

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

**Instituto Tecnológico de León**

**ANTEPROYECTO DOCTORAL**

Métodos de optimización multiobjetivo híbridos aplicados al problema de secuenciación de automóviles

**Enfoque híbrido de técnicas de optimización para el problema de secuenciación de autos**

**QUE PRESENTA:**

Javier Iván Manzanares Cuadros

**ASESOR O ASESORA:**

Dr.Sc. Héctor Puga Soberanes

**León, Guanajuato Fecha: octubre de 2018**

**Resumen**

**Palabras claves**

Secuenciación de autos, multiobjetivo, Pareto

**Abstract**

**Keywords**

Índice general

[Antecedentes 3](#_Toc516783335)

[Metodología 4](#_Toc516783336)

[Planteamiento del problema 4](#_Toc516783337)

[Justificación 4](#_Toc516783338)

[Objetivo general 5](#_Toc516783339)

[Objetivos específicos 5](#_Toc516783340)

[Pregunta de investigación 5](#_Toc516783341)

[Hipótesis 5](#_Toc516783342)

[Variables 5](#_Toc516783343)

[Herramientas 5](#_Toc516783344)

[Aparatos 5](#_Toc516783345)

[Materiales o instrumentos 6](#_Toc516783346)

[Tipo de estudio o diseño 8](#_Toc516783347)

[Procedimiento 8](#_Toc516783348)

[Método de análisis 8](#_Toc516783349)

[Interpretación de los datos 8](#_Toc516783350)

[Recursos 8](#_Toc516783351)

[Cronograma 8](#_Toc516783352)

[Índice tentativo del trabajo 8](#_Toc516783353)

[Anexos o apéndices 8](#_Toc516783354)

[Referencias Bibliográficas 8](#_Toc516783355)

# Antecedentes

La fabricación de cualquier producto que se compra hoy día, por ejemplo, un automóvil, comprende una compleja serie de procesos de transformación; para entender esta complejidad es importante la comprensión de los términos utilizados en la administración de operaciones y cadena de suministros.

Por *operaciones* se entienden los procesos de manufactura, servicio y atención médica mediante los cuales los recursos de una empresa se transforman en los productos deseados por los clientes. Por cadena de suministros nos referimos a procesos que desplazan información y material con destino y origen en los procesos de manufactura y servicios de la empresa [1].

Otro elemento importante que considerar dentro de los procesos de transformación es la planeación de la oferta y la demanda ya que permite coordinar las operaciones y la cadena de suministros, al pronosticar la demanda, controlar inventarios y programar procesos de producción periódicos. Estos procesos de producción requieren de establecer la capacidad operativa, es decir, la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un periodo especifico, considerando los insumos de recursos [1]. Desde hace algunos años, se emplean árboles de decisión como una alternativa para evaluar la decisión de invertir en capacidad operativa.

Por *proceso* se alude a la parte de la empresa que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los insumos originales. Un proceso puede constar de una sola etapa o de varias etapas, y puede estar dirigido a fabricar por pedido, para existencias o ambos [1].

Las empresas desean minimizar aspectos como el tiempo necesario para responder el pedido de un cliente, buscando el punto exacto donde poder ubicar su inventario para permitir que los procesos o entidades de la cadena de suministro operen en forma independiente, a sabiendas de que la fabricación de cualquier objeto requiere de solicitar a un proveedor las piezas necesarias de ensamble, la manufactura física del artículo y su envió al cliente.

De los tres aspectos mencionados en el párrafo anterior, es en la manufactura donde se requiere programar procesos para los trabajadores y coordinar material y otros recursos de importancia que permitan una pronta respuesta a las peticiones de los clientes sin aumentar el costo de la producción.

Para la manufactura de cualquier producto pueden emplearse distintos formatos en la distribución de las estaciones de trabajo. Uno de estos formatos básicos es la línea de ensamble. Una línea de ensamblaje es un lugar donde los procesos de trabajo se ordenan debido a los pasos sucesivos que sigue la producción de un artículo. Para la fabricación de un producto, las piezas separadas pasan de una estación de trabajo a otra con un ritmo controlado y según la secuencia necesaria para fabricarlo. Algunos ejemplos son las líneas de ensamble de juguetes, aparatos eléctricos y automóviles.

Una línea de ensamblaje implica determinar la ubicación de departamentos,  
grupos de trabajo de los departamentos, estaciones de trabajo y puntos donde se guardan las  
existencias en una instalación productiva. El objetivo es ordenar estos elementos de manera  
que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en  
una organización de servicios).

# Metodología

## Planteamiento del problema

Actualmente se usan en la industria procesos de producción para hacer la mayoría de las cosas que adquirimos, desde un DVD hasta un automóvil. Según el artículo que se produzca, los procesos de producción pueden ser complejos y extensos; por lo que las empresas se ven en la necesidad de organizar estos procesos para reducir al mínimo el costo sin dejar de satisfacer las prioridades competitivas necesarias para atraer pedidos de clientes. Esta necesidad dio origen a multitud de problemas industriales, uno de ellos es, el problema de secuenciación de automóviles.

El problema de secuenciación de automóviles tiene sus orígenes a mediados de la década de los años 80’s y es altamente combinatorio; se desprende de un conjunto de problemas más general denominado problemas de línea de ensamblaje de modelado mixto; donde se busca equilibrar la línea de ensamblaje con un modelo mixto, lo que implica, programar varios modelos que se producirán en un día o semana en una misma línea de manera cíclica para satisfacer la demanda de diversos productos y evitar que se formen inventarios grandes. En el caso particular de la secuenciación de automóviles, se requiere de la mejor programación de modelos diferentes de automóviles a lo largo de una línea de ensamblaje con limitaciones de capacidad fuertes y débiles.

El problema industrial de secuenciación de automóviles ha evolucionado con el paso de los años, de tal forma, que difiere del problema estándar en que se analizan las limitaciones de capacidad impuestas por más de un taller; transformando el problema de mono objetivo a multi objetivo.

El primer acercamiento de tratar este problema multi objetivo fue el fabricante de automóviles, Renault, el cual propuso usar un método de suma ponderada que combina estos tres objetivos en una sola función asignando pesos sustancialmente diferentes a cada objetivo de acuerdo con una escala de prioridad. Alternativamente, estos objetivos se pueden optimizar en orden lexicográfico mediante el cual NCC / ARC / BRC, HRC / NCC / LRC y HRC / LRC / NCC son combinaciones factibles.

El resultado de tal tratamiento es que las soluciones obtenidas se agrupan alrededor algunas áreas restringidas del espacio de búsqueda y se eliminan varias soluciones de interés para los fabricantes

Es por ello por lo que, en las publicaciones más recientes, los investigadores están optando por implementar métodos de optimización multiobjetivo.

## Justificación

## Objetivo general

Desarrollar un nuevo algoritmo Multiobjetivo de Pareto implementado técnicas exactas y metaheurísticas en su construcción, que mejore los resultados obtenidos para instancias del problema de secuenciación de automóviles

## Objetivos específicos

* Analizar del estado del arte métodos de optimización multi objetivo que implementen técnicas exactas y heurísticas en su construcción.
* Adaptar los métodos de optimización multi objetivo analizados para ser utilizados en el problema de secuenciación de automóviles.
* Implementación de los métodos de optimización multi objetivo recopilados y adaptados, a diversos benchmark del problema de secuenciación de automóviles.
* Evaluar el desempeño de los métodos de optimización multi objetivo.
* Estudiar el estado de avance actual de los *algoritmos híbridos* -algoritmos que combinan técnicas de programación matemática con ideas basadas en meta heurística-.
* Evaluar las ventajas de los *algoritmos híbridos* que usan meta heurística para mejorar el rendimiento de los solucionadores de *programación matemática* versus las ventajas de los algoritmos híbridos donde la meta heurística es la solución maestra y las técnicas de *programación matemática* se utilizan para resolver los sub problemas que surgen en el proceso de búsqueda versus utilizar técnicas de descomposición, que originalmente fueron concebidas como herramientas para la optimización exacta, como marcos meta heurísticos.
* Evaluar las ventajas de los algoritmos de optimización multi objetivo en sentido de Pareto versus estrategia de conjunto no dominados conceptos centrales de la optimización *multi objetivo*.
* Proponer mejoras a los algoritmos de optimización multi objetivo hibrido.
* 5. Proponer mejoras a los algoritmos del tipo MOPSO (Multi -
* Objective Particle Swarm Optimization), comparando los
* resultados con metaheurísticas representativas del estado del arte.
* 6. Diseñar, desarrollar e implementar una herramienta de software
* para optimizar la atención domiciliaria de una empresa de
* emergencias médicas, basada en metaheurísticas evolutivas
* multi-objetivo.

## Pregunta de investigación

¿Qué tan efectivo es la implementación de técnicas exactas y metaheurísticas en las diferentes etapas de la metodología de optimización multiobjetivo empleando Sentido de Pareto como método de asignación de la aptitud aplicada al problema de secuenciación de automóviles?

## Hipótesis

Empleando hibridación de técnicas exactas y heurísticas para la construcción de algoritmos de optimización multiobjetivo, es posible mejorar su desempeño para el problema de secuenciación de automóviles.

## Variables

**Dependientes**

* El desempeño de los métodos de optimización multiobjetivo híbridos.

**Independientes**

* El problema de secuenciación de automóviles.
* El método de optimización multiobjetivo.

## Herramientas

A determinarse en el transcurso del doctorado

## Aparatos

A determinarse en el transcurso del doctorado

## Materiales o instrumentos

**Benchmark de la ROADEF 2005**

Creadas por el fabricante de automóviles RENAULT para el desafío presentado por la Sociedad Francesa de Investigación de Operaciones y Análisis de Decisión en el marco de su conferencia anual en 2005 [2].

RENAULT proporciona problemas con restricciones de capacidad de alta prioridad, que son "fáciles de satisfacer" o "difíciles de satisfacer".

Se considera que un problema tiene restricciones de capacidad de alta prioridad fáciles de satisfacer si se genera una secuenciación para la producción del día sin ninguna violación de las restricciones de capacidad.

Se considera que un escenario tiene restricciones de capacidad de alta prioridad difíciles de satisfacer si no se puede generar una secuenciación para la producción del día sin ninguna violación de las restricciones de capacidad de alta prioridad, por ejemplo

Un caso que sirve para ejemplificar lo anterior sucede cuando el número de vehículos restringidos sobrepasa las restricciones de relación: por ejemplo, el día de producción contiene el 25% de vehículos restringidos y existe una restricción de relación de nivel de alta prioridad de 1/5.

Conformado por 3 conjuntos de problemas. Cada problema representa datos de producción de una fábrica. La misma fábrica se puede usar para producir varios problemas. La estructura de cada problema es la siguiente:

- Restricciones de capacidad de alta prioridad

- Restricciones de capacidad de baja prioridad

- La limitación en el tamaño de lote superior de lotes de color de pintura

- Vehículos del día de producción D y los últimos vehículos programados del día de producción D-1 (hay D en Max- 1 vehículo del día de producción D-1, con D en Max como máximo de denominadores de restricciones de capacidad).

- Un vehículo está definido por: un identificador, la fecha del día de producción (fecha D o fecha D-1), el color de la pintura y una bandera (0/1) para cada restricción de capacidad, que indica si el vehículo está asociado o no, con la restricción de capacidad, el rango de secuencia programado por RENAULT.

- La clasificación de los objetivos de optimización.

Algunos problemas pueden no contener ninguna restricción de capacidad de baja prioridad. Algunas fábricas pueden dar una alta prioridad a todas sus restricciones de capacidad.

La estructura de archivos de cada problema es un directorio que contiene los siguientes archivos:

* Archivo de restricciones en el tamaño de lote superior de lotes de color de pintura (*paint\_batch\_limit.txt*)
* El archivo de objetivos de optimización (*optimization\_objectives.txt*) contiene la clasificación de los objetivos de optimización, desde el objetivo con el nivel de prioridad más alto hasta el objetivo con el nivel de prioridad más bajo.
* El archivo de restricciones de capacidad (*ratios.txt*) contiene restricciones de alta prioridad y de baja prioridad. Cada restricción de capacidad se define mediante una relación N/P, una bandera de prioridad (1 = alta prioridad, 0 = baja prioridad) y un identificador (el rango de la restricción de capacidad)
* El archivo de vehículos (*vehículos.txt*) contiene vehículos del día de producción D y los últimos vehículos programados para el día de producción D-1

Todo son archivos de texto ASCII delimitados por punto y coma.

**Benchmark´s de CSPLib**

* Propuesto por Barbara Smith, está conformado por un conjunto de problemas generados aleatoriamente, cada uno con 100 autos, donde las restricciones de capacidad en las estaciones es alto, por lo que estos problemas son relativamente difíciles de resolver, al menos dos no tienen solución. [3]

Las instancias fueron utilizadas en diversos publicaciones [4–8]. Han sido diseñadas para manejar como máximo un cierto porcentaje de los autos que pasan a lo largo de la línea de ensamblaje. Además, los automóviles que requieren una determinada opción no deben agruparse, de lo contrario la estación no podrá arreglárselas. En consecuencia, los automóviles se deben organizar en una secuencia para que nunca se exceda la capacidad de cada estación. Por ejemplo, si una estación en particular solo puede hacer frente a la mitad de los autos que pasan a lo largo de la línea, la secuencia debe ser construida de modo que como máximo 1 automóvil de cada 2 requiera esa opción.

El formato de los archivos de datos es el siguiente:

* En la primera línea del archivo:
  + número de automóviles;
  + número de opciones;
  + numero de clases
* En la Segunda línea:
  + para cada opción, la cantidad máxima de automóviles con esa opción en un bloque.
* Tercera línea:
  + para cada opción, el tamaño del bloque al que se refiere el número máximo.
* Luego, para cada clase se tiene el número de índice; el número no. de autos en esta clase; para cada opción, ya sea que esta clase lo requiera (1 o 0).

Este repositorio cuenta con otro benchmark propuesto por Caroline Gagne, conformado por 30 problemas generados aleatoriamente para 200, 300 y 400 autos.

## Tipo de estudio o diseño

Diseño experimental puro.

## Procedimiento

Pendiente.

## Método de análisis

Pendiente

## Interpretación de los datos

Pendiente

# Recursos

* PC de escritorio Gaming Lenovo Legion Y520T-25, i7, 16 GB, 1 TB, GTX 1050Ti 4 GB
* Monitor PC 60,96 cm (24'') Gaming LG 24MP59G-P Full HD Panel IPS PC
* Tarjeta gráfica NVIDIA Titan V

# Cronograma

# Índice tentativo del trabajo

# Anexos o apéndices

Glosario de administración de operaciones y cadena de suministros

Referencias Bibliográficas

[1] R. B. Chase, F. R. Jacobs, J. H. Romo Muñoz, P. Mascaró Sacristán y M. E. Mauri Hernández, *Administración de Operaciones [recurso electrónico]: Producción y cadena de suministros*. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V, 2014.

[2] P. Chutima y S. Olarnviwatchai, “A multi-objective car sequencing problem on two-sided assembly lines,” *J Intell Manuf*, vol. 31, no. 10, p. 2447, 2016. doi: 10.1007/s10845-016-1201-6

[3] Barbara Smith, “{CSPLIB} Problem 001: Car Sequencing,” {CSPLib}: A problem library for constraints. [Online]. Disponible en http://www.csplib.org/Problems/prob001.

[4] C. Solnon, D. van Cung, A. Nguyen y C. Artigues, “The car sequencing problem: Overview of state-of-the-art methods and industrial case-study of the ROADEF’2005 challenge problem,” *European Journal of Operational Research*, vol. 191, no. 3, pp. 912–927, 2008. doi: 10.1016/j.ejor.2007.04.033

[5] C. Solnon, “Combining two pheromone structures for solving the car sequencing problem with Ant Colony Optimization,” *European Journal of Operational Research*, vol. 191, no. 3, pp. 1043–1055, 2008. doi: 10.1016/j.ejor.2007.04.037

[6] M. Siala, E. Hebrard y M.-J. Huguet, “An optimal arc consistency algorithm for a particular case of sequence constraint,” *Constraints*, vol. 19, no. 1, pp. 30–56, 2014. doi: 10.1007/s10601-013-9150-6

[7] M. Siala, E. Hebrard y M.-J. Huguet, “A study of constraint programming heuristics for the car-sequencing problem,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 38, pp. 34–44, 2015. doi: 10.1016/j.engappai.2014.10.009

[8] C. Artigues, E. Hebrard, V. Mayer-Eichberger, M. Siala y T. Walsh, “SAT and Hybrid Models of the Car Sequencing Problem,” en *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8451, *Integration of AI and or techniques in constraint programming: 11th International Conference, CPAIOR 2014, Cork, Ireland, May 19-23, 2014. Proceedings*, D. Hutchison, T. Kanade, J. Kittler, J. M. Kleinberg, A. Kobsa, F. Mattern, J. C. Mitchell, M. Naor, O. Nierstrasz, C. Pandu Rangan, B. Steffen, D. Terzopoulos, D. Tygar, G. Weikum y H. Simonis, eds. 1ª ed., New York: Springer, 2014, pp. 268–283.

**ENFOQUE HÍBRIDO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROBLEMA DE SECUENCIACIÓN DE AUTOS.**

Mono-Objetivo

Multi-Objetivo

CONFIGURACIONES

Complejidad NP-HARD

Instancias reales y/o sintéticas

Configuración Específica

MULTI-OBJETIVO

Es posible comparar y/o medir

Exactas (Solvers)

Mezclas de 2 heurísticas

Heurísticas

Híbridos

¿Qué hay?

2014 – ¿

Soluciones iniciales con métodos heurísticos

Soluciones iniciales con métodos exactos

Propuestas

¿Preguntas de Investigación?

Hipótesis

Parcialmente sustentada