

Nearshoring: Oportunidades y desafíos para las economías de la región

Nearshoring: Opportunities and Challenges for economies of the region

María Fernanda Cortina-León⁸

Jesús Escalante-Euán^{9, 10}

Ileana Monsreal-Barrera¹¹

José Castillo-Caamal¹¹

Jorge Lugo-Jiménez¹²

Resumen

Este estudio presenta un modelo integral de optimización de instalaciones que busca mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar la asignación de recursos. Los resultados de la investigación suponen hallar la ubicación óptima de una instalación tal que, minimice los costos, maximice recursos, su accesibilidad o logre un equilibrio entre criterios competitivos. Los resultados indican que el modelo de optimización propuesto tiene el potencial de generar beneficios significativos mediante una combinación de la reorganización espacial y su asignación estratégica al mejorar el aprovechamiento de sus variables, logrando un flujo óptimo al reducir la congestión o riesgos en la cadena de suministro o abastecimiento.

Este modelo de optimización de instalaciones ofrece un enfoque

⁸ Consultora independiente.

⁹ Cuerpo Académico de Competitividad e Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán.

¹⁰ Autor para correspondencia:jesus.escalante@correo.uady.mx

¹¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.

¹² Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán.



sistemático para mejorar la eficiencia operativa y la utilización de recursos, permitiendo a las organizaciones mantener ventajas competitivas eficaces en un entorno empresarial global en constante evolución.

Palabras clave: Localización; Optimización; Modelación, Cadena de suministro

Abstract

This research presents a comprehensive facility optimization model to improve operational efficiency, reduce costs and optimize resource allocation. The results involve identifying the optimal location that minimizes costs, maximizes resources, their accessibility or achieves a balance between competitive criteria. The results indicate that the proposal has the potential to generate significant benefits through a combination of spatial reorganization and its strategic allocation by improving the use of its variables, achieving optimal flow by reducing congestion or risks in the supply chain. This facility optimization model offers a systematic approach to improve operational efficiency and resource utilization, allowing organizations to maintain effective competitive advantages in a constantly evolving global business environment.

Key words: Location; optimization, modeling, supply chain.

Introducción

Aunque el concepto del Nearshoring ya se ha estado desarrollando en México desde hace varias décadas con empresas de manufactura de la industria automotriz y textil de acuerdo a las lecciones aprendidas de Garrido (1), cuando queremos explicar el Nearshoring, tenemos que remontarnos de manera breve a las teorías de localización industrial de Alfred Weber (2), en donde planteaba ciertos factores fundamentales para la ubicación de una industria en un plano geográfico minimizando los costos de transportación con respecto a las distancias de la ubicación de la materia prima, la producción y el mercado meta (consumidor final).

Los recursos naturales son limitados y están distribuidos geográficamente en diferentes puntos del globo terráqueo, dando ventajas y desventajas a las diferentes regiones en los procesos de producción industrial. Las ubicaciones de dichos recursos, entre otros factores de acuerdo con Sule (3), forman parte de la toma de decisión de la localización de una industria, planta o fábrica. Los factores a considerar para la estructura de una matriz de riesgo de localización dependen de cada industria. Se le llaman factores críticos a aquellos que son vitales para la operación de fábrica, como pueden ser; la energía eléctrica, la materia prima, la mano de obra, la seguridad en la región. Otros factores son los objetivos y subjetivos que se integran a la estructura de una matriz de riesgo. Los factores objetivos se refieren a todo aquello cuantitativo, es decir, lo que se puede medir como el costo del terreno o lote, costo del transporte, costo de la mano de obra, costo de energía eléctrica, etcétera. Mientras que los factores subjetivos son de tipo cualitativos, los que pueden afectar a la industria en su ubicación, por ejemplo, el impacto ambiental, el clima social y político, la accesibilidad a la infraestructura, servicios de comunicaciones, las instituciones educativas de la región entre otras como refieren Sule y Stephens (3,4).

Una de las primeras estrategias de la globalización industrial para reducir costos en la cadena de valor de producción, es la deslocalización de procesos y funciones. Ubicando instalaciones, plantas o fábricas en países lejanos al mercado final, donde la mano de obra es más barata, la materia prima se encuentra, o algún otro beneficio de reducción de costo de producción ofrece al estar en aquella región. A ésta estrategia de deslocalización de procesos es conocida como *offshoring* véase Rahman (5).

Sin embargo, durante la pandemia del COVID19 (6) la industria manufacturera enfrentó afectaciones en sus cadenas de suministro y distribución global, no sólo por el paro de su producción, sino también por las distancias de traslado no recorridas de sus mercancías o el requerimiento de materia prima por el confinamiento y cierre de fronteras.

Adicionalmente, las tensiones mundiales geopolíticas por el poder económico entre China y Estados Unidos desde 2016 así como la guerra Rusia-Ucrania dieron lugar a un nuevo cambio de pensamiento



en la reubicación de la industria y su cadena de valor. Industrias globales extranjeras asentadas en China, fueron migrando a regiones más cercanas al mercado de sus consumidores.

Este cambio de paradigma de relocalización industrial de lejanía a cercanía, se le conoce como Nearshoring de acuerdo con Guedes et al., (7) y Mayorga et. al (8) siendo una estrategia de relocalización de instalaciones cercanas del lugar de producción al mercado del consumidor.

Entre sus objetivos es mitigar el riesgo de disrupción en sus cadenas de suministros y de valor, minimizar costos y tiempos de traslados y aprovechar ventajas competitivas como tratados comerciales y estímulos fiscales. Existen también otros factores que influyen en la toma de decisiones del Nearshoring además de los criterios mencionados; críticos, objetivos y subjetivos, como la evaluación de la geografía territorial del lugar, el costo de la tierra, la estabilidad económica de la región, la accesibilidad a los servicios públicos, la infraestructura requerida para el transporte carretero o multimodal, la mano de obra suficiente y especializada, la estabilidad política, entre otros, siendo entonces un análisis multidisciplinario.

El concepto de Nearshoring puede ser visto entonces como oportunidad y desafío para México, donde su ubicación geográfica estratégica y frontera compartida de 3,125 km con Estados Unidos, mercado principal de consumidores, lo aventaja junto con el Tratado de libre comercio que comparten con América del Norte (T-MEC).

La relocalización de una industria implica una evaluación multifactorial cualitativa y cuantitativa dependiendo de los requerimientos de cada industria. Aunque el concepto del Nearshoring ya se ha estado desarrollando en México desde hace varias décadas con la ubicación de industrias de manufactura automotriz principalmente y textil, siendo la industria automotriz quien lidera como mercado principal en las regiones norte y centro de México (Figura 1), hoy en día el fenómeno toma auge nuevamente por los cambios geoeconómicos globales como señala Wahab (9).



Figura 1. Participación del Nearshoring por industria
(Fuente: <https://www.fibramty.com>)

Para explicar el proceso de asignación para la mejor ubicación de instalaciones, se requiere revisar las teorías de localización de Alfred Weber, quien destaca factores de criterio de optimización en la cadena productiva, desde el sitio donde se obtiene la materia prima hasta la entrega al consumidor final. Se le llaman factores críticos o determinantes a aquellos que son vitales para la operación de la fábrica, como pueden ser; la energía eléctrica, la materia prima, la mano de obra, la seguridad en la región.

Otros factores a considerar son los objetivos y subjetivos que se integran a la estructura de una matriz de riesgos. Los factores objetivos se refieren a todo aquello cuantitativo, es decir, lo que se puede medir como el costo del terreno o lote, costo del transporte, costo de la mano de obra, costo de energía eléctrica, etcétera. Mientras que los factores subjetivos son de tipo cualitativos, los que pueden afectar a la industria en su ubicación, por ejemplo, el impacto ambiental, el clima social y político, la accesibilidad a la infraestructura, servicios de comunicaciones, las instituciones educativas de la región entre otras.

Las técnicas matemáticas y computacionales son usadas como herramientas para hallar las soluciones óptimas al problema de maximizar recursos así como optimizar la ubicación. El acopio de la información de los factores o matrices de riesgos al problema en cuestión de localización, la identificación de su objetivo (función objetivo) y el

establecimiento de las restricciones del problema, se da por medio de una evaluación cualitativa y cuantitativa como señalan Rodríguez y Li et. al. (10,11).

Entre los modelos de localización que se pueden aplicar se encuentran el modelo simple de Weber ya mencionado, que minimiza costos de transporte y producción, modelo de Hotelling que maximiza la demanda en un mercado con dos proveedores, modelo de Lösh analiza ubicación con respecto a los competidores y la demanda, modelo de Perroux, analiza ubicación con respecto a áreas de desarrollo económico, el modelo P-median que minimiza costos y distancias entre los nodos de la demanda, modelo de localización para costes mínimos (criterio carga-distancia), modelo para localización con capacidad limitada, modelos de análisis multicriterio aplicados y el modelo de localización de Gibson y Brown (11–13).

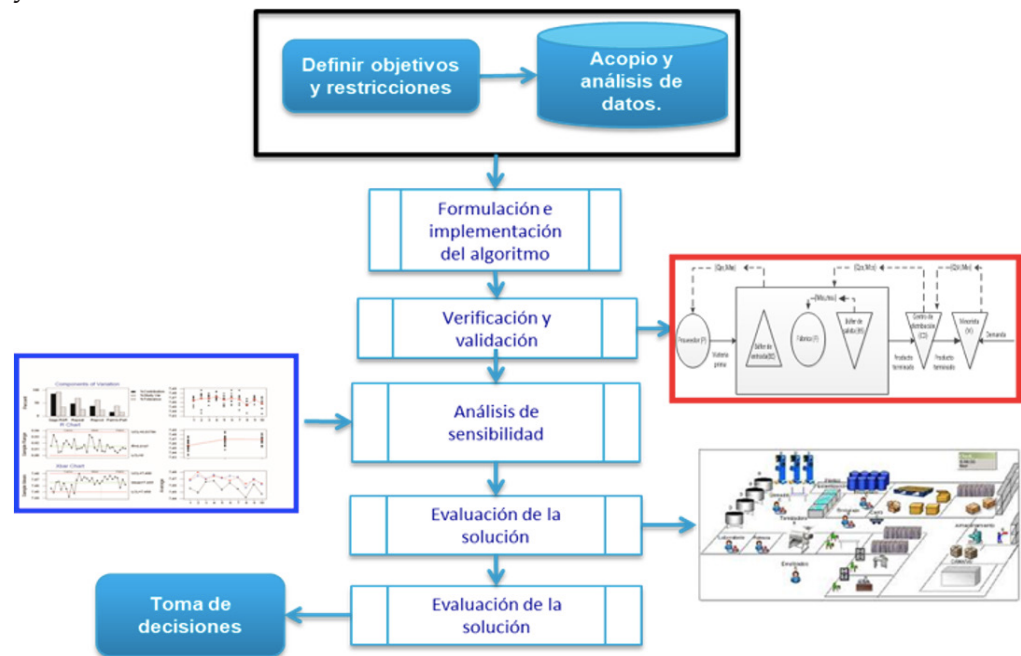


Figura 2. Enfoque sistemático para el análisis de la localización.

Supongamos que una empresa de manufactura toma la decisión de relocalizar dos instalaciones como estrategia de Nearshoring (cercanía producción- mercado final), para satisfacer la demanda de su producto a sus principales clientes.

Una vez identificada la posible región recolecta la información necesaria, es decir, los factores que intervienen en la decisión para estructurar su matriz de riesgo, restricciones y fijar su objetivo (función objetivo).

Se quiere minimizar la distancia y los riesgos de cobertura de la demanda de sus clientes desde las dos instalaciones relocalizadas o existentes. La toma de decisión se basa en los factores: la distancia entre las posibles ubicaciones geográficas de la instalación y la ubicación de la demanda (mercado meta), la matriz de riesgo o factores asociados a cubrir dicha demanda, así como la existencia de la instalación para ello. Se utiliza programación en R para el proceso estadístico de la información y geoestadística con R como herramienta de visualización para el mapeo de datos ubicando zonas de riesgo con su peso asignado.

En la primera etapa se define el objetivo (función objetivo) del problema junto con los análisis previos que refieren la identificación y cuantificación de los factores o riesgos que intervienen con sus restricciones. El objetivo del problema en cuestión es entonces minimizar la distancia total entre cada cliente y la instalación más cercana. Donde matemáticamente se expresa como:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} d_{ij}$$

Siendo:

x_{ij} una variable binaria que es igual a 1 si el cliente i está asignado a la instalación j , y 0 en caso contrario.

d_{ij} la distancia entre el cliente i y la instalación j .

Paso 1. Identificar los factores determinantes o críticos, así como los secundarios (objetivos y subjetivos) o su matriz de riesgo asociado al problema para su clasificación y posteriormente definición como variables numéricas (cuantitativas) de la función objetivo, las restricciones y sus factores o riesgos.

Paso 2. Acopio y análisis de datos para la asignación del modelo de localización. Se realiza análisis geoespacial para identificar posibles ubicaciones y recolección de los factores o riesgos.

Paso 3. Formulación e Implementación del algoritmo. Se formula un algoritmo inicial, programado bajo el lenguaje de R (GLPK Simplex



Optimizer; v4.65) y para ejecutar las rutinas de cálculo se utiliza las librerías: ompr.roi y ROI.plugin.glpk. El planteamiento del algoritmo incluye la función objetivo de optimizar, las restricciones y los factores que deben satisfacerse.

Paso 4. Verificación y validación. Se comprueba la exactitud o integridad de los datos que cumplan con los criterios.

Paso 5. Análisis de Sensibilidad. Se aplica análisis de sensibilidad para medir la variación en los parámetros de entrada y en las restricciones.

Paso 6. Evaluación de la Solución de sensibilidad. Se evalúa cómo afecta el resultado del análisis de sensibilidad para la solución óptima y comprender su solidez.

Paso 7. Evaluación Solución óptima. Se evalúa la calidad de la solución obtenida en términos de los objetivos y restricciones de optimización. Se comparan los resultados con escenarios de referencia o estándares de la industria para evaluar la efectividad de las ubicaciones optimizadas de las instalaciones.

Paso 8. Toma de decisiones. El resultado se basa en la optimización de sus recursos y disponibilidad de sus factores críticos y secundarios mitigando riesgos de disrupción en sus cadenas productivas. La visualización de los datos de las mejores ubicaciones se grafican por medio de las coordenadas espaciales utilizando geoestadística con R, aportando una gráfica visual (gráficas RStudio) con cada uno de sus pesos de riesgo dando mayor visibilidad a la solución óptima y toma de decisión (Figura 3).

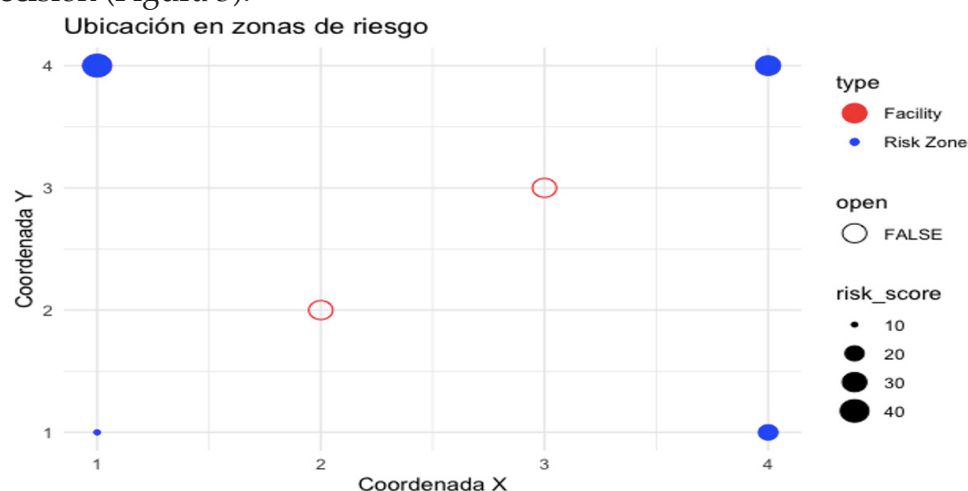


Figura 3. Ejemplo de visualización de ubicaciones con geoestadística en R

La etapa de supervisión y adaptación de las ubicaciones de las instalaciones a lo largo del tiempo se puede plantear como mejora continua ya que a medida que cambien factores como los patrones de demanda, los costos y las regulaciones, perfeccionará la metodología de optimización para uso futuro.

Conclusiones

El fenómeno actual del nearshoring ofrece ventajas competitivas para las industrias relocalizadas incrementando su eficiencia productiva, reduciendo costos y mejorando su capacidad de respuesta ante la demanda de su mercado meta. Los factores que influyen en la toma de decisión de su ubicación en una región son: la reducción de tiempos de traslados de mercancía, reducción de costos en transporte, bajo costo de mano de obra, ventajas fiscales, tratados comerciales, homogeneidad en husos horarios seguridad regional, infraestructura, accesibilidad a medios de transporte multimodal entre otros.

La representación matemática y el proceso de los datos de todas estas variables cualitativas y cuantitativas con modelos de optimización de localización por medio de programas computacionales son una herramienta muy importante a considerar para la toma final de la decisión de relocalización de la industria en cuestión.

Su identificación y representación matemática de los criterios multifactoriales que intervienen en la decisión del lugar geográfico óptimo de una instalación pueden ser planteados por medios de algoritmos matemáticos y modelados con herramientas de programación de análisis de datos como lo es el lenguaje estadístico en R y geoestadístico con R para su mapeo o visualización gráfica. Determinar la ubicación óptima de nuevas industrias puede tener un impacto social positivo al generar empleo, dinamizar la economía local, mejorar el acceso a bienes y servicios, revitalizar áreas desfavorecidas, fomentar el desarrollo comunitario, promover la inclusión social y reducir el impacto ambiental. La identificación de ubicaciones potenciales para nuevas entidades comerciales implica un proceso detallado que comienza con el análisis del mercado objetivo y la recopilación de datos geoespaciales relevantes. Finalmente, se priorizan y seleccionan las ubicaciones más adecuadas en función de criterios requeridos como la idoneidad para el público



objetivo, el potencial de crecimiento y la rentabilidad esperada. Este proceso garantiza una toma de decisiones informada y estratégica en la identificación de la ubicación óptima o relocalización de una industria. La relocalización de la industria como estrategia empresarial representa una alternativa convincente ya que ofrece una variedad de oportunidades que pueden mejorar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la colaboración.

Sin embargo, también conlleva su propio conjunto de desafíos que las empresas deben abordar con cuidado. Al evaluar minuciosamente los posibles beneficios y riesgos e invertir en los recursos necesarios para superar los desafíos, las empresas pueden aprovechar la deslocalización para obtener una ventaja competitiva en el mercado global. A medida que la economía global continúa evolucionando, es probable que siga siendo una estrategia fundamental para optimizar sus operaciones y mantenerse por delante de la competencia.

Referencias

- [1] Garrido C. México en la fábrica de América del Norte y el nearshoring 2022.
- [2] Wang W, Wu S, Wang S, Zhen L, Qu X. Emergency facility location problems in logistics: Status and perspectives. *Transp Res E Logist Transp Rev* 2021;154.
- [3] Sule DR. Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design, Third Edition. *Manufacturing Facilities* 2008.
- [4] Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2013). *Manufacturing facilities design and material handling*. Purdue University Press.
- [5] Rahman HU, da Silva AR, Alzayed A, Raza M. A Systematic Literature Review on Software Maintenance Offshoring Decisions. *Inf Softw Technol* 2024;172:107475.
- [6] Rodríguez-Espíndola O, Ahmadi H, Gastélum-Chavira D, Ahumada-Valenzuela O, Chowdhury S, Dey PK, et al. Humanitarian logistics optimization models: An investigation of decision-maker involvement and directions to promote implementation. *Socioecon Plann Sci* 2023;89.
- [7] Guedes J, Pereira L. Nearshore business model: exploring the benefits, risks, challenges, and success factors from multiple case studies. *International Journal of Innovation and Sustainable Development* 2024;18:441–65.
- [8] Manuel Piedra Mayorga V, Miguel Ángel Vázquez Alamilla M, Raúl Rodríguez Moreno M, María Eugenia Alcántara Hernández M, Miriam Leilani Piedra Guzmán M, José Wiliulfo Hernández Gálvez M. El Impacto del Nearshoring en México: Una Oportunidad Competitiva. *Ciencia latina Org* n.d.
- [9] Wahab SN, Ahmed N, Uzir MUH. Healthcare Supply Chain System Challenges and Mitigation Measures: A Systematic Review of Qualitative Evidence. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal* 2023;16:164–76.
- [10] Rodríguez-Espíndola O, Ahmadi H, Gastélum-Chavira D, Ahumada-Valenzuela O, Chowdhury S, Dey PK, et al. Humanitarian logistics optimization models: An investigation of decision-maker involvement and directions to promote implementation. *Socioecon Plann Sci* 2023;89.



- [11] Li G, Liu J, Giordano A. Robust optimization of construction waste disposal facility location considering uncertain factors.
- [12] Chandra S, Sarkhel M, Vatsa AK. Capacitated facility location–allocation problem for wastewater treatment in an industrial cluster. *Comput Oper Res* 2021;132.
- [13] Bal A, Badurdeen F. A multi-objective facility location model to implement circular economy. *Procedia Manuf* 2020;51:1592–9.