

Número proyecto: 2016-01-1948

FRONTERAS DE LA CIENCIA

Datos Generales de la pre-propuesta

Institución:	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
Dependencia:	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
Título/Nombre del Proyecto:	LOT-SIZING Y SCHEDULING, DETERMINACIÓN ÓPTIMA DEL TAMAÑO DE LOTE Y DE LA SECUENCIACIÓN DE TAREAS
Area del S.N.I:	CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA
Palabras clave:	Secuenciación, optimización, investigación de operaciones, programación lineal
Entidad Federativa sede del proyecto:	NUEVO LEÓN
Su pre propuesta, ¿es interdisciplinaria?:	NO
¿Es catedrático?:	SI

Enlace Institucional de la pre-propuesta

Nombre:	YASMIN AGUEDA
Primer Apellido:	RIOS
Segundo Apellido:	SOLIS
SEXO:	MUJER
E-mail:	yasmin.riossls@uanl.edu.mx

Descripción de la pre-propuesta

Describir de manera sucinta la originalidad y relevancia científica

La planificación de la producción es una actividad que considera el mejor uso de los recursos de producción con el fin de satisfacer las metas de producción durante un horizonte de planificación.

La planificación de la producción abarca tres gamas de tiempo para la toma de decisiones: largo, medio y corto plazo. En la planificación a largo plazo la atención se centra en previsión de las necesidades globales e implica decisiones estratégicas tales como el tipo producto, el equipo y las opciones de proceso, ubicación de la instalación y el diseño y planificación de los recursos. La planificación a medio plazo implica la toma de decisiones sobre las necesidades de material y el establecimiento de las cantidades de producción o tamaño del lote durante el período de planificación, a fin de optimizar los criterios de rendimiento, tales como minimizar los costes globales, al mismo tiempo que el cumplimiento de los requisitos de la demanda y la satisfacción de las restricciones de capacidad existentes. Esta planificación a mediano plazo es una de las partes centrales de este proyecto y es lo que se conoce como la etapa de Lot-sizing en la literatura científica de la optimización discreta. La planificación a corto plazo implica decisiones del día a día de la programación de operaciones tales como la secuenciación de trabajos. Esta es la otra parte central de este proyecto y se le conoce como Scheduling en la literatura científica de las matemáticas de optimización discreta.

Los problemas de Scheduling son un reto para la comunidad científica tanto por su complejidad matemática como computacional. En efecto, resolver un problema de scheduling puede tomar un tiempo largo de cómputo aún para problemas con pocas operaciones por secuenciar. Es por eso que los matemáticos e ingenieros han dedicado mucho esfuerzo en las propiedades matemáticas de los problemas de scheduling para poder modelarlos además de encontrar métodos de solución viables.

En esta propuesta se busca la integración de la etapa del Lot-sizing con la del Scheduling para evitar soluciones sub-óptimas que resultan de procesos secuenciales. En efecto, la mayoría de los artículos científicos tratan o de scheduling o de lot-sizing pero muy pocos logran integrar estas dos etapas. Lo cual no es sorprendente puesto que el resultado de una integración es un modelo matemático que por lo general es cuadrático. Sin embargo, usando las propiedades matemáticas de cada problema y de sus interacciones se pueden formular modelos y algoritmos que sean eficientes, ese es el tema de esta propuesta.

Razones por los que considera que la investigación es de Fronteras de la ciencia

Desde el 2015, se han publicado al menos 17 artículos científicos en las mejores revistas de optimización discreta e investigación de operaciones, en donde aparecen los términos lot-sizing y scheduling juntos. Esto demuestra el interés hacia el tema de este proyecto por la gente de la academia. Además del interés matemático, dichos problemas tienen una aplicación en la

Descripción de la pre-propuesta

industria directa así que la mejora científica en este tema va de la mano de una mejora productiva para la economía repercutiendo directamente en la sociedad.

Sin embargo, la integración de estas dos fases de la producción está lejos de ser entendida. Como mencionado, solo los problemas de scheduling son matemáticamente complejos además de no poderse resolver instancias de tamaño razonable para la mayoría de los casos. Entonces, al juntarse los problemas de scheduling y el de lot-sizing para evitar soluciones sub-óptimas, se obtiene un problema con mayor complejidad.

Dicha complejidad se ve reflejada en la estructura del poliedro del espacio de soluciones. Al tener un poliedro ajustado a la envolvente convexa que forman las soluciones enteras del problema conjunto, podemos encontrar el óptimo más fácilmente. El problema es la aproximación a la envolvente convexa ya que nos puede tomar un tiempo finito pero muy largo (siglos). Así, lo que usualmente se hace es resolver el problema de lot-sizing y luego se ponen sus resultados como datos de entrada al problema de scheduling. Esto nos lleva a soluciones sub-óptimas.

Lo que se propone en esta propuesta es resolver los dos problemas al mismo tiempo, de forma integral, primero proponiendo nuevos modelos matemáticos reforzados con propiedades inherentes del problema integral y luego métodos de descomposición que garantizan la optimalidad de la solución.

El equipo de investigación que trabajará en este tema ya tiene trayectoria en los temas de scheduling y lot-sizing. En efecto, es una colaboración que se inició desde el 2008 entre la universidad Paris 6, Francia, la Universidad Autónoma de Nuevo León y varias empresas manufactureras. De esta colaboración se han obtenido 12 artículos indexados y 4 proyectos de vinculación con empresas.

Enlistar las publicaciones internacionales de alto impacto o de libros o capítulos de libros publicados por editoriales de reconocido prestigio internacional que considere más importantes

Uno de los libros más importantes en scheduling:

Pinedo, Michael. Scheduling. Springer, 2015. Más de 7000 citas en Google Académico.

Uno de los libros más importantes en Lot-sizing:

Pochet, Yves, and Laurence A. Wolsey. Production planning by mixed integer programming. Springer Science & Business Media, 2006. Más de 600 citas en Google Académico.

Artículos científicos indexados que unen scheduling y lot-sizing:

Descripción de la pre-propuesta

Seeanner, Florian, and Herbert Meyr. "Multi-stage simultaneous lot-sizing and scheduling for flow line production." *OR spectrum* 35.1 (2013): 33-73.

Stadtler, Hartmut, and Florian Sahling. "A lot-sizing and scheduling model for multi-stage flow lines with zero lead times." *European Journal of Operational Research* 225.3 (2013): 404-419.

Karimi-Nasab, M., and S. M. Seyedhoseini. "Multi-level lot sizing and job shop scheduling with compressible process times: a cutting plane approach." *European Journal of Operational Research* 231.3 (2013): 598-616.

Ferreira, Deisemara, et al. "Single-stage formulations for synchronised two-stage lot sizing and scheduling in soft drink production." *International Journal of Production Economics* 136.2 (2012): 255-265.

Nuestros artículos en el tema:

Kedad-Sidhoum, Safia, Yasmin Rios Solis, and Francis Sourd. "Lower bounds for the earliness¿tardiness scheduling problem on parallel machines with distinct due dates." *European Journal of Operational Research* 189.3 (2008): 1305-1316.

Rios-Solis, Yasmin A., and Francis Sourd. "Exponential neighborhood search for a parallel machine scheduling problem." *Computers & Operations Research* 35.5 (2008): 1697-1712.

Plateau, M-C., and Yasmin A. Rios-Solis. "Optimal solutions for unrelated parallel machines scheduling problems using convex quadratic reformulations." *European Journal of Operational Research* 201.3 (2010): 729-736.

Rios, Roger, and Yasmín A. Ríos-Solís, eds. *Just-in-time Systems*. Vol. 60. Springer Science & Business Media, 2011.

Ibarra-Rojas, Omar J., et al. "A decomposition approach for the piece¿mold¿machine manufacturing problem." *International Journal of Production Economics* 134.1 (2011): 255-261.

Enlistar la Formación de recursos humanos (En números generales)

Se tiene previsto un investigador postdoctoral, un estudiante de doctorado y dos estudiantes de maestría.

Pre propuesta

Descripción de la pre-propuesta

El caso secuenciación y determinación de lot-sizing con equipo auxiliar es el primero que abordaremos. En este proyecto trataremos un entorno de fabricación en serie de piezas que forman productos terminados. El objetivo es maximizar el beneficio de los productos terminados. Cada pieza puede ser procesada en más de un molde. Los moldes deben ser montados en máquinas con sus tiempos de preparación de instalación correspondientes.

Una vez que un conjunto de piezas se ha producido en una máquina, tenemos dos opciones: continuar con el procesamiento de otras piezas utilizando el mismo molde, o eliminar el molde de esta máquina. En el segundo caso, el molde se debe quitar de la máquina y uno nuevo debe ser instalado. Los moldes son pesados y con frecuencia tienen que ser movidos por las grúas, por lo tanto, esta operación requiere un gran tiempo de preparación (set up).

El punto clave de nuestra metodología será un enfoque de descomposición, donde en una primera etapa el tamaño de lote de los productos finales se determinan junto con las asignaciones de molde-máquina, lo que permite que un molde pueda ser utilizado en más de una máquina al mismo tiempo. En la segunda etapa, para cada período, determinamos si hay un programa factible de los moldes sin solapamiento, sino repetimos la etapa uno que prohíbe esta solución, repitiendo ambas etapas hasta que se encuentra un programa factible. Mostraremos una implementación de nuestro esquema de descomposición para el cual sólo unas pocas iteraciones suelen ser necesarias mediante la introducción de características de soluciones de programación dominantes en la primera etapa y mediante la introducción de algunas aceleraciones.

Así, el programa integral que resulta ser cuadrático puede ser resuelto de manera óptima y en un tiempo razonable gracias a que las propiedades matemáticas dominantes de una solución óptima se incluirán en la primera parte de la metodología. Aquí, el uso de desigualdades válidas es muy fuerte y necesario además de que generarán un aporte científico importante.

Grupo de trabajo (Incluir el nombre de cada colaborador, su núm. de CVU y las actividades que desarrollaran en el proyecto. Si tiene colaboradores del extranjero que no tienen CVU, adjunte en el texto una liga donde se pueda consultar su trayectoria académica. En caso de no contar con un grupo de trabajo, ingrese la leyenda "No Aplica")

Dra. Safia Kedad-Sidhoum, Universidad Paris 6, Francia. (<http://www-desir.lip6.fr/~safia/>)
Experta en problemas de scheduling y de lot-sizing. Su tarea será desarrollar modelos, desigualdades válidas, validar algoritmos de resolución.

Dr. Omar Ibarra Rojas, UANL, México. (CVU: X_oibarra2069)
Experto en problemas de scheduling y de lot-sizing. Su tarea será desarrollar modelos,

Descripción de la pre-propuesta

desigualdades válidas, programación de algoritmos y resultados experimentales.

Un postdoctorante.

Un estudiante de doctorado.

Dos estudiantes de maestría.

Antecedentes

Primero nos orientaremos en los problemas de scheduling que consideran tiempos de preparación entre los trabajos como el problema que queremos atacar en este proyecto. Algunos modelos se ocupan del problema con una sola máquina como en Eren (2007), Sourd (2006), y Stecco et al. (2008), otros se enfocan al caso con máquinas en paralelo como en Weng et al. (2001). Un método popular es considerar la programación de las familias de trabajos como en Chen y Powell (2003), Haase y Kimms (2000), Li et al. (2005), y Vilim (2006). Sin embargo, soluciones óptimas para estos problemas son difíciles de alcanzar.

El problema del tamaño de lote ha sido ampliamente estudiado (Quadt y Kuhn, 2008; Robinson et al., 2009). Más recientemente, Chen (2015) propone metaheurísticas para el lot-sizing capacitado de dos multi-niveles dinámico. Se han hecho intentos para integrar del tamaño de lote y la programación de tareas como en Chrétienne et al. (2011) y Hazir y Kedad-Sidhoum (2012) con una sola máquina y con secuenciación con batches. Marinelli et al. (2007) proponen la heurística para integrar las decisiones del tamaño de lote y programación en un entorno de máquina paralelas. Ninguno de estos modelos consideran equipos auxiliares.

Cuando el auxiliar equipo se considera, al igual que en Lin et al. (2002), el equipo se limita a ser instalado en no más de una máquina. Nuestros resultados experimentales preliminares muestran que, en la solución óptima, un molde puede ser instalado en más de una máquina, incluso si este comportamiento no es intuitivo. En Ibarra-Rojas et al. (2011) proponen un problema similar al que hacemos frente, sin embargo, se centran en maximizar la producción de piezas en lugar de los productos terminados. Nuestro modelo es más realista, ya que toma en cuenta que las empresas suelen vender productos finales en lugar de piezas de repuesto. Por lo tanto, a pesar de que se encuentran en un entorno similar, su modelo matemático y enfoque de solución no se adaptan fácilmente a nuestro caso. De hecho, nuestro modelo para la fase de programación permite tiempos muertos entre los moldes, una característica que es esencial para casos reales y que había sido pasada por alto por los estudios anteriores. Una restricción común es que la demanda del período debe ser totalmente cumplida, de lo contrario puede incurrir en costes por retraso como en Pochet y Wolsey (2006). En nuestro proyecto permitimos que haya inventario de piezas de un período a otro.

Hipótesis

Al proponer nuevos modelos matemáticos y algoritmos de resolución para el problema de lot-sizing y de scheduling de forma integral, se obtendrán mejores soluciones que si se ataca el problema de forma secuencial.

Objetivo general (Breve e iniciar con verbo en infinitivo)

El objetivo es formular un modelo matemático que incorpore desigualdades válidas para reforzar el poliedro de espacio de soluciones y así permitir una descomposición que permita obtener soluciones óptimas para el problema integral de lot-sizing con scheduling.

Objetivos específicos

Modelo matemático para el problema de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia.

Determinación de desigualdades válidas para el modelo matemático que hagan que el espacio de soluciones esté más próximo de su envolvente convexa y así hacer que los métodos de resolución del tipo ramificación y acotamiento sean más rápidos.

Integración de las desigualdades válidas en el modelo matemático y validación teórica y experimental de su eficiencia.

Generar un esquema de descomposición para el problema integrado de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia. Para eso se requieren mecanismos de prohibición de soluciones no factibles.

Determinación de heurísticas para poder resolver instancias de mayor tamaño.

Resultados experimentales que validen la eficiencia del método en soluciones basadas en datos reales.

Metodología más relevante

Revisión de bibliografía.

Generación de uno o varios modelo matemático para el problema de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia.

Determinación de desigualdades válidas para el modelo matemático que hagan que el espacio

Descripción de la pre-propuesta

de soluciones esté más próximo de su envolvente convexa y así hacer que los métodos de resolución del tipo ramificación y acotamiento sean más rápidos.

Integración de las desigualdades válidas en el modelo matemático y validación teórica y experimental de su eficiencia.

Generar un esquema de descomposición para el problema integrado de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia. Para eso se requieren mecanismos de prohibición de soluciones no factibles.

Determinación de heurísticas para poder resolver instancias de mayor tamaño. Se proponen heurísticas tipo evolutivas pero también constrictivas con el Grasp.

Validación de las heurísticas por medio del modelo matemático.

Generación de instancias para hacer pruebas de laboratorio. Se harán pequeñas para que el modelo matemático pueda resolverlas rápidamente.

Generación de instancias reales de la industria para validar que la metodología es interesante para empresas reales.

Redacción de artículos.

Resultados esperados (tanto en la generación del conocimiento de frontera como resultados académicos (publicaciones, libros, prototipos, alumnos graduados, etc.))

Generación del conocimiento de frontera:

Generación de uno o varios modelo matemático para el problema de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia. Generar un esquema de descomposición para el problema integrado de lot-sizing con scheduling considerando equipo auxiliar y tiempos de preparación dependientes de la secuencia. Para eso se requieren mecanismos de prohibición de soluciones no factibles.

Resultados académicos:

Dos artículos científicos indexados, presentación en dos congresos internacionales y presentación en dos congresos nacionales. Una vinculación con la industria. Un postdoctorante, un estudiante de doctorado en curso, dos estudiantes de maestría graduados.

Bibliografía

- Eren, T. (2007). A multicriteria scheduling with sequence-dependent setup times. *Applied Mathematical Sciences*, 1, 2883¿2894.
- Sourd, F. (2006). Dynasearch for the earliness-tardiness scheduling problem with release dates and setup constraints. *Operations Research Letters*, 34, 591¿598.
- Stecco, G., Cordeau, J.-F., & Moretti, E. (2008). A branch-and-cut algorithm for a production scheduling problem with sequence-dependent and time-dependent setup times. *Computers & Operations Research*, 35, 2635¿2655.
- Weng, M. X., Lu, J., & Ren, H. (2001). Unrelated parallel machine scheduling with setup consideration and a total weighted completion time objective. *International Journal of Production Economics*, 70, 215¿226.
- Chen, Z.-L., & Powell, W. B. (2003). Exact algorithms for scheduling multiple families of jobs on parallel machines. *Naval Research Logistics*, 50, 823¿840.
- Haase, K., & Kimms, A. (2000). Lot sizing and scheduling with sequence-dependent setup costs and times and efficient rescheduling opportunities. *International Journal of Production Economics*, 66, 159¿169.
- Li, S., Li, G., & Zhang, S. (2005). Minimizing makespan with release times on identical parallel batching machines. *Discrete Applied Mathematics*, 148, 127¿134.
- Vilím, P. (2006). Batch processing with sequence dependent setup times. In P. Van Hentenryck (Ed.), *Principles and Practice of Constraint Programming - CP 2002* (pp. 153¿167). Berlin: Springer volume 2470 of *Lecture Notes in Computer Science*.
- Quadt, D., & Kuhn, H. (2008). Capacitated lot-sizing with extensions: a review. *4OR*, 6, 61¿83.
- Robinson, P., Narayanan, A., & Sahin, F. (2009). Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: A review of models and algorithms. *Omega*, 37, 3¿15.
- Chen, H. (2015). Fix-and-optimize and variable neighborhood search approaches for multi-level capacitated lot sizing problems. *Omega*, 56, 25¿36.
- Chrétienne, P., Hazir, O., & Kedad-Sidhoum, S. (2011). Integrated batch sizing and scheduling on a single machine. *Journal of Scheduling*, 14, 541¿555.
- Hazir, O., & Kedad-Sidhoum, S. (2012). Batch sizing and just-in-time scheduling with common due date. *Annals of Operations Research*, (pp. 1¿16).
- Marinelli, F., Nenni, M. E., & Sforza, A. (2007). Capacitated lot sizing and scheduling with parallel machines and shared buffers: A case study in a packaging company. *Annals of Operations Research*, 150, 177¿192.
- Ibarra-Rojas, O., Ríos-Mercado, R., Ríos-Solis, Y., & Saucedo-Espinosa, M. (2011). A decomposition approach for the piece¿mold¿machine manufacturing problem. *International Journal of*

Solicitud de recursos

Anotar en términos generales estos dos tipos de gasto. Para mayor información, consultar los términos de referencia, numeral 5 relativo a formas de apoyo y rubros financiables:

Rubro	Monto
GASTO DE INVERSIÓN	\$300,000.00
GASTO CORRIENTE	\$1,858,900.00
TOTAL	\$2,158,900.00

Justificación

Cuotas inscripción a congresos nacionales e internacionales: MX\$60,000.00 Dos congresos internacionales, dos congresos nacionales

Documentos y servicios de información: MX\$20,000.00 Material hemero-bibliográfico y datos tipo INEGI

Estancias tecnico-academicas para participantes y visitantes: MX\$300,000.00 Visita de la Dra. Kedad a México, estancia de investigación para participantes

Gastos de trabajo de campo: MX\$80,000.00 Trabajo de campo para la recolección de datos e información en diferentes industrias manufactureras. Se requieren varios días de recopilación de datos para poder hacer estadísticas fiables. Se busca tener datos reales para al menos 10 empresas.

Honorarios por servicios profesionales: MX\$400,000.00 Gastos para licencias de software: Simuladores, GAMS.

Materiales de uso directo:MX\$15,000.00 Tonners, papel, etc.

Pasajes y viáticos: MX\$150,000.00 Transportación a los participantes y asistentes de proyectos registrados

Publicaciones, ediciones e impresiones : MX\$100,000.00 Publicacion de articulos en revistas, la impresion de material para la divulgacion, la difusion de los resultados del proyecto o la comunicacion publica de la ciencia.

Seminarios y talleres: MX\$100,000.00 Talleres relacionados con el tema del proyecto

Gastos para pago de un despacho externo: MX\$25,000.00 Gastos para pago de un despacho

Solicitud de recursos

externo

Investigador postdoctoral: MX\$532,890.00 Postdoctorante

Becas: MX\$80,000.00 estudiantes de maestría o doctorado

Gasto inversión: MX\$300,000.00 Computadoras capaces de resolver modelos matemáticos complejos.