más eficaz para prevenir enfermedades, discapacidades y muertes por infecciones (Yang et al., 2021). Sin embargo, la vacunación no es un método que elimine por completo la enfermedad. A pesar del desarrollo de vacunas eficaces a una velocidad sin precedentes y de las altas tasas de vacunación en algunos países, la disponibilidad de vacunas sigue siendo escasa y las tasas de vacunación siguen siendo bajas en muchos países (Kim et al., 2021; Stein-Zamir & Rishpon, 2021). La logística humanitaria es un campo de estudio que enfrenta la complejidad de una cadena de abastecimiento de múltiples eslabones a la vez que se debe implementar bajo un enfoque sistémico y con métricas en los subprocesos que la conforman (Jahre et al., 2012), para resolver esta complejidad se pueden utilizar diversas técnicas de modelamiento como la programación entera mixta (Malmir & Zobel, 2021), la programación lineal (Rastegar et al., 2021). En muchos casos debido a la complejidad de la implementación de la logística necesaria para cubrir la demanda urbana en condiciones de temperaturas que pueden estar en el rango entre -15 a -25 °C por períodos de dos semanas, lo que hace que el reto de mantener una cadena de frío requiere de tecnología e infraestructura para zonas cercanas a la ciudad (Acharya et al., 2021). La reducción de aglomeraciones y la cobertura de la asignación de vacunas representa también un reto particular en este tipo de cadena de suministro compleja (Gessler et al., 2021). Los gobiernos de los países que llevaron procesos de vacunación con gran rapidez resaltan la importancia de implementar tecnología y datos que prioricen segmentos de la población objetivo como adultos de mayor edad (Cylus et al., 2021; Green et al., 2021) a pesar de que existía incertidumbre en generalizar políticas que podían funcionar para un país, pero en otro no se evidenciaba el mismo resultado (Freed, 2021; Marchildon, 2021; Munguía-López & Ponce-Ortega, 2021; Perry et al., 2021). Por ello, es necesario que la población sea vacunada con dosis completas y de refuerzo antes que la enfermedad tenga un impacto mayor al que ya estamos teniendo. Además, es necesario que la adquisición de vacunas sea de laboratorios que puedan transmitir confianza (Johnson, 2021; Sbarra et al., 2021). De igual forma para Herrera-Añazco et al., (2021) esto no sería un impedimento a la resistencia de las vacunas; por consiguiente, es necesario desmentir teorías conspirativas y brindar la información pertinente sobre la eficacia que tienen las vacunas (Cuenca Jaque et al., 2020; Wentzell & Racila, 2021).

HIPÓTESIS

En el presente trabajo se utilizará la técnica la simulación mediante un software de geolocalización con un lenguaje de programación en Python, el cual nos ayudará en la realización del mapeo para el hallazgo de rutas más efectivas, así como puntos de acopio estudiados donde se le facilitará a la población acercarse para la distribución de la vacuna contra el covid-19. Se utilizará la tecnología GIS que nos ayudará a obtener las rutas más convenientes y este modelo no tiene restricción en el nivel de división territorial aquí, puede ser un distrito, provincia de cualquier país. Si existe la necesidad de un análisis de otro tipo de área administrativa, por ejemplo, distritos médicos, también se puede implementar rápidamente (Krzysztofowicz & Osińska-Skotak, 2021). El Sistema de Información Geográfica (SIG), por sus siglas en ingles “GIS”, es un software que nos permite gestionar, reunir y analizar datos. Esta herramienta ha sido de gran utilidad para la investigación de los planes de vacunación en contra de las enfermedades infecciosas. Este sistema está centrado en planificar campañas de vacunación, identificar poblaciones que no han sido vacunadas y evaluar el progreso de las campañas de vacunación. Además, el objetivo de utilizar la tecnología GIS ha sido ayudar a no colapsar los teléfonos de atención sanitaria, hospitales y sistemas sanitarios, tanto durante la fase de ascenso de la enfermedad, como la de desescalada, además de evitar nuevos brotes y permitir una vuelta paulatina a la normalidad (Cascón-Katchadourian, 2020), este enfoque es muy utilizado en los sistemas de respuesta de desastres (Warnier et al., 2020)

Ha habido una serie de servicios de salud existentes que no ofrecen a las personas la garantía de tener una buena una vida sana especialmente para las personas que viven en una zona rural, ya que el acceso es limitado para ellos (Zain Rashid et al., 2019). Este software será de suma importancia para realizar el mapeo en el distrito de San Juan de Lurigancho, para lograr el nivel de inmunidad colectiva lo más rápido posible, es importante que las vacunas lleguen a los sitios de vacunación individuales en el número óptimo, teniendo en cuenta las necesidades, pero también minimizando el riesgo de propagación del virus en la población.

DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Metodología

El objetivo es identificar qué cantidad de módulos de vacunación móviles se pueden adquirir para poder satisfacer la demanda de vacunas de los pacientes con COVID-19 mientras se minimiza el costo total de los candidatos a vacunarse COVID-19 que conducen a una instalación de vacunas COVID-19 existente o temporal y el costo total de la construcción de instalaciones temporales. Este ejemplo muestra cómo un modelo de programación de enteros mixtos (MIP) de ubicación de instalaciones puede ayudar a los proveedores de atención médica a tomar decisiones sobre cómo utilizar mejor su capacidad, ya sea para construir instalaciones de vacunación temporales para pacientes contra el COVID-19 y cómo deben asignarse los candidatos a la vacuna contra el COVID-19 de una zona a varios centros de vacunación para garantizar que los centros tengan la capacidad de brindar las vacunas a los pacientes. El objetivo del modelo es minimizar el costo total de transporte de los posibles vacunados de una zona a un centro de vacunación y al mismo tiempo motivarlos a que se vacunen facilitándoles el proceso. En la figura 1 se observa el resumen del diseño del modelo de respuesta.

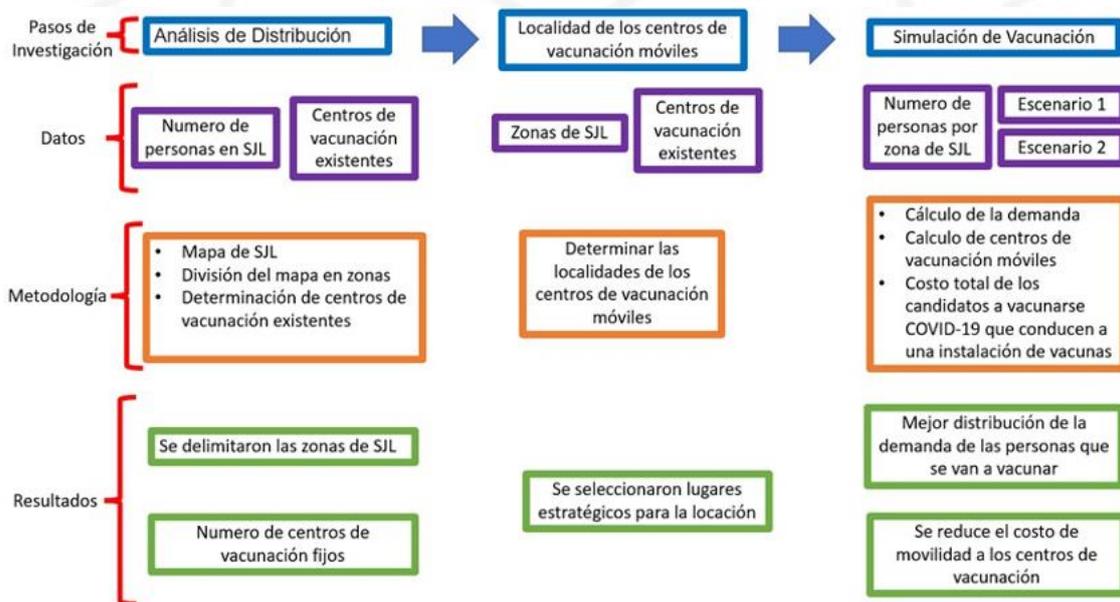


FIGURA 1 MODELO DE DISEÑO DE LA RESPUESTA (KRZYSZTOFOWICZ AND OSIŃSKA-SKOTAK, 2021)

Para la evaluación se tienen los siguientes escenarios. En el escenario 1 se comprueba si los centros de vacunación existentes pueden abastecer o no a los ciudadanos de la zona en estudio (San Juan de Lurigancho) con las vacunas necesarias. Por otro lado, tenemos el escenario 2 de aumento de la

demanda en 10% para poder calcular la capacidad necesaria de abastecimiento logístico y al mismo tiempo el costo incrementado ante esta nueva situación.

En el presente trabajo utilizamos la geolocalización coordenada de los puntos de ayuda y los centroides de las zonas de demanda, lo cual nos ayudará en la realización del mapeo para el hallazgo de rutas más efectivas, así como puntos de acopio estudiados donde se le facilitará a la población acercarse para la distribución de la vacuna contra el covid-19. Para la aplicación de estas técnicas e instrumentos será necesario la revisión y análisis documental de datos sobre la población como el rango de edades, ubicación territorial, densidad poblacional, etc.

Para lograr el nivel de inmunidad colectiva lo más rápido posible, es importante que las vacunas lleguen a los sitios de vacunación individuales en el número óptimo, teniendo en cuenta las necesidades, pero también minimizando el riesgo de propagación del virus en la población. Para este propósito, se puede utilizar la tecnología Geographic information System(GIS). Este es un término amplio que se refiere a una serie de métodos relacionados con todos los componentes de los sistemas de información geográfica, por ejemplo, datos o análisis. En particular, ofrece la posibilidad de realizar varios tipos de análisis espaciales para informar el proceso de toma de decisiones, siempre que el aspecto espacial sea importante. Esta tecnología se utiliza ampliamente en análisis relacionados con la evaluación de la accesibilidad de diversos tipos de objetos naturales, seminaturales y antropogénicos por parte de habitantes de ciudades u otras áreas.

Formulación:

$$\sum_{c \in C} \sum_{l \in L} D_{c,l} x_{c,l}$$

s.t

$$M_c = \sum_{l \in L} x_{c,l} \quad \forall c \in C$$

$$R_l \geq \sum_{c \in C} x_{c,l} \quad \forall l \in L^e$$

$$R_l y_l \geq \sum_{c \in C} x_{c,l} \quad \forall l \in L^p$$

$$\sum_{l \in L^p} y_l \leq P$$

$$y_l \in I^+ : \bigvee_l \in L^P$$

$$x_{c,l} \geq 0 \quad \bigvee_c \in C, \bigvee_l \in L$$

5.2. Resultados Numéricos

En el primer escenario, se pudo apreciar que los centros de vacunación fijos pueden cumplir con la demanda de vacunación que se espera que tenga San Juan de Lurigancho. Sin embargo, ambos centros de vacunación no tendrían la capacidad para atender a más personas de lo establecido. Además, el costo de asignación de pacientes a instalaciones sanitarias \$95,450.00, un dato para tener en cuenta al momento de compararlo con el segundo escenario. En el segundo escenario, se planteó un incremento del 10% de la demanda de las personas que requieran vacunarse. Se pudo evidenciar que, con el incremento de la demanda, las localidades fijas no tienen la capacidad de satisfacer en su totalidad lo demandado. Implementando los centros móviles se pudo apreciar que son de gran ayuda para poder satisfacer el incremento de la demanda. También se pudieron obtener los costos de asignación de pacientes a instalaciones sanitarias \$95,205.00 y de la implementación de los centros de vacunación móviles \$ 600,000.00 dando un costo total de \$695,205.00. Tomando en cuenta ambos escenarios se puede concluir que la implementación de centros de vacunación móviles es de gran apoyo para que se dé el proceso logístico de vacunación. Esto se puede apreciar en el escenario 2 que a pesar de implementar los centros móviles el costo de asignación de pacientes a instalaciones sanitarias es menor al escenario 1, donde las localidades existentes trabajan en su máxima capacidad sin tener la opción de cumplir con más personas. Además, da la opción a que las personas puedan recurrir al centro de vacunación móvil más cercano a su vivienda reduciendo los gastos de movilización y distancia. También hay que destacar que al ser una modalidad nueva en nuestro territorio generaría que las personas se vean atraídas por acudir a estos centros.

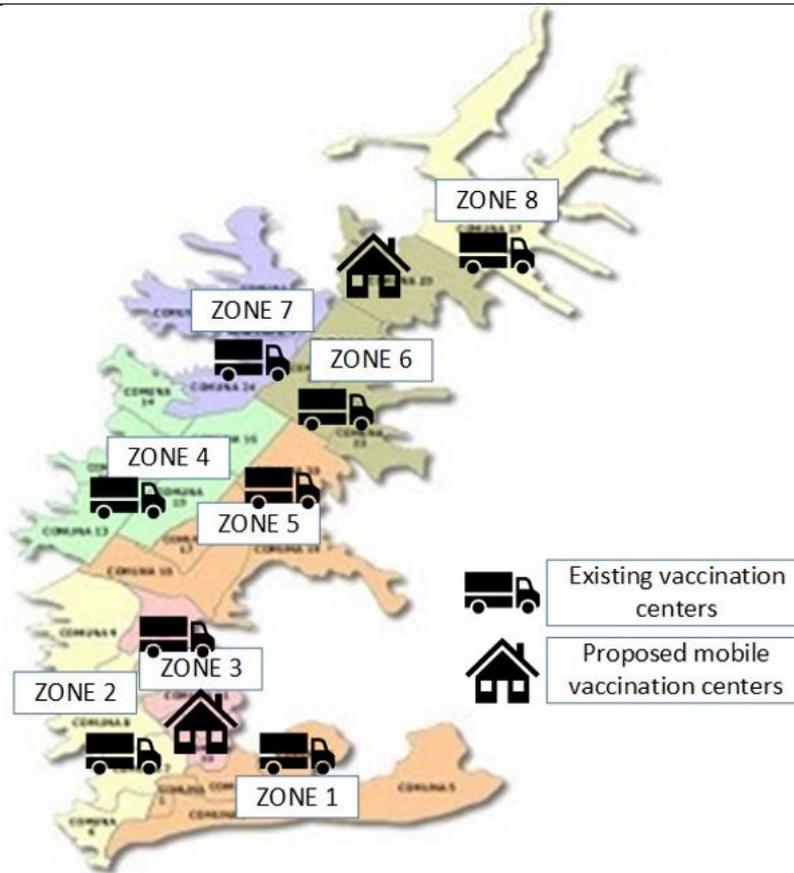


FIGURA 2 UBICACIÓN DE CENTROS DE VACUNACIÓN

5.3. Conclusión

Nosotros hemos demostrado que la implementación de centros de vacunación móviles son una alternativa más económica en comparación a los centros convencionales. Además, todo plan logístico, siempre debe tener varias alternativas u opciones que ayuden que el proceso se de manera óptima. Asimismo, se pudo determinar la ubicación idónea de estos centros de vacunación móviles y la capacidad que tienen para poder satisfacer la demanda. Esto se puede apreciar en los escenarios que se propusieron para determinar si es posible atender la demanda del distrito y como la implementación de camiones de vacunación pueden tener un impacto significativo en temas económicos y de logística.

El alcance del impacto positivo en la campaña de la vacunación llega a más aspectos indirectamente como en la motivación que la gente tiene para acudir a los centros de vacunación debido a la facilidad que tienen para movilizarse y obtener las vacunas. Distintos incentivos que facilitan la vacunación como el bajo costo de transporte o la rapidez del proceso pueden marcar significativamente una diferencia al momento de proteger a la población.

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Total agradecimiento a nuestros padres, ustedes han sido siempre el motor que impulsa nuestros sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a nuestro lado en los días y noches más difíciles durante nuestras horas de estudio. Siempre han sido nuestras mejores guías de vida. Hoy cuando concluimos nuestra titulación, les dedicamos a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de tenerlos como padres y que estén en este momento tan importante.

REFERENCIAS

- Acharya, K. P., Ghimire, T. R., & Subramanya, S. H. (2021). Access to and equitable distribution of COVID-19 vaccine in low-income countries. *Npj Vaccines*, 6(1).
<https://doi.org/10.1038/s41541-021-00323-6>
- Cascón-Katchadourian, J. D. (2020). Technologies to fight the Covid-19 pandemic: Geolocation, tracking, big data, GIS, artificial intelligence, and privacy. *Profesional de La Informacion*, 29(4), 1–20. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.jul.29>
- Cuenca Jaque, C. R., Osorio Tarrillo, M. L., Pastor Ramos, J. L., Peña Pasapera, G. del P., Torres Vásquez, L. E., Jaque, C. R. C., Tarrillo, M. L. O., Ramos, J. L. P., Pasapera, G. del P. P., & Vásquez, L. E. T. (2020). Economic and health aspects in times of quarantine for COVID 19 in the Peruvian population, year 2020. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, 20(4), 630–639. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v20i4.3067>
- Cylus, J., Panteli, D., & van Ginneken, E. (2021). Who should be vaccinated first? Comparing vaccine prioritization strategies in Israel and European countries using the Covid-19 Health System Response Monitor. *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1).
<https://doi.org/10.1186/s13584-021-00453-1>
- Freed, G. L. (2021). Actionable lessons for the US COVID vaccine program. *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13584-021-00452-2>
- García Monsalve, J. J., Tumbajulca Ramírez, I. A., Cruz Tarrillo, J. J., García Monsalve, J. J., Tumbajulca Ramírez, I. A., & Cruz Tarrillo, J. J. (2021). Innovación organizacional como factor de competitividad empresarial en mypes durante el Covid-19. *Comuni@cción: Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 12(2), 99–110.
<https://doi.org/10.33595/2226-1478.12.2.500>
- Gessler, C. A., Richardson, R. M., Hall, D. L., & Coley, K. C. (2021). Operationalizing Pandemic Vaccinations at a Regional Supermarket Chain Pharmacy. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. <https://doi.org/10.1017/dmp.2021.43>
- Green, M. S., Abdullah, R., Vered, S., & Nitzan, D. (2021). A study of ethnic, gender and educational differences in attitudes toward COVID-19 vaccines in Israel – implications for vaccination implementation policies. *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1).
<https://doi.org/10.1186/s13584-021-00458-w>
- Herrera-Añazco, P., Uyen-Cateriano, Á., Urrunaga-Pastor, D., Bendezu-Quispe, G., Toro-Huamanchumo, C. J., Rodríguez-Morales, A. J., Hernández, A. V., & Benites-Zapata, V. A. (2021). Prevalencia y factores asociados a la intención de vacunarse contra la COVID-19 en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 38(3), 381–390.
<https://rpmpesp.ins.gob.pe/index.php/rpmpesp/article/view/7446/4366#.YZ29FrhgvGE.mendeley>
- Jahre, M., Dumoulin, L., Greenhalgh, L. B., Hudspeth, C., Limlim, P., & Spindler, A. (2012). Improving health in developing countries: reducing complexity of drug supply chains. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(1), 54–84.
<https://doi.org/10.1108/20426741211226000>

- Johnson, K. H. (2021). Joining forces to administer COVID-19 vaccines. *Journal of Osteopathic Medicine*, 121(4), 429–430. <https://doi.org/10.1515/jom-2021-0034>
- Kim, D., Pekgün, P., Yildirim, İ., & Keskinocak, P. (2021). Resource allocation for different types of vaccines against COVID-19: Tradeoffs and synergies between efficacy and reach. *Vaccine*, 39(47), 6876–6882. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.10.025>
- Klise, K., & Bynum, M. (2020). *Facility Location Optimization Model for COVID-19 Resources*. April, 1–4.
- Krzysztofowicz, S., & Osińska-Skotak, K. (2021a). The use of gis technology to optimize covid-19 vaccine distribution: A case study of the city of warsaw, poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18115636>
- Krzysztofowicz, S., & Osińska-Skotak, K. (2021b). The Use of GIS Technology to Optimize COVID-19 Vaccine Distribution: A Case Study of the City of Warsaw, Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5636. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115636>
- Malmir, B., & Zobel, C. W. (2021). An applied approach to multi-criteria humanitarian supply chain planning for pandemic response. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 11(2), 320–346. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-08-2020-0064>
- Marchildon, G. P. (2021). The rollout of the COVID-19 vaccination: what can Canada learn from Israel? *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13584-021-00449-x>
- Munguía-López, A. C., & Ponce-Ortega, J. M. (2021). Fair Allocation of Potential COVID-19 Vaccines Using an Optimization-Based Strategy. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 5(1), 3–12. <https://doi.org/10.1007/s41660-020-00141-8>
- Nugraha, R. R., Miranda, A. V., Ahmadi, A., & Lucero-Prisno, D. E. (2021). Accelerating Indonesian COVID-19 vaccination rollout: a critical task amid the second wave. *Tropical Medicine and Health*, 49(1). <https://doi.org/10.1186/s41182-021-00367-3>
- Perry, M., Akbari, A., Cottrell, S., Gravenor, M. B., Roberts, R., Lyons, R. A., Bedston, S., Torabi, F., & Griffiths, L. (2021). Inequalities in coverage of COVID-19 vaccination: A population register based cross-sectional study in Wales, UK. *Vaccine*, 39(42), 6256–6261. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.09.019>
- Rastegar, M., Tavana, M., Meraj, A., & Mina, H. (2021). An inventory-location optimization model for equitable influenza vaccine distribution in developing countries during the COVID-19 pandemic. *Vaccine*, 39(3), 495–504. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.12.022>
- Rosen, B., Waitzberg, R., & Israeli, A. (2021). Israel's rapid rollout of vaccinations for COVID-19. *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13584-021-00440-6>
- Sbarra, A. N., Rolfe, S., Nguyen, J. Q., Earl, L., Galles, N. C., Marks, A., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abbastabar, H., Abd-Allah, F., Lim, S. S., & Mosser, J. F. (2021). Mapping routine measles vaccination in low- and middle-income countries. *Nature*, 589(7842), 415–419. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03043-4>
- Sinha, P., Kumar, S., & Chandra, C. (2021). Strategies for ensuring required service level for COVID-19 herd immunity in Indian vaccine supply chain. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.03.030>
- Stein-Zamir, C., & Rishpon, S. (2021). The National Immunization Technical Advisory Group in Israel. *Israel Journal of Health Policy Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13584-021-00442-4>
- Warnier, M., Alkema, V., Comes, T., & Van de Walle, B. (2020). Humanitarian access, interrupted: dynamic near real-time network analytics and mapping for reaching communities in disaster-affected countries. *OR Spectrum*, 42(3), 815–834. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00582-0>
- Wentzell, E., & Racila, A.-M. (2021). The social experience of participation in a COVID-19 vaccine trial: Subjects' motivations, others' concerns, and insights for vaccine promotion. *Vaccine*, 39(17), 2445–2451. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.03.036>

Yang, Y., Bidkhori, H., & Rajgopal, J. (2021). Optimizing vaccine distribution networks in low and middle-income countries. *Omega (United Kingdom)*, 99.

<https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102197>

Zain Rashid, A. H., Abdul Rasam, A. R., Idris, A. N., Adnan, N. A., & Othman, F. (2019). Online Mapping and GIS Mobile Healthcare Systems for Intensifying Low-and-Middle-Income Community Accessibility. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 385(1).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/385/1/012038>

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Optimization Model for Planning the Logistical Response to COVID-19 Vaccination.
- **Autores:** Hugo Fabrizio Cobos Valdez, Miguel Angel Arellano Alcaide.
- **Co autor(es):** José Antonio Taquia Gutiérrez.

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** IEOM SOCIETY
- **Volumen:** 12
- **Número:** 3
- **Año:** 2022
- **Pp:** 2228-2237
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**
 - <https://doi.org/10.46254/EU05.202204422>
 - ISSN / E-ISSN: 2169-8767
 - ISBN: 978-1-7923-9161-3

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** Proceedings of the 5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Rome, Italy, July 26-28, 2022
- **Organizador:** Sapienza University of Rome
- **Sede:** Roma
- **Año:** 2022
- **Pp:** 2228-2237
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**
 - <https://doi.org/10.46254/EU05.202204422>
 - ISSN / E-ISSN: 2169-8767
 - ISBN: 978-1-7923-9161-3

Arellano_Logistica_SJL_Castellano

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

eprints.rclis.org

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Cliffside Park High School

Trabajo del estudiante

2%

3

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.cnn.com

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

1%

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 1%