

## MANUFACTURA VIRTUAL DEL PROCESO DE RESORTES (263B187P001 DE TENSIÓN y TRN 1307 DE COMPRESIÓN) INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TOLLAN S.A. DE C.V.

Gálvez-Mendoza A<sup>a</sup>., Camacho- Gómez J<sup>a</sup>., Trejo - Mendoza J.P<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. División de Ingeniería Industrial. Mixquiahuala, Hidalgo. México. 42700. agalvezme@itsoeh.edu.mx.

Recibido 05 de noviembre de 2017; aceptado 22 de febrero de 2018

*Palabras clave:*  
Simulación, escenarios,  
procesos

**RESUMEN.** La empresa resortes industriales Tollan S.A. de C.V. los principales problemas que presenta, es que cuenta con áreas reducidas de espacio de trabajo para la fabricación de resortes industriales de tensión y compresión, esto genera una mala distribución de sus operaciones donde ocasiona pérdidas de producción, de acuerdo al incremento de sus clientes la capacidad de la planta es insuficiente para cumplir con la demanda. El objetivo del trabajo es desarrollar la manufactura virtual de dos escenarios de simulación del lay-out actual y la nueva planta propuesta por la empresa, que me permita aumentar el 20% de producción. El primer escenario se simula en la planta actual con un tiempo de 40 horas donde muestra el tiempo de inactividad, porcentaje de utilización de operarios y máquinas, viéndose reflejado en la cantidad de producción, y el segundo escenario se simula en una nueva planta con un tiempo de 44 horas que propone la mejora de sus procesos permitiendo eliminar cuellos de botella y ser más eficiente en sus procesos. Los resultados obtenidos sugieren hacer la comparación de la simulación de los dos escenarios, logrando obtener en el segundo escenario el aumento del 21 % de producción a través de la redistribución de operaciones de trabajo. Al virtualizar los dos escenarios con el software Delmia Quest esto contribuye a optimizar los recursos de la empresa.

*Key words:*  
Simulation, Scenarios,  
Processes

**ABSTRACT.** The company industrial springs Tollan S.A. of C.V. the main problems that it presents are that it has reduced areas of work space for the manufacture of industrial tension and compression springs, this generates a maldistribution of its operations where it causes production losses, according to the increase of its clients the capacity of the plant is insufficient to meet the demand. The objective of the work is to develop the virtual manufacturing of two simulation scenarios of the current layout and the new plant proposed by the company, which allows me to increase 20% of production. The first scenario is simulated in the current plant with a time of 40 hours where it shows the time of inactivity, percentage of use of operators and machines, being reflected in the amount of production, and the second scenario is simulated in a new plant with a 44 hour time that proposes the improvement of its processes allowing to eliminate bottlenecks and be more efficient in its processes. The results obtained suggest the comparison of the simulation of the two scenarios, obtaining in the second scenario the increase of 21% of production through the redistribution of work operations. By virtualizing the two scenarios with the Delmia Quest software, this helps to optimize the company's resources.

### INTRODUCCIÓN

Ricardo Pérez Rodríguez realiza un trabajo de investigación denominado Tutorial de Simulación Básica utilizando Quest® para facilitar el aprendizaje para construir modelos de simulación sobre una integración visual 3D de procesos de manufactura <sup>1</sup>.

Ricardo Pérez Rodríguez realiza un trabajo de investigación denominado Uso de DevC++® con Delmia Quest® para Optimizar Simulaciones permite facilitar el aprendizaje para comunicar plataformas que puedan sistematizar y automatizar los procesos de la programación con otros lenguajes como "Java"

a sí logran tener un ahorro de recursos costosos para la capacitación del uso del software <sup>2</sup>.

Héctor C. Sanzi presenta un análisis de integridad estructural del proceso de reparación de un gasoducto a partir de un modelo simplificado bidimensional usando elementos finitos el modelado que se presenta permite determinar las zonas debilitadas por corrosión o por diferentes tipos de defectos o fisuras. Esto permite planificar y encausar una reparación localizada con un margen de seguridad adecuado <sup>3</sup>.



estandarizadas las secuencias de operaciones. Por lo tanto, se desea conocer donde el sistema está más afectado o que es lo que provoca que no se cumpla con la producción, para poder dar una solución al proyecto. Se ha de revisar los datos obtenidos para hacer un análisis y proponer nuevas operaciones de trabajo, es a través de un análisis de la simulación, que nos muestre la capacidad de poder analizar las posibles alternativas a la optimización de nuestro sistema de producción, sin tener que alterar físicamente el mismo (por ejemplo, una mejor distribución de operaciones, evaluación de diferentes estrategias productivas etc.) Conoceremos de antemano el impacto de dichas modificaciones o, en su caso, la irrelevancia de estas actuaciones acerca de cómo están operando los sistemas, permitiendo la detección de problemas del proceso como característicos (cuellos de botella, excesivos tiempos muertos, re trabajos, etc.) Habilitando un análisis profundo sobre la situación productiva y evaluando dichas alternativas para definir el flujo de trabajo, para aumentar la producción a través de la modificación de los elementos sin poder implementar más operarios, máquinas, etc., en el diseño de una nueva planta de producción.

**Etapa 2. Planteamiento de objetivos y planificación de tareas para alcanzarlos.** Estos escenarios modelan en tiempo real y permite visualizar movimientos, distancias y es muy didáctico para la implementación de personas ajenas al mismo. También se hace un análisis de tiempos y movimientos, que permite evaluar las diferentes variables de entrada y salida en el proceso para el desarrollo de este proyecto se recolectan datos del sistema de producción de la fabricación de resortes industriales con número de parte TRN 1307 Resorte de Compresión y 263B7187P001 Resorte de Tención, con la finalidad de obtener y comprender las operaciones manuales que realizan los obreros en el proceso de fabricación de resortes industriales.

**Etapa 3. Diseño del modelo conceptual.** El modelo se basa en el comportamiento de los procesos antes y después de las propuestas ejecutadas y por ejecutar en el proceso a través de la simulación en Delmia Quest® versión R19, el programa modela en tiempo real y permite visualizar movimientos, distancias y es muy didáctico para la implementación de personas ajenas al mismo. También se hace un análisis de tiempos y movimientos, que permite

evaluar las diferentes variables de entrada y salida en el proceso para el desarrollo de este proyecto se recolectan datos del sistema de producción de la fabricación de resortes industriales.

**Etapa 4. Toma de datos**

En esta etapa se aborda un análisis de tiempos para la fabricación de dos tipos de resortes, maquinaria utilizada, recorridos del proceso, operaciones de fabricación, numero de operarios y la distribución en planta actual esto puede aplicarse a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de todas las variables que pueden afectar la producción, una restricción importante en el proceso son los medios físicos en un espacio determinado de las áreas de producción de resortes como también en el área de fabricación de las formas de alambre, es importante resaltar que el objeto de estudio de este capítulo no es sólo el análisis de la nueva planta sino también la situación en la que más comúnmente se encuentra la empresa y afecta su producción.

**Etapa 5. Elaboración de la simulación.** La figura 2 muestra el modelo elaborado en la tercera etapa y los datos recogidos en la cuarta se deben volcar al software de simulación.



Figura 2. Modelo computarizado de simulación.

Las partes, producción en proceso, productos, máquinas, almacenes, buffers, conveyors, polipastos, lotes de trabajo, herramientas de trabajo, racks, facilidades y en general todo elemento de la planta de manufactura muestran un realismo importante que ayuda a garantizar la verificación del modelo.

**Etapa 6 y 7. Verificar y validar el modelo.** La verificación del modelo de simulación mostrada es comparar y asegurar que el modelo que se elabora previamente y se implementa es de forma correcta. El lenguaje utilizado Quest® es utilizado para reducir errores y tiempo de programación significativamente al construir modelos de simulación de la planta actual de fabricación de resortes industriales. Los datos arrojados por Quest nos indican que la empresa Resortes Industriales Tollan S.A. de C.V. trabaja una jornada de ocho horas de lunes a viernes en total son 40 horas trabajadas a la semana, la utilización de la maquina Spring Form es del 99.62%, donde se fabrican 483 piezas por hora, es decir a la semana se fabrican 19,320 piezas y cada caja contiene 1000 piezas quiere decir que saca 19.3 paquetes a la semana de producción, esto me garantiza que los datos obtenidos del primer escenario son factibles considerando que el grado de error es muy nulo.

El segundo escenario se fundamenta en las restricciones de no aumentar operarios ni maquinas solo se aumentó el tiempo de trabajo a 44 horas a la semana de las dos máquinas spring form y torrington, considerando en la distribución de planta distancias más cortas en el recorrido de los operarios. Estos datos arrojados por Quest nos indican que la empresa Resortes Industriales Tollan S.A. de C.V. Trabaja una jornada de ocho horas de lunes a viernes y 4 horas en sábado en total son 44 horas trabajadas a la semana, la utilización de la maquina Spring Form es del 99.664%, donde se fabrican 566 piezas por hora x 44 horas, es decir a la semana se fabrican 24,904 piezas y cada caja contiene 1000 piezas quiere decir que saca 24.9 cajas a la semana de producción, esto me garantiza que los datos obtenidos de mi segundo escenario son factibles porque de acuerdo al planteamiento de la hipótesis se cumple.

**Etapa 8. Diseñar los experimentos.** Para cada escenario que se simula, será necesario considerar de 40 horas la duración de la simulación del primer escenario y el tiempo para el segundo escenario es de 44 horas, el número de simulaciones definen los parámetros que se han de analizar para obtener los tiempos activos de los procesos, pues un programa de simulación aporta mucha información, por tanto, es completamente necesario filtrar la misma, quedándose sólo con lo necesario.

**Etapa 9. Realizar la simulación y analizar los datos.** Una vez completados los pasos anteriores es el momento de simular el modelo creado para obtener los datos. Con los datos extraídos se obtendrán las conclusiones necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto.

**Etapa 10. ¿Volver a hacer más simulaciones?** Una vez realizadas las simulaciones de dos escenarios de la empresa resortes industriales Tollan los datos extraídos son coherentes y suficientes para alcanzar los objetivos por lo tanto no será necesario volver a realizar más simulaciones.

**Etapa 11. Informes y documentación.** La documentación es importante para posteriormente analizarlos en la simulación. Los resultados de las distintas simulaciones son entregados de forma clara y concisa a la empresa resortes industriales Tollan. Así, podrá analizar el planteamiento del problema, los datos de partida, los dos distintos escenarios planteados, y finalmente los resultados obtenidos de cada uno de ellos, además, podrá comparar las diferentes alternativas y finalmente las recomendaciones del analista.

#### **Etapa 12. Implementación**

Con la documentación generada se tendrá la herramienta que nos ayudará a tomar una decisión u otra, o simplemente será la base para implementar físicamente el escenario planteado mediante simulación.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Resultados del primer escenario. Este escenario está basado en el Layout actual, contiene la simulación para dos tipos de piezas diferentes, el resorte de tensión y el de compresión, para poder generar la simulación se consideró lo siguiente:

- a) Ya que el número de piezas que se producen por producto es muy grande, se manejaron las piezas como paquetes, es decir una pieza puede valer un número determinado de elementos, estas piezas paquete fluyen por el modelo tomando en cuenta el número de piezas que vale para dar los tiempos del proceso por estos paquetes.
- b) Los recorridos de los trabajadores se definieron en base al Layout entregado para este escenario.
- c) Existen los procesos que representan a los procesos reales, pero también existen procesos

en la simulación que son de apoyo para que el modelo funcione lo más apegado a la realidad.

- d) Los tiempos que cargaron en el modelo se manejaron con una distribución uniforme, ya que el proceso al realizarse en máquinas semiautomáticas la variación del tiempo es despreciable para los resultados que deseamos del modelo.
- e) La duración del tiempo de simulación fue de 40 horas, es decir una semana de trabajo.

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los datos arrojados por la simulación del primer escenario a través del software Delmia Quest para hacer la comparación de los resultados. En el análisis se simula en una jornada de 40 horas, donde podemos observar que el porcentaje de utilización de la maquina spring form es del 99.621 % el tiempo efectivo de trabajo es de 39.682 horas, fabrica 483 piezas por hora, donde cada paquete contiene 1000 piezas esto quiere decir que se obtienen 19.32 paquetes semanales de resortes de tensión y para la maquina torrington tiene un rendimiento del 98.920%, el tiempo efectivo de trabajo es de 39.920 horas, fabrica 625 piezas por hora, donde cada paquete contiene 5000 piezas esto genera a la semana 5 paquetes semanales de resortes de compresión.

#### Resultados del segundo escenario

Para este escenario se ocuparon las lógicas y los elementos de la simulación anterior, pero se cuenta con restricciones como son la utilización de un Layout propuesto por la empresa, mantener el mismo número de máquinas, los mismos operarios, donde se pretende mejorar los cambios haciendo una reubicación de los elementos y de recorridos, con este modelo se pretende validar la mejora en el proceso al realizar una mejor ubicación de máquinas para un mejor flujo del proceso teniendo cambios

significativos para la producción, esto para dar un mejor optimización de la producción sin afectar los requerimientos de la empresa, a continuación se mencionan las características del modelo:

- a) Se establece un Layout de la nueva propuesta por la empresa.
- b) Se conservan todos los elementos de maquinaria y trabajadores cambiando sus rutas en los procesos.
- c) Con información del modelo anterior se pudo encontrar que es importante hacer las modificaciones de asignación de trabajadores o cambios de recorridos (cambios que no afecten las restricciones ni agreguen maquinaria nueva ni personal) la producción se tiene que aumentar, para esto fue necesario analizar el modelo anterior y aunque la primera opción lógica es aumentar el número de máquinas que realizan las operaciones principales en la maquina Spring form y Torrington, ya que esta es la que da la pauta de producción en los demás procesos, esta no es viable ya que las restricciones es no aumentar los equipos ni personal, el cambio está dirigido al tiempo y en las demás operaciones, se detectó que la mayoría de tiempo muerto es por espera de material en las operaciones subsecuentes de la operación principal, con esto se puede definir que con un aumento en el horario de las operaciones principales sin que las demás se vean afectadas por este cambio, este hace que podamos generar una mayor producción.

La duración del tiempo de simulación fue de 40 horas, es decir una semana de trabajo, excepto para las máquinas Spring form y Torrington que son los procesos principales. Ya que para estas el tiempo de simulación es de 44 horas para lograr un aumento en la producción.

**Tabla 1.** Resultados del primer escenario de simulación.

Maquina	Porcentaje de utilización	Descarga ocupada (horas)	Total de partes creadas	Proceso de ciclo Elemento	Elemento	Recuentos ejecutivos (paquetes)	Tiempo de recolección estadística
Spring form	99.621	39.682	483	pack_caja_1000	empaquetado1_1	19.32	40
Torrington	98.920	39.568	625	pack_caja_comp_5000	empaquetado2_1	5	40

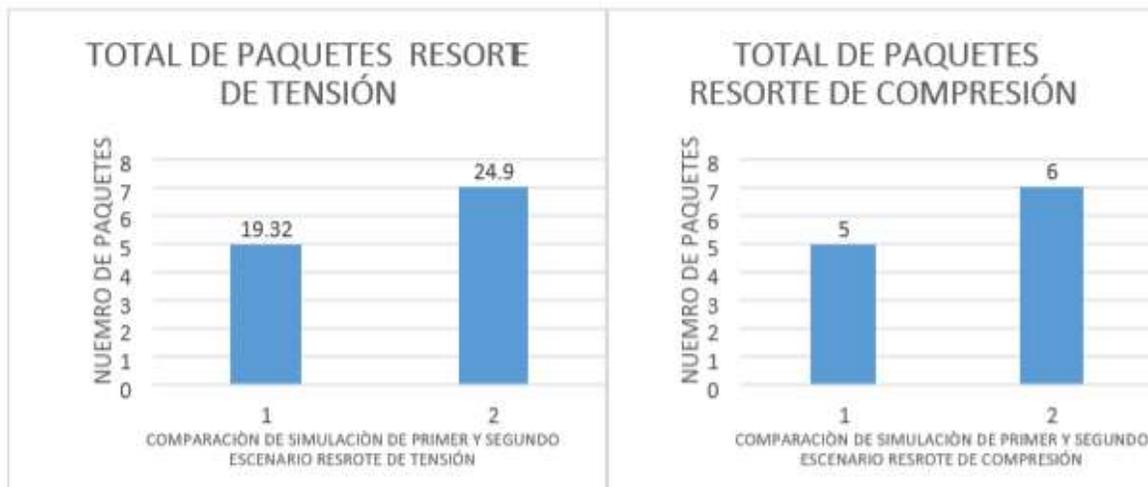
A continuación, en la tabla 2 se muestra un resumen de los datos arrojados por la simulación del segundo escenario a través del software Delmia Quest para hacer la comparación de los resultados. En el análisis se simula en una jornada de 44 horas a 85 la semana, donde se observa que el porcentaje de utilización de la maquina spring form es del 99.662% el tiempo efectivo de trabajo es de 43.685 horas, fabrica 566 piezas por hora, donde cada paquete contiene 1000 piezas esto quiere decir que se obtienen 24.9 paquetes semanales de resortes de tensión y para la maquina torrington tiene un rendimiento del 99.214%, el tiempo efectivo de trabajo es de 43.654 horas, fabrica 689 piezas por

hora, donde cada paquete contiene 5000 piezas esto genera a la semana 6.06 paquetes semanales de resortes de compresión.

Se logra obtener un aumento en la producción en los procesos de fabricación de resorte de tensión a la semana donde se producen 19,320 piezas el contenido de cada caja es de 1000 piezas en total se obtienen 19 paquetes y un sobrante de 320 piezas para el segundo escenario alcanzó la producción de 24,904 piezas se obtiene 24 cajas y un sobrante de 904 piezas es decir hubo un aumento del 24.9% esto concluye que si se cumplió el objetivo propuesto como se muestra en la Figura 3.

**Tabla 2.** Resultados del segundo escenario de simulación.

Maquina	Porcentaje de utilización	Descarga ocupada (horas)	Total de partes creadas	Proceso de ciclo Elemento	Elemento	Recuentos ejecutivos (paquetes)	Tiempo de recolección estadística
Spring form	99.662	43.685	566	pack_caja_1000	empaquetado1_1	24.9	44
Torrington	99.214	43.654	689	pack_caja_comp_5000	empaquetado2_1	6.06	44



**Figura 3.** Resultados del primer y segundo escenario de simulación.

## CONCLUSIONES

Con respecto a los objetivos planteados en este trabajo se puede decir que se logró comprobar que es posible aumentar el 20% de la producción del proceso de fabricación de resortes de tensión y compresión mediante el uso de herramientas de la simulación, pudiendo ver de esta manera como se comportaba su producción actual identificando oportunidades de mejoras de los procesos y así me permitió plantear diferentes alternativas que pudieran mejorar el proceso en la simulación del segundo escenario de la planta nueva de resortes industriales. Cabe destacar la importancia de haber utilizado el software de simulación Delmia Quest® versión R19 ha demostrado ser una herramienta altamente practica y flexible. Su desempeño fue adecuado por la rapidez para realizar las modificaciones y obtener los resultados requeridos. Se identificaron oportunidades de mejora en el proceso de la fabricación de resortes de tensión y compresión, se evaluó el comportamiento del sistema trabajando bajo la simulación de dos escenarios, para ello se propuso dos alternativas de mejora:

- Aumentar el horario de producción de 40 a 44 horas de trabajo de las maquinas Torrington y Spring form, considerando que son el proceso más importante para la producción, esto nos permite producir más cantidades de resortes para poder alimentar a los demás procesos para disminuir los cuellos de botella de los trabajadores.
- La siguiente alternativa fue disminuir el recorrido de los ocho operarios a través de un lay-out propuesto por la empresa, esto me permitió distribuir mis operaciones de trabajo más eficientes.

Finalizado el modelo de simulación, se escogió como variable de validación la fabricación de resorte de tensión donde se fabrican 480 piezas por hora multiplicado por la jornada de trabajo de 40 horas nos dio 19,200 piezas, es decir comparando con los resultados de la simulación del primer escenario donde se fabrican 483 piezas por hora y por jornada se fabrican 19,320 piezas, esto me garantiza que los datos obtenidos del primer escenario son factibles por las diferencias estadísticamente significativas entre la simulación y el sistema real.

Se observó durante la experimentación que al eliminar componentes que no interactúan en la dinámica de la simulación se puede optimizar los recursos computacionales sin afectar los resultados estadísticos del proceso virtual.

Habiendo llegado al final de la aplicación de la simulación de la planta actual de resortes industriales Tollan con del software DELMIA – QUEST, se comprende que la situación de la industria se puede optimizar al más alto nivel, teniendo el aprovechamiento lo más próximo al 100% de los procesos, evitando con ello, pérdidas económicas, tiempos muertos, retrasos y fallas en cualquier proceso con la más mínima programación de tareas, así como de recursos humanos y materiales.

Tomando en cuenta que queda clara la carga de trabajo para los procesos, operarios y máquinas, tenemos como una opción el que quedaran totalmente balanceadas las operaciones, pero también, tendremos la oportunidad de visualizar en forma óptima como trabaja nuestro proceso actual, para que posteriormente se corra un nuevo escenario de simulación en una nueva planta con algunas restricciones como es la distribución de planta propuesta por la empresa, no implementar más máquinas y operarios logrando obtener una eficiencia alta que me permite aumentar el 20% de mi producción esto me permite un control de todos los factores, ya que reduce los márgenes de error o mejor dicho, que podamos tomar la simulación como una metodología a seguir en el diseño de nuestros procesos de manufactura.

## REFERENCIAS

- [1] Pérez Rodríguez R. Enero-junio, 2011, *Tutorial de Simulación Básica utilizando Quest®*, Conciencia Tecnológica, núm. 41, P 28-34.
- [2] Rodríguez, Ricardo Pérez. Enero-Junio 2014, *Uso de DevC++® con Delmia Quest® para Optimizar Simulaciones*, Conciencia Tecnológica, núm. 47, pp. 59-63.
- [3] Sanzi, Héctor C. Agosto 2012, *Simulación computacional del procedimiento de soldadura en servicio empleado en la reparación estructural de un gasoducto*, Información Tecnológica, 23(6), p97-107.

[4] Giraldo, Jaime A. 2013, Aprendiendo sobre la secuenciación de trabajos en un Job shop mediante el uso de simulación, Centro de Información Tecnológica, 6(4), p27-38

[5] Galland, S. 2010, MAMA-S: En introduction to a methodological approach for the simulation of distributed industrial systems, Elsevier Science, 85, Pages 11-31

[6] Sargent, R.G., (1996), "Verification and Validation of Simulation Models", Proceedings of 1996 Winter Simulation Conference, (Coronado, California, USA., 8-11 Diciembre, 1996), pp. 55-64.

[7] Delgado Encimas Karen y Mejía Puente Miguel. 2011, Aplicación de la simulación discreta para proponer mejoras en los procesos de atención en el área de emergencia de un hospital público, *Industrial Data*, 14(1): 47-54 (2011) UNMSM ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1810-9993 (Electrónico).

[8] Martínez Martínez Adriana y Lozada Trujillo Tania (2012), Aplicación de simulación y SLP en la empresa "La Vieja Molienda de Santa Maty" para mejorar la distribución de sus componentes y el uso de los espacios, *Revista de Ingeniería Industrial Academia Journals*, Vol. 6, No. 1, 29-50 ISSN 1940-2163.