

Planificación y Optimización de los Procesos de Moldeo *No-Bake* y Arena en Verde Utilizando *List Scheduling*

J. Lozano-Cabello¹, L.A. González-Vargas²

¹Resumen— La empresa Electro-Aceros del Norte establecida desde 1975 se especializa en la fabricación de aceros inoxidables, aceros al carbón y hierros especiales, se encuentra ubicada en Guanaceví 360 Parque Industrial Lagunero, en la ciudad de Gómez Palacio, Durango, dando servicio a la industria Minera, Metalúrgica, Cementera, etc.

El tema del presente es estudiar y optimizar el proceso con la herramienta *list scheduling* del software *Matlab* para verificar y analizar cada uno de los pasos o tareas a realizar cada uno con sus tiempos aproximados de operación de los dos procesos llamados “*No bake*” y arena en verde.

Palabras claves— *List Scheduling*, reducción de tiempos, proceso arena verde, no bake, Modelo de tareas.

Abstract— The company Electro - North Steels established since 1975 specializes in the manufacture of stainless steels, carbon steels and special irons, it is located in Guanaceví 360 Marsh Industrial Park in the city of Gomez Palacio, Durango. Serving the Mining , Metallurgical , Cement, industry, etc. The theme of this is to study and optimize the process with the list scheduling software tool *Matlab* to verify and analyze each of the steps or tasks to perform each with their approximate times of operation of the two processes called " No bake " and sand in green.

Keywords— *List Scheduling*, time reduction, green sand process, no-bake, model tasks.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se busca optimizar o mejorar el proceso en los tiempos de fabricación en los procesos *No-Bake* y arena en verde. En todos los procesos surgen áreas de oportunidad o situaciones de mejora.

Los procesos de fundición se pueden clasificar según el tipo de molde que utilicen: moldes permanentes o moldes

desechables. Los procesos de molde desechable implican que para sacar la pieza fundida se debe destruir el molde que la contiene, haciendo de este un proceso con velocidades de producción bajas. Gran parte del tiempo de fabricación se destina a realizar el molde y el tiempo de fundición es relativamente bajo en comparación con el de moldeo.

Todas las piezas fundidas en metales comienzan de la misma manera: se crea un molde con una cavidad que define una forma y se introduce metal líquido en el molde para crear la pieza fundida. Otras operaciones que pueden producirse durante la fundición son la elaboración del modelo, la carga del horno, el desmoldeo, el enfriamiento, el manejo de la arena, el temple y el acabado. El proceso de fundición real es mucho más complejo dado que hay muchas formas de realizar las operaciones nombradas anteriormente.

Los procesos «*no-Bake*» (sin cocción) son sistemas de aglutinantes para producir noyos, moldes con formas o bien moldes lisos. El aglutinante puede ser curado con un catalizador líquido o un gas. Este proceso forma noyos y moldes duros y rígidos, dando a la pieza buenas tolerancias dimensionales. En el moldeo en arena en verde, la elaboración del molde y del noyo comienza con la preparación y el mezclado de las materias primas, que incluyen arena, aglutinantes, aditivos y agua. Estos diversos ingredientes se mezclan en una máquina conocida como molino mezclador, y la mezcla se transporta (mediante un sistema de transporte neumático o una cinta) luego al área de elaboración de moldes o noyos, donde es almacenada en tolvas o silos hasta que se la necesite.

La presente investigación es con la finalidad de obtener un proceso estable y estandarizado, se buscan parámetros óptimos para el proceso de moldeo primero se redacta cada una de las operaciones del mismo después se verifican en planta los resultados que arroja el algoritmo de optimización.

Se busca encontrar los mejores parámetros para los procesos como son *No-bake* y arena en verde. *List Scheduling* cuenta con un modelo matemático que consiste en ingresar una matriz de cada una de las operaciones con el objetivo de estudiar las variaciones en

1 J.Lozano (joselozano1988@gmail.com). Electroaceros del Norte S.A. de C.V. Guanaceví N° 360, Parque Industrial Lagunero Gómez Palacio Durango, México.

2 L.Gonzalez (luisglzvar@gmail.com), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico N 1555 Sur Periférico- Gómez - Lerdo Km. 14.5 Cd. Lerdo, Dgo. C.P. 35150 México.

los tiempos de las tareas con la finalidad de conocer las áreas de oportunidad o de mejora.

A. *Elaboración del molde*

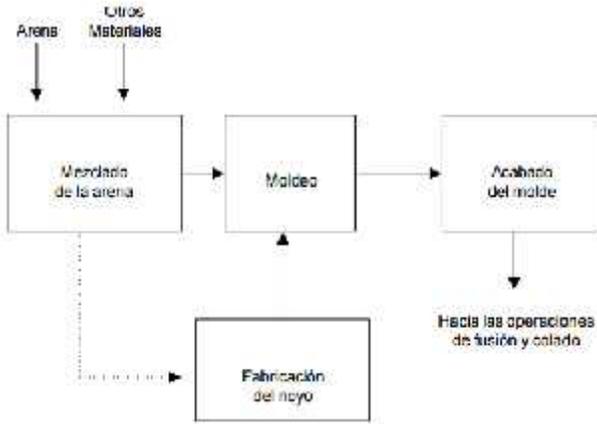


Figura 1 Diagrama de flujo para la producción de moldes y hoyos moldeados en arena [5].

Para el modelo en verde, se requieren generalmente modelos sueltos, por lo que se hace necesario y selección de una caja metálica de moldeo adecuada al tamaño del modelo.

El modelo antes de usarse, debe ser pintado o bañado de desmoldante para modelos en madera o en aluminio.

Preparados la caja, modelo y arena se procede a moldear. Empezamos por fabricar la impresión base, agregando una película de 2 pulgadas de arena de careo sobre la superficie del modelo, luego rellenar con arena hasta aproximadamente la mitad de la altura de la caja de moldeo enseguida se realiza un ciclo de apisonado mecánico, para evitar dañar los modelos se vuelve a rellenar la caja de arena de cuerpo y se apisona nuevamente para obtener una superficie plana de arena sobre el borde de la caja.

Se invierte la posición de la caja y se coloca la parte del modelo correspondiente y la segunda caja necesaria para hacer la impresión tapa. Es importante hacer guías o testigos sobre el modelo base para evitar corrimientos durante el tapado del molde.

El proceso de moldeo “No Bake” nos ofrece en las piezas vaciadas un excelente acabado superficial y sanidad interna.

La arena sílica debe ser granular y deberá tener un análisis granulométrico 50 55, la resina es de tipo fenólico líquido que se polimeriza o cura con la acción de un catalizador orgánico ácido.

La cantidad recomendada de resina en la mezcla es de 1.6 al 1.8 % en base al peso de la arena el catalizador como ya se mencionó es un ácido orgánico con un 68% de acidez y se añade a la mezcla de resina arena en proporción de 25 a 35% en base al peso de la resina agregada. El tiempo de mezclado en el molino, es de dos a tres minutos, influyendo también en dicho tiempo los factores antes mencionados.

Por otro lado para la elaboración de un molde en arena verde se requieren modelos sueltos por lo que se hace uso de una caja metálica o adobera adecuada al tamaño del modelo.

B. *Descripción de tareas y tiempos*

La empresa antes de decidir qué proceso de moldeo utilizará, debería evaluar las siguientes variables de las piezas a producir: costo relativo en cantidad, peso de la pieza fundida, sección más delgada que puede moldearse, tolerancia dimensional, acabado superficial y aleaciones que puede moldearse. La empresa utiliza un proceso en arena ‘auto-fraguante’ con resinas fenólicas y un catalizador llamados Resina I & II ya que es un proceso de moldeo bastante versátil en especial para fundir diferentes tamaños y calidades de materiales. Este proceso es utilizado tanto para la producción de moldes como de hoyos

En seguida se muestra la tabla 1 de cada una de las tareas del proceso *No-Bake* con sus tiempos aproximados de duración de las tareas:

TABLA 1. PROCESO *NO-BAKE* Y SU DESCRIPCIÓN DE TAREA.

tj	pj	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS
1	10	Separar arena suficiente sílica malla 55-60
2	10	Agregar arena al molino para agregar 10% de resina respecto a la arena y 30% de catalizador respecto a resina
3	2	Colocar modelo en base madera o adobera solo1 parte simétrica
4	3	Enseguida agregar la arena mezclada a la base de madera con el modelo (parte simétrica)
5	1	Colocar la otra parte simétrica encima de la otra parte simétrica
6	3	Colocar otra base de madera o adobera
7	4	Agregar arena encima de la otra parte simétrica
8	5	Colocar otra base de madera o adobera
9	2	Colocar camisas exotérmicas o guiadas de colada parte superior
10	2	Agregar arena mezclada del molino
11	17	Dejar 15 minutos para después hacer una marca de orientación del molde y retirar la mitad dela base de arena del molde
12	8	Retirar molde de madera con un gancho con punta de tornillo
13	5	Pintar (pintura refractaria)3 veces molde de arena en el interior para mejor consistencia
14	4	Encender con fuego interior para secado de pintura
15	5	Pintar (pintura refractaria)3 veces molde de arena en el

		interior para mejor consistencia
16	4	Encender con fuego interior para secado de pintura
17	5	Pintar (pintura refractaria)3 veces molde de arena en el interior para mejor consistencia
18	4	Encender con fuego interior para secado de pintura
19	3	Mezclar harina con agua y Resistol 5000 o azúcar.
20	3	Unir las dos partes del molde (se agrega pegamento harina con agua y Resistol 5000 mezclados)
21	8	Atar molde con cable de acero para evitar se desprenda durante el vaciado
22	7	Colocar encima de los moldes objetos pesados con la grúa

En la tabla 2 se muestran la descripción de las tareas y su tiempo aproximado de duración de cada una de las tareas del proceso Arena Verde.

TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE PROCESO ARENA VERDE

tj	pj	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS
1	12	Mover arena requerida y extender para agregar suficiente agua
2	5	Agregar bentonita sódica 40 kgs.
3	10	Con la pala pasar la arena por molino
4	2	Colocar adobera parte inferior
5	1	Colocar molde de madera
6	4	Mezclar bentonita sódica y resina c/agua en un bote de 19 litros
7	3	Agregar bentonita sódica c/resina c/agua encima del molde de madera parte inferior
8	2	Rellenar con arena sílica mezclada en el molino reutilizada del proceso no Bake
9	5	Pisotear con mazo para compactar y agregar Arena faltante sobre el modelo.
10	2	Voltear adobera para realizar lo mismo pero ahora la parte superior
11	1	Colocar un tubo sobre la guía de vaciada o mazarota
12	1	Agregar bentonita c/resina y agua encima del molde de madera
13	2	Rellenar con arena sílica mezclada en el molino reutilizada del proceso no Bake
14	5	Pisotear con mazo para compactar la arena sobre el modelo.
15	2	Retirar parte superior p/retirar molde de madera
16	4	Limpia molde parte interna verificar que no se encuentren imperfecciones
17	3	Colocar parte superior sobre inferior y retirar tubo mazarota
18	2	Quitar pernos de adobera y retirar.

II. ALGORITMO PLANIFICACIÓN DE TAREAS (LIST SCHEDULING)

La programación de operaciones en una rama de la optimización combinatoria que ha desarrollado su propia metodología utilizando herramientas matemáticas y computacionales muy variadas.

El objetivo es encontrar una secuencia óptima para la ejecución de los procesos de moldeo Arena Verde y *No Bake* de una serie de tareas en las maquinas o recursos disponibles (limitados) [2].

Dentro de este contexto, el estudio en los procesos *No-Bake* y arena verde permite representar el cuello de botella de una secuencia de tareas en serie de tal forma que su representación y análisis resulte más sencillo. Por este motivo, estos problemas han recibido mucha atención por parte de los investigadores.

Por estas razones, en este artículo se ilustran los conceptos básicos y los métodos existentes en la actualidad para resolver el problema de secuenciación (programación) de operaciones en un proceso, donde el objetivo es la minimización del tiempo total (promedio) de terminación de los trabajos (equivalente a minimizar el tiempo total de flujo).

Cuando las diferentes tareas llegan en el transcurso del horizonte o planeación. El análisis de este problema resulta interesante para diversas aplicaciones. Un problema estático es aquel por el cual todos los parámetros de una instancia cualquiera son conocidos con antelación, por ejemplo, el número de tareas que se va a planificar, sus tiempos de operación, sus instantes de llegada o disponibilidad, etc.

Una instancia del problema comprende un conjunto $N=J_1, J_2, \dots, J_n$ de n tareas (u operaciones), en las cuales la tarea J_i tiene un tiempo de operación p_i y un instante de llegada r_i anterior al cual no es posible comenzar su operación. La secuenciación o programación de las tareas en un solo proceso consiste en encontrar una secuencia S de tratamiento de las n tareas, con el fin de minimizar el tiempo total de flujo [1].

El algoritmo de planificación es responsable de asignar trabajos a procesadores y determinar el orden en que los trabajos se ejecutan. Un trabajo (*job*) está compuesto por un conjunto de tareas (*tasks*) con el objetivo de estrategia de maximizar la productividad (*throughput*) minimizar el tiempo de respuesta.

Un conjunto de procesadores $P = (P_1, \dots, P_m)$.

S_i es la velocidad del procesador P_i , un trabajo consta de un conjunto de tareas $T = (T_1, \dots, T_n)$.

Un orden; $T_i < T_j \rightarrow T_i$ debe terminar antes que T_j pueda empezar.

El algoritmo *List Scheduling* [4] depende de una lista de prioridades de las tareas a ejecutar; se construyó una lista de tareas para un caso simple cuando todas las tareas toman la misma cantidad de tiempo. Aplicando el algoritmo *List Scheduling* [3], [5] para programar modelo de tareas propuesto del proceso de moldeo *no-bake* y arena en verde, debido a su simplicidad y sólidos fundamentos teóricos:

- 1) Elija una tarea arbitraria T_k tal que T de tal manera que $S(T_k)=0$, y definir que (T_k) sea 1
- 2) for $i = 2$ to n do
 - a. R es el conjunto de tareas sin etiqueta sin sucesores sin etiqueta

- b. Dejar que T^* ser la tarea en R de tal manera que $N(T^*)$ es léxico gráficamente más pequeño que $N(T)$ para todas las T en R
- c. Dejar (T^*) i
- end for
- 3) Construir una lista de tareas $L = \{U_n, U_{n-1}, \dots, U_2, U_1\}$ de tal manera que $(U_i) = i$ para todos i donde $1 \leq i \leq n$
- 4) Teniendo en cuenta $(T < L)$ usar algoritmo *List Scheduling* para organizar T.

En la siguiente sección se aplica este algoritmo para el modelo de tareas de Revisión y Deshebrado propuesto [6].

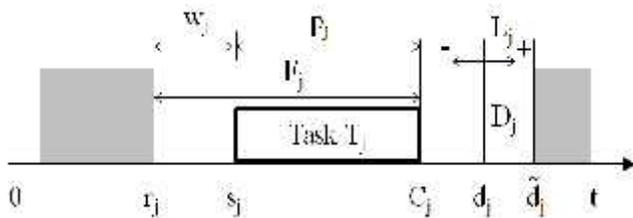


Figura.2 Representación gráfica del modelo de tareas

- Fecha de lanzamiento (*Release date, rj*), es el momento en el que se convierte en una tarea listas para su ejecución (también llamado tiempo de llegada, tiempo de preparación, el tiempo de solicitud).
- Fecha tope (*Deadline, dj*), especifica una fecha límite en que la tarea tiene que ser completado, si la programación se asume a fallar.
- Fecha de vencimiento (*Due date, Dj*), especifica un límite de tiempo por el cual se debe completar la tarea, de lo contrario la función criterio se pagan directamente en pena.
- Peso (*Weight, wj*) expresa la prioridad de la tarea con respecto a otras tareas (también llamada de prioridad).
- Procesador (*Processor*), especifica los procesadores dedicados a la que se debe ejecutar la tarea

Se muestra cada una de las tareas y sus precedencias de acuerdo a la actividad.

TABLA 3. MATRIZ DE PRECEDENCIA DE PROCESO ARENA VERDE PARA ALGORITMO LIST SCHEDULING

pj	Tj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA 4. DE MATRIZ DE PRECEDENCIA DE PROCESO NO-BAKE PARA ALGORITMO LIST SCHEDULING

pj	Tj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
10	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
3	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

C. Proceso de moldeo Arena Verde.



Fig. 3 a) Paso 1, 2 y 3

Fig.4 b) Paso 4



Fig. 5 c) Paso 5

fig. 6 d) Paso 6



Fig. 13 j) Paso 17

fig. 14 k) Paso 18



Fig.7 e) Paso 7

fig.8 e) Paso 8,9,10 y 11



Fig.9 f) Paso 10,11, y 12

fig.10 g) Paso 13 y 14



Fig.11 h) Paso 15

fig.12 i) Paso 16

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las áreas de proceso de moldeo denominado “No bake” y “Arena en verde” como parte del proyecto se utiliza el software “Matlab” en el que corre el algoritmo “list scheduling” o planificación de tareas de ambos procesos lo cual se obtiene información importante. Para esto se ingresaron los datos en el algoritmo *list scheduling* de los procesos así como la duración de los mismos para obtener las siguientes gráficas y así tomar decisiones de la optimización del proceso.

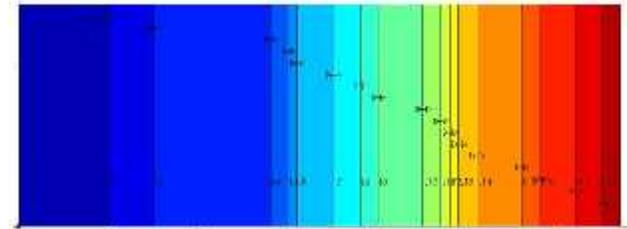


Fig. 15. Gráfica de proceso arena verde sin optimizar

En este grafico se muestra el proceso el total de tareas con el tiempo de duración del proceso y de cada una de las tareas del proceso de verde arena verde.

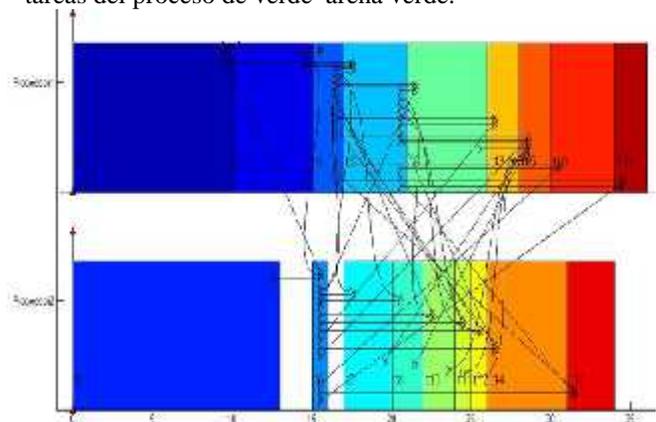


Fig. 16. Gráfica de proceso arena verde optimizado

En el gráfico anterior se muestra el proceso de arena verde optimizado agregando un trabajador mas al proceso

de la misma manera disminuyendo el tiempo total del proceso.

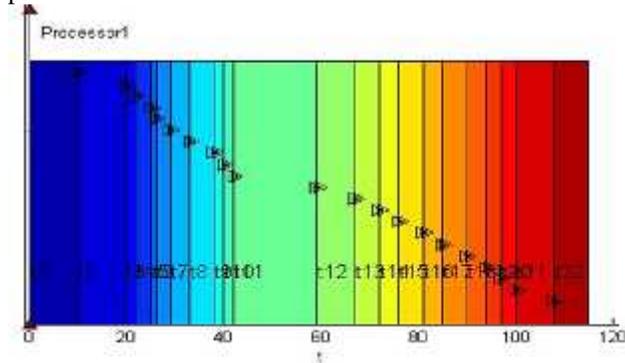


Fig. 17. Gráfica de proceso *No-Bake* sin optimizar

En el grafico anterior se muestra el grafico del proceso de moldeo *No-Bake* y la duración de cada una de las tareas una sola persona es la encargada de realizar esta actividad.

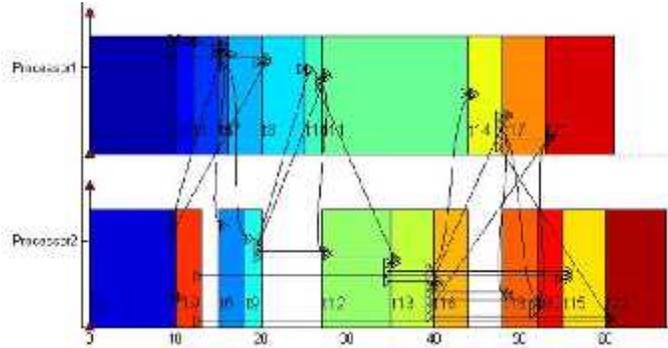


Fig. 18. Proceso *No-Bake* optimizado

En el grafico anterior se muestra el proceso optimizado en *Matlab* con el algoritmo *list scheduling* con la secuencia de las tareas de cada una de las operaciones

IV. CONCLUSIÓN

Como resultado de la investigación presentada es posible concluir que existe una mejora u optimización en los procesos de moldeo *No Bake* y *Arena en Verde*, Por otro lado al darle seguimiento se puede ver en las gráficas que dan como resultado la mejora en los tiempos de fabricación de un molde, optimizando al agregar una persona al proceso para asignarle unas tareas de acuerdo a la prioridad del proceso y su antecesor.

Por otra parte el algoritmo utilizado *List Scheduling* ha demostrado su eficacia para el estudio y optimización del proceso que contiene un número elevado de tareas.

Actualmente la empresa *Electro-Aceros* tiene un Proyecto en puerta que es la certificación del *ISO 9001*: la cual es el objetivo de aquí a un año, la empresa es pequeña lo cual prácticamente iniciara de cero con el Proyecto de

Certificación. Para lo cual el uso del algoritmo para la mejora en sus procesos será de gran ayuda

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen por los apoyos y tiempo y dedicación brindado hacia la elaboración del mismo al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, así como a la empresa *Electro Aceros del Norte S.A. de C.V.* por brindar las facilidades para llevar a cabo dicho proyecto.

VI. REFERENCIAS

- [1] Pinedo M. *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1995 pp 15-22.
- [2] Conway RW, Maxwell WL y Miller LW., *Theory of Scheduling*. New York, Dover Publications 1967 pp 53-67.
- [3] Pinedo M. *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1995 pp 15-22.
- [4] Blazewicz J, et al., *Heuristic Algorithms for the Two-Machine Flowshop with Limited Machine Availability*. *Omega*, 2001; 29: 599-608.
- [5] Graham, R. L. (1966). *Bounds for certain multiprocessing anomalies*. *Bell System Technical Journal*, 45(9), pp.1563-1581.
- [6] Sucha, P., Kutil, M., Sojka, M., & Hanzálek, Z. (2006, October). *TORSCHÉ scheduling toolbox for Matlab*. *Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006 IEEE International Symposium on Intelligent Control*, 2006 IEEE, pp. 1181-1186.

VII. BIOGRAFÍA



José Lozano Cabello. Nació en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., el 13 de Diciembre de 1988. Egresó con carta pasante de la carrera de ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Participó en el proyecto de investigación relacionada con la optimización de los procesos de moldeo de arena verde y no bake en la fabricación de piezas de acero, sus áreas de interés incluyen la producción así como el área de mantenimiento y calidad.



Luis Amado. González-Vargas nació en la ciudad de Lerdo, Dgo., el 25 de agosto de 1968. Recibió el título de Ingeniero en Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Cd. Lerdo, Dgo. 2007. Recibió el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en 2010.

Él ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía en distintas empresas sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido. M.C. González es miembro activo de la IEEE inscrito en la sociedad de potencia eléctrica.